

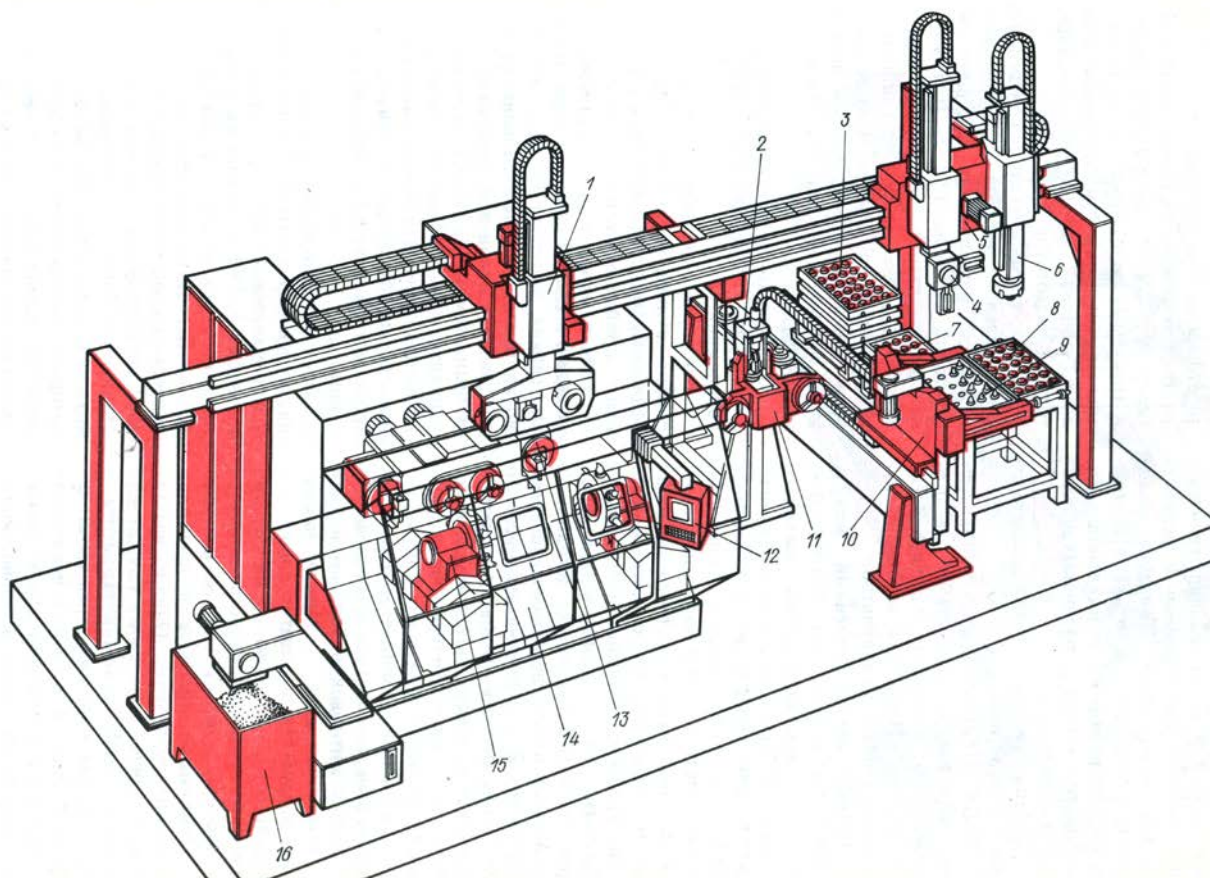
*МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

Методические указания
к проведению практических занятий, выполнению
контрольной и курсовой работы и индивидуальных заданий
для студентов направлений 15.03.01, 15.03.05, 15.04.05



Кафедра: «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

Дисциплина: «Технологические основы гибких производственных систем» (направления 15.03.01, 15.03.05, 15.04.05).

Составлены на основании переработанных и дополненных методических указаний к проведению практических занятий, выполнению контрольной работы и индивидуальных заданий «Технологические основы гибких производственных систем» / Ю. И. Моисеев. – Курган : КГУ, 2014. – 31 с.

Составил: канд. техн. наук, доцент В.Е. Овсянников.

Утверждены на заседании кафедры «28» августа 2018 г.

Рекомендованы методическим советом университета «20» декабря 2017 г.

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1 Проведение практических занятий

Тематика практических занятий связана с выбором отдельных подсистем гибкой производственной системы (ГПС) и проведением необходимых расчетов на примере механической обработки типовых деталей.

В соответствии с рабочей программой курса практические занятия проводятся по следующей тематике.

1 Разработка маршрутных технологических процессов изготовления деталей различных типов (корпусных, валов, дисков и др.) для условий гибкого автоматизированного производства.

2 Выбор основного технологического оборудования, расчет количества оборудования для гибких производственных модулей (ГПМ), гибких автоматизированных линий (ГАЛ), гибких автоматизированных участков (ГАУ) по изготовлению деталей разных классов.

3 Обоснование выбора автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС) и расчет характеристик системы для ГАЛ и ГАУ по изготовлению деталей разных классов.

4 Обоснование выбора автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) и расчет характеристик системы для ГАЛ и ГАУ по изготовлению деталей разных классов

5 Проектирование и расчет характеристик роботизированных технологических комплексов.

6 Разработка планировочных решений разновидностей гибких производственных систем и их оценка с точки зрения обеспечения заданной производительности.

В качестве исходных данных для проведения занятий целесообразно использовать эскизы деталей различных типов.

1.2 Выполнение индивидуальных заданий

Студенты очной формы обучения выполняют индивидуальное задание по разработке компоновочной схемы определенной разновидности гибкой производственной системы на примере механической обработки типовых деталей.

В качестве исходных данных следует использовать материалы курсового проекта по технологии автоматизированного производства (направление 15.03.01) или по производственным наукоемким технологиям (направление 15.03.05), а именно – нормированный маршрутно-операционный технологический процесс, рассчитанный на изготовление конкретной детали в условиях мелко- и среднесерийного производства при максимальном использовании оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ).

Работа представляется в виде расчетно-пояснительной записки, которая должна включать в себя:

- введение;
- исходные данные для проектирования в соответствии с вариантом задания;
- основную часть;

- список использованных источников;
- приложение (планировочная схема).

Материалы работы брошюруются в обложку из плотной бумаги, либо в пластиковую папку; титульный лист оформляется в соответствии с приложением Б.

Во введении следует кратко отметить основные проблемы автоматизации серийного производства в машиностроении и пути их решения. В конце введения следует обязательно выделить цели и задачи, решаемые в данной работе. Объем введения – не более 1 с.

В разделе исходных данных для проектирования необходимо привести характеристику объектов производства (конструктивно-технологическое описание детали-представителя и данные по объему выпуска, номенклатура деталей, закрепленных за ГПС), описать содержание технологического процесса изготовления детали-представителя.

В основной части приводятся необходимые пояснения, обоснования, расчеты. Следует избегать переписывания теоретического материала из учебной и иной литературы. Излагаемый материал необходимо иллюстрировать схемами, рисунками, таблицами. В работе обязательно даются ссылки на используемые источники (учебники, справочники, методическую литературу, стандарты и т. п.).

Содержание и структура основной части зависит от заданной организационной разновидности ГПС.

Так, при проектировании гибкого автоматизированного участка или гибкой автоматизированной линии, в основную часть входят следующие подразделы.

1 Описание структуры и принципа работы **разработанной** разновидности гибкой производственной системы (ГАУ или ГАЛ).

2 Выбор и определение состава основного технологического оборудования.

3 Выбор способа и устройств автоматизированной загрузки деталей на станках.

4 Выбор структуры и расчет характеристик автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС).

5 Выбор структуры и расчет характеристик автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО).

При проектировании роботизированного технологического комплекса (РТК) в основную часть входят следующие подразделы.

1 Описание структуры, состава оснащения и принципа действия **разработанного** РТК.

2 Выбор основного технологического оборудования (станков).

3 Выбор промышленного робота для обслуживания станков.

4 Выбор конструкции и расчет загрузочно-накопительных устройств.

5 Разработка алгоритма управления, построение циклограммы работы и определение цикловой производительности РТК.

1.3 Выполнение контрольной и курсовой работы

Контрольную работу по разработке компоновочной схемы заданной разновидности гибкой производственной системы для изготовления деталей определенной номенклатуры выполняют студенты направлений 15.03.01 и 15.03.05 заочной формы обучения.

Вариант контрольной работы определяется буквами фамилии студента и последней цифрой шифра зачетной книжки по следующей схеме.

Вначале выбираются исходные данные по последней цифре шифра зачетной книжки и буквам фамилии в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования ГПС

Последняя цифра шифра зачетной книжки	Первая буква фамилии	Вторая буква фамилии	Третья буква фамилии	Четвертая буква фамилии
Разновидность ГПС:	Вид технологического процесса:	Размер деталей:	Годовой объем выпуска детали-представителя:	Годовой объем выпуска всех деталей номенклатуры:
0 – ГАЛ1	а, в, д, ж, з, й, л, ц, щ, э, ю – Т1	а, в, д, ж, з, й, л, ц, щ, э, ю – крупные	а, б, в – 240 г, д, е, ё – 300 ж, з, и, й – 360	а, б, в, г – 34 000 д, е, ё, ж – 32 000 з, и, й, к – 30 000
1 – ГАУ1				
2 – РТК1	б, г, ё, к, м, о, п, р, т, у, я – Т2	б, г, ё, к, м, о, п, р, т, у, я – средние	к, л, м – 420 н, о, п – 480 р, с, т – 540	л, м, н, о – 28 000 п, р, с, т – 26 000 у, ф, х, ц – 24 000
3 – ГАЛ2				
4 – ГАУ2				
5 – РТК3	е, и, н, с, ф, х, ч, ш, ы, ь – Т3	е, и, н, с, ф, х, ч, ш, ы, ь – мелкие	у, ф, х – 600 ц, ч, ш – 660 щ, ы, ь – 720 э, ю, я – 800	ч, ш, щ, ы – 22 000 ь, э, ю, я – 20 000
6 – ГАЛ3				
7 – ГАУ3				
8 – РТК2				
9 – РТК4				

Условные обозначения разновидностей ГПС:

ГАЛ1 – гибкая автоматизированная линия с совмещенными подсистемами складирования и транспортирования, автоматическим складом, расположенным вдоль линии станков;

ГАЛ2 – гибкая автоматизированная линия с отдельными подсистемами складирования и транспортирования, автоматическим складом, расположенным вдоль линии станков;

ГАЛ3 – гибкая автоматизированная линия с отдельными подсистемами складирования и транспортирования, автоматическим складом, расположенным перпендикулярно линии станков;

ГАУ1 – гибкий автоматизированный участок с совмещенными подсистемами складирования и транспортирования, автоматическим складом, расположенным вдоль линии станков;

ГАУ2 – гибкий автоматизированный участок с отдельными подсистемами складирования и транспортирования, автоматическим складом, расположенным вдоль линии станков;

ГАУ3 – гибкий автоматизированный участок с отдельными подсистемами складирования и транспортирования, автоматическим складом, расположенным перпендикулярно линии станков;

РТК1 – роботизированный технологический комплекс с промышленным роботом напольного типа и однопозиционным захватным устройством;

РТК2 – роботизированный технологический комплекс с промышленным роботом напольного типа и двухпозиционным захватным устройством;

РТК3 – роботизированный технологический комплекс с промышленным роботом подвешенного типа и однопозиционным захватным устройством;

РТК4 – роботизированный технологический комплекс с промышленным роботом подвешенного типа и двухпозиционным захватным устройством.

Затем по первой букве фамилии студента определяется вид детали-представителя: таблица 2 – при разработке компоновок гибкого автоматизированного участка (ГАУ) и гибкой автоматизированной линии (ГАЛ); таблица 3 – при разработке компоновки роботизированного технологического комплекса (РТК).

Таблица 2 – Вид детали при разработке компоновки ГАУ, ГАЛ

Первая буква фамилии	а, б, в	и, й, к, л	ц, ч, ш	р, с, т	ж, з
Вид детали	Корпус двигателя	Вал	Корпус редуктора	Втулка	Плита
Первая буква фамилии	н, о, п	э, ю, я	щ, ы, м	у, ф, х	г, д, е, ё
Вид детали	Фланец	Вал-шестерня	Рычаг	Корпус насоса	Шестерня

Таблица 3 – Вид детали при разработке компоновки РТК

Первая буква фамилии	а, б, в	и, й, к, л	г, д, е, ё	э, ю, я	р, с, т
Вид детали	Вал		Шестерня		Втулка
Номер(а) операции(й) для роботизации	10; 15	10 – 20	45, 50	05 – 15	05 – 15
Первая буква фамилии	щ, ы, м	ц, ч, ш	у, ф, х	ж, з	н, о, п
Вид детали	Втулка	Вал-шестерня		Фланец	
Номер(а) операции(й) для роботизации	40	30	05 – 10	15 – 20	05 – 15

Данные по объектам производства (обрабатываемым деталям) представлены в приложении А.

Произвольное изменение маршрутного технологического процесса изготовления деталей (например, сокращение числа операций, их объединение) не допускается.

Требования к контрольной работе аналогичны требованиям к выполнению индивидуального задания (см. подраздел 1.2).

По согласованию с преподавателем допускается использовать в качестве исходных данных материалы курсовых работ и проектов по дисциплинам, связанным с разработкой технологических процессов изготовления деталей.

Курсовую работу по разработке компоновочной схемы заданной разновидности гибкой производственной системы для изготовления деталей определенной номенклатуры выполняют студенты направлений 15.04.05.

Содержание и структура курсовой работы аналогичны изложенным в подразделе 1.2.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГПС

Выбор заготовки

Для автоматизированного или полностью автоматического производства большое значение имеет выбор рациональной заготовки, то есть формы, которая приближается к форме готовой детали с обеспечением достаточно высокой точности размеров и минимальными припусками. Как известно, это достигается путем применения прогрессивных методов формообразования, что позволяет не только сократить расход металла, трудоемкости обработки, но и создать предпосылки автоматических производственных процессов.

В настоящее время заготовки изготавливают литьем в песчано-глинистые и оболочковые формы, под давлением, ковкой, прессованием и штамповкой, порошковой металлургией, из пластмасс и т. п. Прогрессивные методы формообразования применяют в крупносерийном и массовом производстве.

Применение этих прогрессивных методов возможно в мелкосерийном производстве при групповой технологии и широком использовании быстропереналаживаемой групповой оснастки, разработка оснастки в этом случае ведется на базе классифицированных деталей (на группы) и группового технологического процесса.

Организация групповой технологии в заготовительных цехах создает надежную базу для внедрения в них ГПС в условиях мелкосерийного и серийного выпуска изделий.

Базирование заготовок

В условиях ГПС при проектировании технологического маршрута обработки требуется тщательная проработка вопроса базирования.

Концентрация операций на станках с ЧПУ позволяет значительно уменьшить суммарную погрешность базирования. Однако при этом к базированию предъявляется ряд специфических требований, предъявляемых условиями обработки:

- в зависимости от конструкции детали, способа получения заготовки, структуры операций, базовыми поверхностями могут быть обработанные или необработанные поверхности;

- в корпусных деталях с обработанными базовыми поверхностями за технологические базы могут быть приняты, как правило, три плоскости или плоскость и два отверстия;

- базирование заготовок по трем плоскостям является наиболее простым и надежным, обеспечивающим высокую точность;

- базирование по плоскости и двум отверстиям характеризуется меньшей точностью и рекомендуется при невысоких требованиях к точности обработки и невозможности обработки с одной установки при базировании по трем плоскостям. Точность базовых отверстий заготовок должна быть не грубее 7 квалитета;

- для деталей типа дисков за технологические базы может быть принято обработанное или необработанное центральное отверстие;

- для жестких валов массой до 100 кг за технологические базы принимают обработанные центровые отверстия и один из торцов.

В условиях ГПС к базированию заготовок предъявляют ряд дополнительных требований:

- а) обрабатываемые поверхности заготовок ориентированы так, чтобы их расчетные координаты были связаны с координатами системы станка;

- б) при установке на необработанные литые поверхности и допусках на базовые размеры более 1 мм базирующие элементы должны быть регулируемы;

- в) предпочтительнее базировать заготовку по поверхностям, которые не имеют жестких (менее 0,1 мм) допусков на размер, и обработанным плоскостям или отверстиям, а в случае необходимости переустановки заготовки базировать ее по поверхностям, обработанным на предыдущей операции.

Рекомендации по построению технологического процесса механической обработки

Разработку ТП рекомендуется выполнять на ЭВМ в подсистеме автоматизированной системы технологической подготовки производства с использованием САПР ТП.

1 При построении маршрутных ТП рекомендуется:

- максимально концентрировать (при обработке на ГАУ) переходы в одной операции (включая обработку детали с максимально возможным числом сторон);

- в случае обработки группы деталей на ГАЛ степень концентрации переходов в одну операцию на каждом станке и количество операций определяют конкретно в зависимости от программы выпуска деталей, габаритов и сложности этих деталей и т. п.

2 Заготовки для обработки на ГПС, полученные методом литья в землю, ковкой или горячей штамповкой, должны подвергаться входному контролю.

3 При формировании операций рекомендуется соблюдать последовательность:

- для каждой элементарной поверхности детали определяют технологическую схему обработки.

Например, при обработке в корпусных и плоских деталях отверстий диаметром 10-15 мм по качеству точности Н7, с шероховатостью Ra 1,25-2,5 и допуском на межцентровое расстояние 0,05-0,3 мм рекомендуется следующая схема: центрование; сверление; растачивание; развертывание черновое; развертывание чистовое;

- для каждого из переходов обработки в соответствии с технологической схемой выбирают режущий инструмент;

- из полученного набора инструментов исключают повторяющиеся инструменты, объединяют инструменты одного назначения и близких размеров, объединяют технологические переходы, выполняемые по данной операции одним инструментом. Предварительно выбранное число инструментов должно сверяться с емкостью инструментальных магазинов (механизмов). При этом инструменты, применяемые для снятия корки и неравномерного припуска, рекомендуется выделять отдельно от аналогичных инструментов, предназначенных для получистовой и чистовой обработки.

4 Последовательность выполнения переходов в операции выбирают в зависимости от назначения переходов:

- количества переходов, выполняемых одним инструментом;
- требуемой точности взаимного расположения поверхностей детали;
- точности позиционирования узлов станка по координатам;
- количества одинаковых или одновременно обрабатываемых поверхностей детали (например, резьбовых отверстий), расположенных на одной плоскости или на нескольких плоскостях детали;
- времени перерывов в резании, связанных с поворотом стола и сменой инструмента (при обработке на станках типа ОЦ) и др.

5 Для исключения преждевременного выхода из строя режущих инструментов при их приработке (вследствие микротрещин, некачественной термообработки, сборки и т. п.) рекомендуется каждый инструмент (в том числе инструменты-дублиеры) подвергать предварительной проверке резанием, в течение не менее 2-3 мин. Каждый инструмент должен проходить предварительный контроль геометрии и характеристик режущей кромки.

6 При обработке на ГПС деталей с групповыми ТП с достаточно большой суммарно-годовой производственной программой (определяют экономическими расчетами по приведенным затратам) рекомендуется следующая методика выбора режущего инструмента:

- для изменяющихся переходов следует выбирать унифицированный инструмент, позволяющий обрабатывать все детали группы;
- для постоянного несовмещенного перехода целесообразно применять унифицированный инструмент, форма и размеры которого максимально приближены к форме и размерам обрабатываемой поверхности;

- для постоянного совмещенного группового перехода следует применять специальный инструмент.

Определение отдельных элементов ТП

- режимы резания и норму износа режущего инструмента рекомендуется выбирать по общемашиностроительным нормативам для различных групп станков с ЧПУ;

- в зависимости от характеристик деталей и от программы их выпуска применяют переналаживаемые или специализированные приспособления.

Особенности обработки корпусных деталей

На станках этой группы обрабатывают преимущественно корпусные детали машин широкой номенклатуры. Типовыми деталями являются станины, рамы, корпуса, коробки, крышки, плиты и т. д.

Из черных металлов:

- 23% – из стали;
- 60% – из чугуна;
- остальные – алюминиевые сплавы и другие материалы.

По габаритным размерам:

- детали размером 500 мм х 500 мм – 85%;
- детали размером от 500 мм х 500 мм до 1000 мм х 1000 мм. – 10%;
- более 1000 мм – 5 %.

В корпусных деталях обрабатываются в основном:

- отверстия,
- плоскости.

Отверстия разделяют:

- основные – в которых монтируют детали механизмов и машин (валы, шестеренки, шкивы и т. д.);
- крепежные – (с резьбой и без резьбы) служат для установки деталей крепления (болтов и винтов).

Основные 7-9 качества точности – 75%:

- из них с допуском расположения отверстия от 0,01-0,03 – 10%;
- от 0,03-0,1 – 40%;
- более 0,1 – 50%;
- диаметр, в пределах до 120 мм – 80%.

Трудоемкость обработки корпусной детали:

- сверление – 25%;
- зенкерование и растачивание – 25%;

- фрезерование – 30%;
- другие виды – 20%.

Наиболее характерными технологическими видами обработки (переходами) корпусных деталей являются:

- фрезерование плоскостей черновое, глубиной резания t до 10-12 мм;
- фрезерование плоскостей получистовое и чистовое;
- сверление крепежных и основных отверстий;
- зенкерование окончательное или под развертывание;
- зенкерование под элемент крепежных деталей;
- развертывание отверстий по 7-10 квалитетам (после зенкерования или растачивания);
- растачивание основных отверстий черновое (припуск до 15 мм на диаметр);
- растачивание получистовое основных отверстий (припуск до 3-5 мм на диаметр);
- растачивание чистовое основных отверстий (припуск до 1-20 мм на диаметр);
- обработка фасок и торцов;
- нарезание резьбы в отверстиях;
- фрезерование пазов и уступов.

Обработку корпусной детали начинают с обработки базовых плоскостей, которые затем служат началом отсчета координат положения основных или крепежных отверстий, длин отверстий и их торцов, пазов и т. д.

Для обработки базовых поверхностей применяют фрезы двух типов:

- с напаянными пластинами из твердых сплавов;
- с механическими креплениями СМП.

Для чистовой обработки применяют фрезы:

- с режущими твердосплавными пластинками, имеющими широкие завыстные фаски;
- с режущими пластинками, оснащенными режущими элементами из композита – 0,1; 0,5; ...; 10D, что позволяет повысить производительность обработки и уменьшить параметры шероховатости поверхности.

Для сверления отверстий: спиральные сверла различных типов, или вначале центруют для уменьшения отклонения расположения отверстий. Центрование вводят при допуске на координаты менее 0,1-0,15 мм. Применяют центровочные сверла.

Для исключения центрования при сверлении применяют короткие сверла точного исполнения или сверла, закрепленные с минимальным вылетом.

Для сверления отверстий под элементы крепления используют ступенчатые спиральные сверла, для зенкования или обработки фаски под нарезание резьбы.

Для сверления отверстий свыше 18-20 мм – сверла с СМИ из твердых сплавов; перовые сверла для сверления свыше 25-30 мм до 60-70 мм, при наличии достаточной мощности и жесткости.

Для сверления коротких отверстий диаметром 50-100 мм, преимущественно в чугунных деталях: кольцевые сверла различной конструкции.

Для глубоких отверстий (длиной от 3 до 20 диаметров): специальные спиральные сверла для глубокого сверления, со специальным профилем и увеличенным углом спирали стружечных канавок; сверла с внутренним подводом СОЖ:

- а) ружейные – с внутренним подводом и наружным отводом СОЖ;
- б) эжекторные;
- в) БТА (STS).

При растачивании отверстия обеспечивают более высокие требования по точности диаметра, форме отверстия, расположению оси отверстия по сравнению с рассверливанием, зенкерованием, развертыванием.

Растачивание является основным методом обработки отверстий (6-11 качества) в корпусных деталях, особенно при высоких требованиях к положению (координатам) оси отверстия.

Особенности:

- сверлильно-расточные станки имеют более низкую жесткость и виброустойчивость системы шпинделя станка, в отличие от токарных станков;

- станки, в которых шпиндель в процессе резания только вращается, а перемещается стол, являются более динамически устойчивыми;

- затруднен эффективный подвод СОЖ в зону резания;

- наиболее эффективное растачивание – одним или двумя лезвиями. Применение расточного инструмента с 4 и более зубьями диаметром 70-100 мм не дает эффекта по производительности-вибрации;

- чистовое растачивание одним режущим лезвием обеспечивает наиболее точную обработку, при всех других факторах на прецизионных станках типа КРС (координатно-расточные стенки) не представляет затруднения растачивание с точностью по 6 качеству и выше. По 7-10 качеству точности стабильно и эффективно обеспечивают стандартные многолезвийные развертки и специальные однолезвийные твердосплавные развертки. Обычно при развертывании отверстий с припуском от 0,3 до 0,5 мм инструмент «уводит», поэтому необходимо предварительно расточить отверстие, оставив припуск под развертку не более 0,05-0,1 мм, а потом развернуть. Специальные однолезвийные развертки не имеют указанных недостатков:

- фаски в отверстиях обычно обрабатывают зенковками или резцами после растачивания.

Особенности обработки деталей тел вращения.

Эффективность работы токарных станков с ЧПУ при резании деталей общемашиностроительного применения во многом зависит от рационального технологического использования:

- максимальной концентрации переходов при одном установе заготовки;

- интенсификации режимов точения;

- минимизации затрат времени на установки и смену инструмента;
- вспомогательного перемещения деталей и узлов станка;
- применение высокопроизводительных прогрессивных конструкций инструментов с механическим креплением сменных пластин из твердых сплавов, в том числе с износостойкими покрытиями, сверх твердых материалов, керамики и других.

Обрабатываемые поверхности заготовки в целях типизации операций технологически представляют состоящую из основных и дополнительных поверхностей.

Основные поверхности – поверхности, которые могут быть обработаны резцом с главным углом $\varphi = 93^\circ$ и вспомогательным углом $\varphi = 32^\circ$. К ним относятся цилиндрические и конические поверхности с радиусными и криволинейными образующими, неглубокие канавки (для выхода шлифовального круга).

Дополнительные поверхности – поверхности, обрабатываемые другим инструментом. К ним относятся торцевые и угловые канавки (для выхода шлифовального круга), канавки на наружной, внутренней и торцевой поверхностях, желоба под ремни, резьбовые поверхности и т. п.

Для заготовок диаметром 50-400 мм при образовании ОП удаляется до 85-90% припуска, остальной припуск снимается при обработке ДП, то есть 10-15%.

На станки с ЧПУ в подавляющем большинстве поступают заготовки из проката, поковок и штамповок.

1 Прокат.

Если диаметр заготовки из проката меньше 50 мм, ее можно использовать для изготовления нескольких деталей, а если больше 50 мм, то для одной детали.

При обработке в центрах заготовки из проката должны иметь обработанные торны и центровые отверстия с обеих сторон, допуск на длину не должен превышать +0,6 мм.

При обработке в патроне заготовки из проката используют без предварительной обработки и лишь при необходимости получения отверстия большого диаметра желательно подготовить его, предварительно оставив соответствующий допуск.

2 Поковки.

Заготовки из поковок, выполненные свободной ковкой, как правило, предварительно обрабатываются на станках с ручным управлением (РУ) с целью получения баз для последующего закрепления на станках с ЧПУ. Грубые поковки обрабатывают по всему контуру на станках с ручным управлением.

3 Штамповки.

Штамповки, выполненные способом горячей прессовки, отличаются стабильностью форм и размеров с небольшими и также стабильными припусками. Эти заготовки обрабатывают сразу на станках с ЧПУ. При обработке в патроне заготовки, имеющие сквозные или с небольшой перемычкой отверстия, торце-

вые выемки и т. п., закрепляют с помощью специальных зажимных кулачков, которые выполняют с учетом уклона поверхности штамповок.

Анализ форм, размеров обрабатываемой детали, требований к производительности, качеству, технологическим возможностям станка, оснастке и др. позволяет установить примерную номенклатуру инструмента.

На токарных станках наружные основные поверхности детали формируют проходными резцами с главным углом в плане $\varphi = 95^\circ$ и вспомогательным углом $\varphi_1 = 5^\circ$ (черновая обработка) и контурными резцами при $\varphi = 93^\circ$ и $\varphi_1 = 32^\circ$ (чистовая обработка) левого и правого исполнения.

При обработке внутренних ОП применяют спиральные и центровочные сверла, расточные резцы с $\varphi = 95^\circ$ и $\varphi_1 = 5^\circ$ (черновая обработка) и расточные и контурные резцы с $\varphi = 95^\circ$ и $\varphi_1 = 32^\circ$ (чистовая обработка) левого и правого исполнения.

Взамен спиральным сверлам целесообразнее применять пластинчатые или сборные сверла с механическим креплением СМП.

Для обработки глухих отверстий используют перовые или спирально-донные сверла.

Дополнительные поверхности получают при обработке прорезными канавочными и резьбовыми резцами.

Конструкция резцов и резцедержателей должна обеспечивать возможность предварительной настройки инструмента на размер вне станка, быструю, точную установку инструмента в рабочую позицию на суппорте или револьверной головке, формирование и отвод стружки в условиях автоматической работы на станке с ЧПУ, ГПМ или ГПС.

Для закрепления заготовок токарные станки с ЧПУ оснащают: автоматическими патронами (пневматическими, гидравлическими, электромеханическими), кулачки имеют относительно небольшой ход, поэтому необходимы комплекты кулачков, центров, поводков. Конкретно это зависит от специфики производства и номенклатуры деталей.

При закреплении заготовок в патроне за необработанную поверхность используют закаленные кулачки (HRC 59-61), имеющие рифления на поверхности крепления.

При закреплении за обработанную поверхность применяют кулачки термообработанные (HВ 280-300), с гладкой поверхностью.

На последовательность выполнения переходов операций влияет вид закрепления заготовки:

- в кулачковом самоцентрирующемся патроне;
- в центрах с поводком (инерционным, торцевым);
- в кулачковом самоцентрирующемся патроне с поджимом центров.

3 СТРУКТУРА ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ И РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Основные термины гибкого автоматизированного производства определяет ГОСТ 26228-90 «Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей».

Гибкая производственная система (ГПС) – управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования.

По организационному признаку гибкие производственные системы подразделяются на гибкие производственные модули (ГПМ), гибкие производственные ячейки (ГПЯ), гибкие автоматизированные линии (ГАЛ) и гибкие автоматизированные участки (ГАУ).

Гибкий производственный модуль (ГПМ) – единица технологического оборудования, автоматически осуществляющая технологические операции в пределах его технических характеристик, способная работать автономно и в составе ГПС или ГПЯ.

Гибкие производственные модули в ГПС могут быть автономного действия (не зависимыми друг от друга и других систем обеспечения функционирования) и встраиваемыми в ГПС (связанными друг с другом и имеющими общие системы складирования, транспортирования и т. п.).

Гибкая производственная ячейка (ГПЯ) – управляемая средствами вычислительной техники совокупность нескольких ГПМ и системы обеспечения функционирования, осуществляющая комплекс технологических операций, способная работать автономно и в составе ГПС при изготовлении изделий в пределах подготовленного запаса заготовок и инструмента.

Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) – разновидность ГПЯ, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

Гибкий автоматизированный участок (ГАУ) – участок цеха, технологическое оборудование которого состоит преимущественно из ГПС, ГПЯ, ГПМ. В отличие от линии, участок представляет собой структурную разновидность ГПС, в которой имеется возможность изменения маршрута прохождения изделий по отдельным единицам технологического оборудования.

Система обеспечения функционирования ГПС и ГПЯ (СОФ ГПС и ГПЯ) – совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих управление технологическим процессом, перемещение предметов производства и оснастки. В состав СОФ ГПС и ГПЯ в общем случае входят:

- АТСС (автоматизированная транспортно-складская система);
- АСИО (автоматизированная система инструментального обеспечения);

- САК (система автоматизированного контроля);
- АСУО (автоматизированная система удаления отходов) и т. д.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) представляет совокупность технологического оборудования, промышленного(ых) робота(ов) и средств оснащения, автономно функционирующую и осуществляющую многократные циклы.

К средствам оснащения относятся: устройства накопления, ориентации и поштучной выдачи предметов производства, средства контроля и измерения, устройства межоперационного транспортирования, система управления и др.

В зависимости от сочетания количества ПР и обслуживаемого технологического оборудования различают три разновидности РТК [2]:

- а) однопозиционные, в которых один ПР обслуживает единицу технологического оборудования;
- б) групповые, включающие один ПР, который обслуживает группу однотипного или разнотипного технологического оборудования;
- в) многопозиционные, включающие группу роботов, выполняющих взаимосвязанные или взаимодополняющие функции по обслуживанию одной или нескольких единиц технологического оборудования.

По виду планировочных схем различают одностаночные и многостаночные РТК с линейным, линейно-параллельным, круговым и комбинированным расположением оборудования.

4 ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ГПС

Основное технологическое оборудование в гибком автоматизированном производстве должно удовлетворять ряду требований [8]:

- высокий уровень автоматизации основных и вспомогательных операций;
- широкие технологические возможности, способствующие реализации принципов концентрации операций и комплексности (завершенности) производственного цикла;
- возможность быстрой автоматизированной переналадки при смене объектов производства;
- обеспечение необходимой производительности и качества изготовления изделий;
- высокая экономичность, эксплуатационная и технологическая надежность.

Наиболее полно перечисленным требованиям удовлетворяет оборудование с ЧПУ и, прежде всего, многоцелевые станки типа обрабатывающих центров.

При выборе конкретной модели станка следует учитывать следующие требования:

- соответствие технологических возможностей станка схеме построения операции обработки детали;
- соответствие размеров рабочей зоны станка габаритным размерам заготовки;

- соответствие точностных параметров станка точности и качеству обрабатываемой детали;
- соответствие мощности, жесткости и производительности станка оптимальным режимам и производительности обработки.

Таким образом, эффективное использование станков будет получено при соответствии конструктивно-технологических параметров обрабатываемых деталей техническим характеристикам станков.

Например, для токарной обработки втулки диаметром 140 мм и длиной 75 мм можно выбрать токарный полуавтомат модели 160НТ Стерлитамакского станкостроительного завода с наибольшими размерами точения в патроне: диаметр – 200 мм, длина – 120 мм. Для токарной обработки вала с габаритными размерами: диаметр – 80 мм, длина – 400 мм целесообразно принять токарный патронно-центровой полуавтомат модели МК7601 ОАО «Красный пролетарий» с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки над суппортом 160 мм и наибольшей длиной 450 мм или станок 1715 Рязанского станкостроительного завода с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки над суппортом 210 мм и наибольшей длиной заготовки 500 мм.

Для многопереходной обработки с нескольких сторон сложной корпусной детали с габаритными размерами 450×320×180 мм подходит многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточной станок модели 500Н Стерлитамакского станкостроительного завода с размерами рабочей поверхности стола Ø500 мм и магазином на 32 инструмента. Обработку несложной корпусной детали тех же габаритных размеров с одной стороны и при малом количестве технологических переходов более экономично вести на вертикально-фрезерном станке МА-655А14 Савеловского машиностроительного завода с размерами рабочей поверхности стола 500×1250 мм и револьверной головкой на 8 позиций.

Разумеется, выбранный станок должен обеспечивать возможность обработки любой детали из заданной номенклатуры, в т. ч. во всем диапазоне размеров.

В работе необходимо привести техническую характеристику станка, подтверждающую оптимальность выбора принятой модели.

Для выбора современных моделей станков следует использовать сборники технических характеристик централизованно выпускаемых отечественных станков [3; 4].

Определение количества станков для ГАУ и ГАЛ проводится по штучно-калькуляционному времени обработки детали на каждой операции технологического процесса обработки **детали-представителя**:

$$C_{pi} = \frac{T_{шт-к_{срi}} \times \sum_{j=1}^z N_j}{60F},$$

где

C_{pi} – расчетное количество станков на i -ой технологической операции;

$T_{шт-к_i}$	– штучно-калькуляционное время выполнения i -той технологической операции, мин;
N_j	– годовой объем выпуска изделия j -го наименования;
F	– эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;
Z	– номенклатура изделий (деталей), закрепленных за ГПС.

Полученное значение C_{pi} округляют до ближайшего большего целого числа C_{ni} . Данные по эффективному годовому фонду времени работы отдельных видов оборудования приведены в учебнике [1].

5 ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Станки с ЧПУ являются основным средством автоматизации в мелко- и среднесерийном производстве. На таких станках наиболее эффективно использовать переналаживаемые приспособления, обеспечивающие обработку широкой номенклатуры заготовок. Специальные приспособления целесообразно применять лишь в условиях крупносерийного производства. Итак, имеет смысл подробнее рассмотреть основные типы приспособлений.

1 **Универсально-безналадочные приспособления (УБП)** – предназначены для установки и закрепления заготовок различных форм и размеров. Универсальность их достигается за счет регулирования установочных и зажимающих элементов без их смены. Примерами такой оснастки могут быть: кулачковые патроны, машинные тиски и т.д.

2 **Универсально-наладочные приспособления (УНП)** – основаны на применении совместно УБП со сменными наладочными устройствами (установочными или зажимными). Настройка таких приспособлений характеризуется установкой наладочного устройства для закрепления конкретной заготовки.

3 **Сборно-разборные приспособления (СРП)** – собираются из стандартизованных узлов и деталей с расчетом установки и закрепления заготовок конкретной конфигурации.

4 **Специальные приспособления (СП)** – имеют постоянные установочные базы и зажимающие элементы, предназначены для установки одинаковых по форме и размерам заготовок. Конструкции специальных приспособлений следует разрабатывать на основе максимального использования стандартных узлов.

В современных условиях до 20% стоимости ГПС приходится на долю станочных приспособлений, а для их переналадки и замены комплекта инструмента затрачивают больше времени, чем на смену управляющих программ. Следовательно, внедрение переналаживаемой технологической оснастки значительно повышает эффективность ГПС.

Для эффективного использования станков с ЧПУ приспособления к ним должны отвечать определенным требованиям:

- обладать достаточной жесткостью;

- быстро заменяться или переналаживаться;
- обеспечивать высокую точность обработки максимального числа поверхностей заготовок с одной установки при незначительном времени их закрепления и снятия.

Автоматизация загрузки и выгрузки на станках с ЧПУ осуществляется промышленными роботами.

Система РТК предъявляет определенные требования к вспомогательным устройствам, в том числе технологической оснастке. Это обусловливается тем, что ориентировка деталей из-за их, в большинстве случаев, сложной конфигурации представляет сложную задачу.

Важной задачей технологии является рациональное распределение функций между роботом и вспомогательными устройствами. Необходимо упростить конструкцию робота, сократить число управляющих координат, переложив часть функций на вспомогательные устройства. Поэтому необходима разработка новой системы приспособлений.

Поскольку в современной роботизации наблюдаются тенденции применения роботов с упрощенной конструкцией, целесообразным при конструировании приспособлений является использование тех же исполнительных механизмов (длинноходных цилиндров, поворотных пневмо- и гидродвигателей).

Работа приспособлений в условиях роботизации предусматривает полную автоматизацию приемов работы:

- установку базовых деталей посредством загрузочных устройств различного типа (кассет, накопителей, тактовых столов и т. п.);
- закрепление и открепление деталей в приспособлениях стационарного и поворотного типов;
- транспортировку деталей в зону обработки и сборки;
- вращение, фиксацию, закрепление поворотных частей приспособлений, перемещение деталей шибером;
- съем и выталкивание деталей, узла из рабочей зоны после выполнения операций;
- контроль качества поступивших деталей;
- контроль наличия деталей на позиции обработки и сборки.

Управление приводом приспособления осуществляется от ПУРа (пульта управления роботом), в системе которого предусмотрено подключение программируемого технологического оборудования. Тем самым осуществляется централизованная система управления ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – СТАНОК – ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, при этом возможно использование автономных систем управления.

Приспособления для роботизации процессов отличаются от обычных механизированных тем, что они имеют:

- во-первых, переналаживаемые устройства автоматической подачи и ориентации сопрягаемых деталей;
- во-вторых, сменные установочные, центрирующие, фиксирующие и прочие элементы базирования и закрепления деталей, сменные прижимные элементы – прихваты, кулачки и другие элементы:

Такие приспособления предусматривают наличие общих элементов автоматических приспособлений – средств надежного обеспечения заданного положения деталей (сменных досылателей), средств контроля наличия и положения деталей в соединении (сборке), устройств блокировки для предупреждения возможного брака и аварийной ситуации, а также устройств и механизмов удаления изделий с потерей или без потери ориентации.

При базировании, закреплении и перемещении между элементами ГПС заготовок деталей типа корпусов, рычагов и других, не имеющих одинаковых и идентично расположенных поверхностей для базирования и крепления, применяют приспособления-спутники (П-С).

Крепление заготовки в П-С и самого спутника в рабочей позиции осуществляется с помощью накладных устройств фиксации, базирования и крепления из набора унифицированных приспособлений. П-С состоит из плиты с системой точно расположенных пазов и отверстий, базовых крепежных элементов и прихватов.

Смена заготовок осуществляется вне станка, что является эффективным средством сокращения вспомогательного времени при работе на многоцелевых станках, так как с одной установки обрабатывается большое число поверхностей заготовки. При этом доля машинного времени в общем балансе штучно-калькуляционного времени резко увеличивается, что дает возможность осуществлять смену заготовок во время работы станков и тем самым сокращать их простои.

6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Как и при выборе станков, целесообразность применения того или иного ПР в производственных условиях определяется с учетом ряда требований [2].

1 Соответствие технологических возможностей ПР (во многом определяемых видом системы управления) содержанию необходимых манипуляций с объектом.

2 Соответствие грузоподъемности ПР (с учетом массы захватного устройства) массе объекта манипулирования.

3 Соответствие числа степеней подвижности ПР минимально необходимому их числу для выполнения требуемых операций. Число степеней подвижности определяется содержанием манипуляционных действий, размерами и расположением рабочих зон обслуживаемого оборудования и его количеством, а также рядом других факторов.

4 Соответствие размеров рабочей зоны ПР размерам, форме и расположению рабочих зон обслуживаемого оборудования.

5 Соответствие скоростей перемещения рабочих органов ПР требуемой производительности процесса; соответствие погрешности позиционирования ПР требованиям по точности выполнения основных или вспомогательных операций.

6 Простота цикла переналадки, конструктивной и программной стыковки с другими подсистемами ГПС, надежность, экономичность.

Для РТК механической обработки наиболее предпочтительно использование ПР с позиционной системой управления, поскольку ПР с цикловым управлением имеет ограниченные манипуляционные действия, а применение контурной системы ведет к недоиспользованию технологических возможностей робота.

В работе следует привести подробную техническую характеристику выбранной модели ПР.

При выполнении работы недопустимо использование устаревших и снятых с производства конструкций ПР.

Основные технические показатели современных ПР приведены в учебном пособии [8].

7 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РТК

Алгоритм управления определяет взаимодействие всех составных частей комплекса и отражает последовательность выполнения движений ПР, работу основного и вспомогательного оборудования, выполнение команд на включение и отключение тех или иных устройств и механизмов. Для удобства последующих расчетов все действия ПР, станка и других элементов РТК рекомендуется разбивать на элементарные приемы (движения). Линейные и угловые перемещения исполнительного устройства робота должны соответствовать степеням подвижности, указанным в технической характеристике.

Алгоритм управления желательно представлять в виде (таблицы 4), в которой наряду с командами приводятся пояснения по характеру совершаемых действий и расчет элементов времени цикла.

Таблица 4 – Алгоритм управления РТК

Команды	Действия	Расчет времени, с
Исходная позиция: рука ПР располагается перед рабочей зоной станка; захватное устройство (ЗУ) разжато		
Останов станка, открытие ограждения	Снятие детали со станка	10 (по паспорту станка)
Ввод руки в рабочую зону станка (J2, J3)		$45 : 140 \rightarrow 1$
Зажим ЗУ		2
и т. д.		

Время выполнения каждой команды или движения (округленное с точностью до секунды) определяется либо из технических характеристик станка и ПР, либо рассчитывается, исходя из величин требуемых перемещений и скоростей рабочего органа ПР:

$$t_{\Pi} = \frac{L_{\Pi}}{V_{\Pi}},$$

где L_{Π} – величина перемещения (по соответствующей координате) рабочего органа ПР, выраженная в линейных (мм), либо в угловых (радианах, градусах) единицах; определяется из планировочной схемы РТК;

V_{Π} – скорость линейного (мм/с), либо углового (рад/с, град/с) перемещения, определяемая по технической характеристике ПР.

Время выполнения остальных приемов и действий, не связанных с перемещениями робота, рекомендуется принимать в пределах:

- время зажима (разжима) захватного устройства, с
- время зажима (разжима) заготовки в приспособлении, с

Пример оформления алгоритма управления и построения циклограммы приведен в учебном пособии [8].

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РТК

В мелко- и среднесерийном производстве производительность преимущественно оценивается через длительность производственного цикла изготовления изделий:

$$Q_{\Pi} = \frac{T_K}{T_{\Pi}}$$

где Q_{Π} – номинальная цикловая производительность; T_K – календарное время, за которое определяется производительность (час, смена, сутки и т. д.); T_{Π} – длительность производственного цикла изготовления изделий.

Фактическую цикловую производительность можно определить умножением номинальной производительности Q_{Π} на коэффициент использования $\eta_{ис}$. В расчетах можно принимать $\eta_{ис} = 0,7 \dots 0,8$. При определении длительности цикла в РТК учитывается перекрытие времени, для чего строится в определенном временном масштабе циклограмма работы.

Фактическую производительность РТК необходимо сравнить с требуемой

$$Q_{mp} = \frac{T_K \sum_{i=1}^z N_j}{60F},$$

и проверить соблюдение условия $Q_{\Pi} \geq Q_{mp}$. Если данное условие не выполняется (комплекс не обеспечивает заданной производительности), необходимо предложить мероприятия по обеспечению эффективной работы РТК.

9 ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ ЗАГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ РТК

Важнейшими видами вспомогательного оснащения РТК, во многом определяющего компоновку и эффективное использование, являются транспортно-накопительные и загрузочные устройства. Они обеспечивают накопление дета-

лей (заготовок) для автономной автоматической работы комплекса, их поштучную выдачу в зону действия ПР, межоперационное транспортирование.

При разработке загрузочных и транспортно-накопительных устройств необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- возможность длительной автоматической работы комплекса в безлюдном режиме;
- габаритные размеры устройств должны допускать их стыковку с основным оборудованием и роботом;
- устройства должны иметь датчики, позволяющие производить контроль наличия заготовок, их положения и другие параметры, а также их привязку к общей электрической схеме РТК;
- устройства должны обеспечивать надежную фиксацию заготовок, их рациональное перемещение, ориентацию, поштучную выдачу;
- возможность сопряжения устройств с цеховым транспортом.

В качестве загрузочных и транспортно-накопительных устройств в РТК используются:

- 1) устройства пассивной ориентации типа кассет, поддонов, ложементов и т. п.;
- 2) тактовые столы;
- 3) шаговые транспортеры и конвейеры;
- 4) бункерные и магазинные загрузочные устройства.

Выбор транспортно-накопительных и загрузочных устройств производится с учетом формы и размеров обрабатываемых деталей, длительности цикла изготовления деталей, сложности и трудоемкости переналадки, универсальности. В условиях серийного автоматизированного производства наибольшее распространение получили магазины-накопители заготовок, отличающиеся универсальностью, разнообразием конструктивного исполнения, компактностью, большой вместимостью (емкостью).

В основу определения емкости накопителей РТК заложен принцип непрерывной автономной работы комплекса в автоматическом режиме не менее половины смены, т. е. четырех часов:

$$E_n \geq 0,5 Q_{см},$$

где $Q_{см}$ – фактическая сменная производительность, деталей (изделий) в смену.

Поскольку

$$Q_{см} = \frac{60T}{T_{ц}} \eta_{ис} ,$$

где T – продолжительность рабочей смены, ч. $T = 8$ ч; $T_{ц}$ – длительность (время) цикла, мин,

то окончательно получим:

$$E_n \geq \frac{240}{T_{ц}} \eta_{ис} .$$

В работе следует обоснованно, в соответствии с вышеприведенными требованиями, выбрать тип загрузочного устройства и определить его основные конструктивные размеры, в том числе габаритные.

Описание и примеры использования транспортно-накопительных и загрузочных устройств приведены в литературе [2; 5; 8].

10 ВЫБОР СПОСОБА И УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЗАГРУЗКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ

При разработке компоновки ГАЛ или ГАУ следует обосновать и выбрать вариант автоматизации процесса загрузки-разгрузки деталей *не менее, чем на двух станках.*

Для деталей типа тел вращения наиболее простой и предпочтительной является роботизированная загрузка-разгрузка. В этом случае задача сводится к разработке принципиальной схемы РТК, для чего необходимо:

- обосновать выбор типа (напольный, подвесной) и модели промышленного робота (в записке привести техническую характеристику ПР);
- определить компоновочную схему РТК, встроенного в проектируемый участок или линию;
- обосновать способ и выбрать соответствующее устройство для питания комплекса заготовками, а также для укладки деталей.

Для обработки корпусных и тому подобных деталей в гибких автоматизированных участках, гибких автоматизированных линиях автоматизация процесса загрузки-разгрузки осуществляется путем использования приспособлений-спутников и соответствующих загрузочных устройств, расположенных возле станков. Примеры загрузочных устройств для приспособлений-спутников приведены в справочнике [6].

В работе следует подробно описать структуру и принцип работы выбранного варианта автоматизированной загрузки деталей, особо отметить взаимодействие с автоматизированной транспортно-складской системой участка или линии.

На остальных операциях допустима загрузка-разгрузка станков вручную, с помощью оператора, но в этом случае необходимо учитывать массу детали, и при необходимости установки тяжелых заготовок использовать подъемно-транспортные устройства типа крана-укосины, кран-балки и т. п.

11 ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЙ СИСТЕМЫ

С точки зрения организации потоков заготовок и деталей АТСС можно разделить на две разновидности:

- АТСС с единой подсистемой складирования и транспортирования;
- АТСС с отдельными подсистемами складирования и транспортирования.

В первом случае заготовки и детали, хранящиеся в автоматизированном складе, отыскиваются краном-штабелером и им же доставляются непосредственно к рабочему месту (станку). Во втором варианте заготовки и детали с

помощью крана-штабелера автоматизированного склада передаются на позицию приема-выдачи, откуда отдельным транспортом доставляются к рабочему месту. С учетом вида транспорта все многообразие схем АТСС может быть сведено к четырем [7]:

Тип I – АТСС с краном-штабелером и совмещенными подсистемами складирования и транспортирования;

Тип II – АТСС с рельсовым транспортом и отдельными подсистемами складирования и транспортирования;

Тип III – АТСС с робокарами и отдельными подсистемами складирования и транспортирования;

Тип IV – АТСС с конвейерами и совмещенными или отдельными подсистемами складирования и транспортирования.

Выбор компоновочной схемы АТСС определяется количеством и расположением станков в ГПС, характером и напряженностью транспортных потоков, требованиями гибкости, надежности, стоимостными затратами. Блок-схема алгоритма выбора типа АТСС приведена в учебном пособии [7].

Расчеты АТСС сводятся к определению требуемой вместимости (емкости) автоматизированного склада, на основании чего находятся его габариты, а также к определению коэффициента загрузки подсистемы транспортирования, что позволяет обоснованно выбрать вид и количество транспортных средств.

При проведении расчетов АТСС необходимо учитывать способ хранения и перемещения заготовок и деталей:

- поштучно (для крупных заготовок и деталей при их непосредственном размещении в ячейках склада и транспортных устройствах);
- на столах-спутниках (при использовании в ГПС многоцелевых станков с ЧПУ со сменными столами-спутниками для обработки корпусных деталей);
- в таре (кассетах, поддонах, ящиках и т. п.), используемой для мелких и средних деталей.

В первом случае емкость склада:

$$E_C^I = 1,1 \cdot K_{\text{наим}}.$$

Для второго варианта:

$$E_C^{II} = \frac{1,1K_{\text{наим}} \times T_{\text{ц}} \sum_{j=1}^z N_j}{60F}.$$

При использовании тары:

$$E_C^{III} = \frac{1,1K_{\text{наим}} \times n}{n_T}.$$

В приведенных формулах:

$K_{\text{наим}}$ – число наименований деталиустановок, изготавливаемых в ГПС в течение месяца;

$T_{\text{ц}}$ – длительность производственного цикла изготовления детали-представителя, мин;

F – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

n – принятый размер операционной партии;

n_T – емкость тары.

Следует отметить, что на характеристики АТСС оказывает влияние способ организации транспортных потоков по одной из схем: «склад – станок – склад» или «станок – станок». Реализация первой схемы приводит к более напряженным транспортным потокам, но позволяет выровнять и тем самым поднять загрузку оборудования и преимущественно используется в гибких автоматизированных участках. Вторая схема отличается меньшими затратами на транспортирование, но оставляет неравномерную загрузку оборудования и применяется, как правило, в гибких автоматизированных линиях.

Методика и примеры расчетов АТСС приведены в учебном пособии [7].

В работе разрабатывается АТСС всего участка или линии.

12 ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Разнообразие компоновочных схем АСИО можно свести к шести типам [7]:

тип 1 – АСИО с запасом инструментальных комплектов, размещенных в инструментальных магазинах станков ГПС;

тип 2.1 – АСИО с автоматизированным складом (накопителем) инструментальных комплектов при каждом станке ГПС;

тип 2.2.1 – АСИО с совмещенными подсистемами складирования и транспортирования инструментальных комплектов;

тип 2.2.2 – АСИО с отдельными подсистемами складирования и транспортирования инструментальных комплектов;

тип 2.3 – АСИО, объединенная с АТСС;

тип 3 – АСИО со сменными инструментальными магазинами.

Выбор той или иной разновидности зависит от требуемого запаса инструментов для полной обработки номенклатуры деталей в течение заданного периода безлюдной работы, количества и типа станков, требований по гибкости, надежности, стоимостных затрат. Блок-схема алгоритма выбора типа АСИО приведена в учебном пособии [7].

Расчеты АСИО включают: определение требуемого запаса инструментов в системе и принятие решения о необходимости введения инструментального склада, нахождение его вместимости (емкости), габаритов и выбор схемы расположения относительно технологического оборудования, а также расчет коэффициента загрузки подсистемы транспортирования, что позволяет обоснованно выбрать вид и количество соответствующих транспортных средств. Методика и примеры расчетов АСИО приведены в пособии [7].

В работе необходимо выбрать и провести необходимые расчеты по автоматизации системы инструментального обеспечения для всех однотипных станков ГПС, предусматривая автоматическую, с применением робота-оператора (не ручную!) замену инструментальных комплектов на станках. Если, например, на участке или линии имеется три токарных станка,

два фрезерных и один шлифовальный, то следует разработать АСИО для трех токарных станков. В случае, когда в ГПС все станки – однотипные, разрабатывается АСИО для всех станков.

13 РАЗРАБОТКА КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

На планировочной схеме в выбранном масштабе (рекомендуется М 1:100) изображается основное технологическое оборудование и системы обеспечения функционирования ГПС в соответствии с выбранными и подтвержденными расчетами структурой и составом. На схеме указываются основные (габаритные и привязочные) размеры в продольном и поперечном направлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Технологические основы гибких производственных систем [Текст] : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / В. А. Медведев, В. П. Вороненко, В. Н. Брюханов [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Высш. школа, 2000. – 255 с.

2 Козырев, Ю. Г. Применение промышленных роботов [Текст] : учебное пособие / Ю. Г. Козырев. – Москва : КноРус, 2011. – 488 с.

3 Давыдова, М. В. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: Станки токарной группы [Текст] : справочное пособие / М. В. Давыдова, А. М. Михалев, Ю. И. Моисеев. – Курган : Изд-во КГУ, 2010. – 84 с.

4 Давыдова, М. В. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: Фрезерные станки, обрабатывающие центра сверлильно-фрезерно-расточной группы [Текст] : справочное пособие / М. В. Давыдова, А. М. Михалев, Ю. И. Моисеев. – Курган : Изд-во КГУ, 2010. – 128 с.

5 Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей [Текст] : учебное пособие для вузов / под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1989. – 192 с.

6 Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. И. Байков. – Москва : Машиностроение, 1990. – 512 с.

7 Моисеев, Ю. И. Классификация и выбор систем складирования, транспортирования и инструментального обеспечения гибких автоматизированных производств [Текст] : учебное пособие / Ю. И. Моисеев, В. А. Котюк. – Курган : Изд-во КМИ, 1993. – 58 с.

8 Моисеев, Ю. И. Применение промышленных роботов для загрузки металлообрабатывающего оборудования [Текст] : учебное пособие / Ю. И. Моисеев. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. – 171 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А1 – Маршрутная технология изготовления корпусов двигателя

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Литье в песчано-глинистые формы	+	+	+
05 Фрезерная с ЧПУ	Обработка детали со стороны плоскости основания	<u>6,3</u> 9,2	<u>17,2</u> 22,9	<u>3,9</u> 5,5
10 Комбинированная с ЧПУ	Обработка детали с противоположной стороны (включая обработку отверстий)	<u>26,3</u> 34,2		<u>15,9</u> 19,5
15 Комбинированная с ЧПУ	Обработка детали с различных сторон			<u>18,1</u> 21,6
20 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
25 Моечная		+	+	+
30 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		24	28	32
		<p>Детали относятся к классу 73 – не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные.</p> <p>Размеры деталей: М – длина L = 80-150 мм; ширина V = 50-100 мм; высота H = 50-100 мм; масса – до 5 кг; С – длина L = 300-450 мм; ширина V = 200-350 мм; высота H = 150-300 мм; масса – до 20 кг; К – длина L = 500-800 мм; ширина V = 400-600 мм; высота H = 250-400 мм; масса – до 60 кг</p>		

Таблица А2 – Маршрутная технология изготовления корпусов насоса

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Литье в песчано-глинистые формы	+	+	+
05 Фрезерная с ЧПУ	Подготовка постоянных технологических баз	<u>6,3</u> 9,2	<u>8,6</u> 10,8	
10 Комбинированная с ЧПУ	Обработка детали со стороны плоскости основания (включая обработку отверстий)	<u>14,3</u> 19,2	<u>22,5</u> 27,4	<u>10,6</u> 14,2
15 Комбинированная с ЧПУ	Обработка детали с противоположных сторон	<u>27,1</u> 32,2		<u>18,9</u> 22,5
20 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
25 Моечная		+	+	+
30 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		22	24	28
		<p>Детали относятся к классу 73 – не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные.</p> <p>Размеры деталей:</p> <p>М – длина L = 80-150 мм; ширина B = 50-100 мм; высота H = 50-100 мм; масса – до 5 кг;</p> <p>С – длина L = 300-450 мм; ширина B = 200-350 мм; высота H = 150-300 мм; масса – до 20 кг;</p> <p>К – длина L = 500-800 мм; ширина B = 400-600 мм; высота H = 250-400 мм; масса – до 60 кг</p>		

Таблица А3 – Маршрутная технология изготовления корпусов редуктора

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Литье в песчано-глинистые формы	+	+	+
05 Комбинированная с ЧПУ	Обработка детали со стороны плоскости основания (включая обработку отверстий)	$\frac{17,3}{24,2}$	$\frac{22,5}{27,4}$	$\frac{13,6}{17,2}$
10 Комбинированная с ЧПУ	Обработка детали с противоположных сторон	$\frac{25,1}{32,2}$		$\frac{13,9}{17,5}$
15 Фрезерная с ЧПУ	Обработка наклонных поверхностей	$\frac{15,1}{22,2}$	$\frac{17,5}{20,4}$	
20 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
25 Моечная		+	+	+
30 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		25	28	32
		<p>Детали относятся к классу 73 – не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные.</p> <p>Размеры деталей: М – длина L = 80-150 мм; ширина В = 50-100 мм; высота Н = 50-100 мм; масса – до 5 кг; С – длина L = 300-450 мм; ширина В = 200-350 мм; высота Н = 150-300 мм; масса – до 20 кг; К – длина L = 500-800 мм; ширина В = 400-600 мм; высота Н = 250-400 мм; масса – до 60 кг</p>		

Таблица А4 – Маршрутная технология изготовления рычагов

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно- калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Литье в песчано-глинистые формы	+	+	+
05 Фрезерная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка плоскостей и основных отверстий с одной стороны	<u>12,7</u> 15,1	<u>3,3</u> 5,9	<u>1,9</u> 4,2
10 Фрезерная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка плоскостей и основных отверстий с другой стороны		<u>7,2</u> 9,9	<u>17,6</u> 20,4
15 Фрезерная с ЧПУ	Фрезерование плоскостей, пазов, канавок, сверление крепежных отверстий, нарезание резьбы	<u>10,3</u> 13,3	<u>7,3</u> 11,8	
20 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
25 Моечная		+	+	+
30 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		18	15	12
				
<p>Детали относятся к классу 74 – не тела вращения: плоскостные, рычажные и др.</p> <p>Размеры деталей:</p> <p>М – длина L = 80-150 мм; ширина B = 30-60 мм; высота H = 10-40 мм; масса – до 3 кг;</p> <p>С – длина L = 250-400 мм; ширина B = 100-200 мм; высота H = 50-100 мм; масса – до 15 кг;</p> <p>К – длина L = 500-750 мм; ширина B = 200-350 мм; высота H = 100-200 мм; масса – до 50 кг</p>				

Таблица А5 – Маршрутная технология изготовления плит

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Литье в песчано-глинистые формы	+	+	+
05 Фрезерная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка плоскостей и основных отверстий с одной стороны	<u>12,7</u> 14,1	<u>3,3</u> 5,7	<u>1,9</u> 3,2
10 Фрезерная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка плоскостей и основных отверстий с другой стороны		<u>7,2</u> 12,9	<u>15,6</u> 17,4
15 Комбинированная	Фрезерование плоскостей, пазов, канавок, сверление крепежных отверстий, нарезание резьбы	<u>12,3</u> 18,8	<u>10,3</u> 13,1	
20 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
25 Моечная		+	+	+
30 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		15	18	22
		<p>Детали относятся к классу 74 – не тела вращения: плоскостные, рычажные и др. Размеры деталей: М – длина L = 80-150 мм; ширина В = 30-60 мм; высота Н = 10-40 мм; масса – до 3 кг; С – длина L = 250-400 мм; ширина В = 100-200 мм; высота Н = 50-100 мм; масса – до 15 кг; К – длина L = 500-750 мм; ширина В = 200-350 мм; высота Н = 100-200 мм; масса – до 50 кг.</p>		

Таблица А6 – Маршрутная технология изготовления валов

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Горячая объемная штамповка	+	+	+
05 Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцев, сверление центровых отверстий	<u>4,6</u> 6,2	–	<u>3,1</u> 4,4
10 Токарная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка с правой стороны	<u>10,9</u> 13,5	<u>8,8</u> 10,2	<u>7,3</u> 9,2
15 Токарная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка с левой стороны	<u>5,8</u> 8,5	<u>4,9</u> 6,6	<u>4,2</u> 5,8
20 Фрезерная с ЧПУ	Обработка пазов, второстепенных отверстий	<u>6,7</u> 9,2	<u>4,7</u> 6,9	–
25 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
30 Моечная		+	+	+
35 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		14	15	16



Детали относятся к классу 71 – тела вращения типа стержней, валов, осей, штоков с отношением $L > 2D$.

Размеры деталей:

М – диаметр $D = 30-50$ мм; длина $L = 100-200$ мм; масса – до 3 кг;
С – диаметр $D = 50-100$ мм; длина $L = 200-400$ мм; масса – до 16 кг;
К – диаметр $D = 100-150$ мм; длина $L = 500-1000$ мм; масса – до 80 кг

Продолжение приложения А

Таблица А7 – Маршрутная технология изготовления валов-шестерен

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Горячая объемная штамповка	+	+	+
05 Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцев, сверление центровых отверстий	<u>3,6</u> 5,2	<u>2,7</u> 4,4	<u>2,1</u> 3,4
10 Токарная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка с правой стороны	<u>6,9</u> 9,5	<u>5,8</u> 7,4	<u>4,3</u> 6,2
15 Токарная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка с левой стороны	<u>4,9</u> 6,8	<u>9,3</u> 11,2	<u>4,1</u> 5,6
20 Зубофрезерная	Обработка зубчатого венца	<u>8,2</u> 10,4		<u>6,4</u> 8,0
25 Шлицефрезерная	Фрезерование шлицев	<u>5,8</u> 8,3	<u>5,2</u> 7,4	<u>4,2</u> 6,4
30 Фрезерная с ЧПУ	Обработка пазов, второстепенных отверстий	<u>6,7</u> 9,2	<u>4,7</u> 6,9	<u>2,8</u> 4,1
35 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
40 Моечная		+	+	+
45 Контрольная		+	+	+
50 Термическая	Цементация с последующей закалкой	+	+	+
55 Токарная с ЧПУ	«Твердое» точение точных поверхностей	<u>2,3</u> 4,2	<u>1,4</u> 2,9	<u>1,3</u> 2,8
60 Моечная		+	+	+
65 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		16	18	20



Детали относятся к классу 72 – тела вращения с элементами зубчатого зацепления.

Размеры деталей:

М – диаметр $D = 30-50$ мм; длина $L = 100-200$ мм; масса – до 3 кг;

С – диаметр $D = 50-100$ мм; длина $L = 200-400$ мм; масса – до 16 кг;

К – диаметр $D = 100-150$ мм; длина $L = 500-1000$ мм; масса – до 80 кг

Продолжение приложения А

Таблица А8 – Маршрутная технология изготовления втулок

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Горячая объемная штамповка	+	+	+
05 Токарная	Токарная черновая и чистовая обработка с одной стороны	<u>11,3</u> 13,6	<u>17,6</u> 19,5	<u>10,1</u> 12,2
10 Токарная	Токарная черновая и чистовая обработка с другой стороны	<u>6,1</u> 8,6		<u>5,2</u> 6,8
15 Фрезерная	Обработка различных пазов и крепежных отверстий			
20 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
25 Моечная		+	+	+
30 Контрольная	Промежуточный контроль	+	+	–
35 Химико-термическая	Цементация с последующей закалкой	+	+	–
40 Шлифовальная с ЧПУ	Шлифование точных поверхностей	<u>4,3</u> 6,2	<u>3,4</u> 4,9	<u>2,5</u> 4,1
45 Моечная		+	+	+
50 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		12	15	18
		<p>Детали относятся к классу 71 – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, стаканов с отношением $L = (0,5 \dots 2) D$.</p> <p>Размеры деталей: М – диаметр $D = 50-100$ мм; длина $L = 40-180$ мм; масса – до 3 кг; С – диаметр $D = 100-300$ мм; длина $L = 100-250$ мм; масса – до 20 кг; К – диаметр $D = 300-600$ мм; длина $L = 200-400$ мм; масса – до 80 кг</p>		

Таблица А9 – Маршрутная технология изготовления фланцев

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Горячая объемная штамповка (с получением отверстия)	+	+	+
05 Токарная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка торцов и отверстия (с одной стороны)	<u>9,3</u> 10,6	<u>14,3</u> 15,6	<u>10,3</u> 11,6
10 Токарная с ЧПУ	Черновая и чистовая обработка торцов и наружных поверхностей вращения (с другой стороны)	<u>5,3</u> 7,4		
15 Фрезерная с ЧПУ	Обработка различных пазов и крепежных отверстий	<u>6,3</u> 9,4	<u>5,1</u> 7,2	<u>6,4</u> 7,9
20 Фрезерная с ЧПУ	Обработка крепежных отверстий с обрабной стороны	–	–	<u>4,4</u> 5,9
25 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
30 Моечная		+	+	+
35 Контрольная		+	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		15	18	21
		<p>Детали относятся к классу 71 – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, стаканов с отношением $L \leq 0,5 D$.</p> <p>Размеры деталей: М – диаметр $D = 50-100$ мм; длина $L = 20-50$ мм; масса – до 3 кг; С – диаметр $D = 100-300$ мм; длина $L = 40-150$ мм; масса – до 20 кг; К – диаметр $D = 300-600$ мм; длина $L = 140-300$ мм; масса – до 80 кг</p>		

Таблица А10 – Маршрутная технология изготовления шестерен

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции	Машинное / штучно-калькуляционное время, мин		
		T1	T2	T3
00 Заготовительная	Горячая объемная штамповка (с получением отверстия)	+	+	+
05 Токарная с ЧПУ	Полная обработка торцев и отверстия с одной стороны	<u>7,4</u> 9,5	<u>8,3</u> 10,6	<u>7,7</u> 9,8
10 Токарная с ЧПУ	Полная обработка торцев и наружных поверхностей вращения с другой стороны	<u>4,9</u> 6,3		<u>6,3</u> 9,4
15 Фрезерная с ЧПУ	Обработка различных пазов и крепежных отверстий	–		
20 Зубофрезерная	Обработка зубчатого венца	<u>9,3</u> 12,1	<u>8,4</u> 10,8	<u>10,4</u> 12,7
25 Слесарная	Притупление острых кромок, снятие заусенцев	+	+	+
30 Моечная		+	+	+
35 Контрольная		+	+	+
40 Химико-термическая	Цементация с последующей закалкой	–	+	+
45 Внутришлифовальная	Шлифование отверстия	<u>1,2</u> 1,8	<u>0,7</u> 1,5	<u>2,8</u> 4,4
50 Круглошлифовальная с ЧПУ	Шлифование наружных поверхностей	–	<u>3,2</u> 5,1	
55 Моечная		–	+	+
60 Контрольная		–	+	+
Количество различных наименований и типоразмеров инструментов, используемых в технологическом процессе		14	15	16
		<p>Детали относятся к классу 72 – тела вращения с элементами зубчатого зацепления</p> <p>Размеры деталей: М – диаметр D = 50-100 мм; длина L = 40-80 мм; масса – до 3 кг; С – диаметр D = 100-300 мм; длина L = 100-150 мм; масса – до 20 кг; К – диаметр D = 300-600 мм; длина L = 200-400 мм; масса – до 80 кг</p>		

Оформление титульного листа обложки

*МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**по дисциплине <<Технологические основы гибких производственных>>
систем**

на тему «.....»

Студент гр. _____ / _____ /
 Номер группы Подпись Фамилия, и.о.

Шифр зачетной книжки _____

Преподаватель _____ / _____ /
 Фамилия, и.о.

Овсянников Виктор Евгеньевич

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

Методические указания
к проведению практических занятий, выполнению
контрольной и курсовой работы и индивидуальных заданий
для студентов направлений 15.03.01, 15.03.05, 15.04.05

Редактор Н. Н. Погребняк

Подписано в печать 13.11.18	Формат 60×84 1/16	Бумага 65 г/м ³
Печать цифровая	Усл.печ.л. 2,5	Уч.-изд.л. 2,5
Заказ №201	Тираж 13	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.