

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский государственный машиностроительный университет  
(МАМИ)»  
/УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ/

**Кафедра «Технология машиностроения»**

Вартанов М.В., Бухтеева И.В.

Методические указания для выполнения  
выпускной квалификационной работы  
для студентов специальности 151701.65  
«Проектирование технологических машин и комплексов»

Одобрено методической комиссией по укрупненной группе  
специальностей и направлений 150000  
«Металлургия, машиностроение и металлообработка»

Москва 2016 год

Методические указания разработаны в соответствии с государственным образовательным стандартом ФГОС ВПО для подготовки специалистов по специальности 151701.65 «Проектирование технологических машин и комплексов».

**Рецензенты:**

профессор кафедры «Технология машиностроения» МГТУ  
СТАНКИН, д.т.н. Вороненко В.П.;  
профессор кафедры «Технология машиностроения» МГТУ  
им. Н.Э. Баумана д.т.н. Волчкевич Л.И.

Работа подготовлена на кафедре «Технология  
машиностроения» им. Ф.С. Демьянюка.

Методические указания для выполнения выпускной  
квалификационной работы для студентов специальности  
151701.65 «Проектирование технологических машин и  
комплексов». – М.: Университет машиностроения, 2016 год - с.  
72: ил. 15, табл.7 .

В методических указаниях установлен примерный объем и  
последовательность выполнения выпускной работы специалиста.

Изложены вопросы содержания технологической, научно-  
исследовательской, расчетной частей выпускной работы, а также  
методики выбора и расчета специальных средств технологического  
оснащения технологических машин и комплексов.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи выпускной работы.....	
2. Тематика выпускной работы.....	
3. Организация выполнения выпускной работы.....	
4. Структура и содержание выпускной работы.....	
5. Содержание расчетно-пояснительной записки.....	
Оглавление.....	
Аннотация.....	
Введение.....	
Общие вопросы выпускной работы.....	
Технологическая	
часть.....	
Научно-исследовательская	
часть.....	
Специальные	средства
технологического	
оснащения.....	
Заключение.....	
Приложения.....	
.	
6. Содержание графической части работы.....	
7. Оформление выпускной работы.....	
Рекомендуемая литература.....	
Приложения.....	

### **1. Цели и задачи выпускной работы.**

Выпускная работа является завершающим этапом обучения. Цель выпускной работы – реализация полученных теоретических знаний и навыков при самостоятельном техническом и технологическом проектировании.

Выпускные работы студентов, обучающихся по специальности «Проектирование технологических комплексов» направлены на разработку технологических систем и технологических процессов, обеспечивающих эффективность производства и выпуск качественной продукции.

В отдельных случаях выпускная работа может носить научно-исследовательский характер, при участии студента в исследованиях, проводимых на кафедре.

Выпускная работа может носить индивидуальный и комплексный характер.

### **2. Тематика выпускной работы.**

Тема выпускной работы должна быть актуальной отвечать задачам подготовки специалиста по данному направлению подготовки.

В случае выполнения комплексного проекта каждый участник студенческого творческого коллектива решает в рамках своей работы ряд частных задач.

Приветствуется выполнение работ по тематике промышленных и научно-исследовательских организаций. Тема выпускной работы может совпадать с тематикой предприятия, где работает выпускник.

### **3. Организация выполнения выпускной работы**

Задание на выпускную работу (приложение №...) подписывается руководителем, утверждается заведующим кафедрой и вручается студенту.

Тема выпускной работы утверждается приказом по университету.

Обязательным элементом выпускной работы является использование компьютера. При этом использоваться как типовые программы, имеющиеся на кафедре, так и оригинальные разработки студента.

Обязательным элементом является научно-исследовательская часть.

Руководитель выпускной работы от кафедры оказывает студенту помощь в формулировке задач, подборе исходной информации и принятии правильных технических и технологических решений.

Все разделы студент выполняет самостоятельно и полностью отвечает за принятые решения, правильность данных и расчетов.

После завершения работы она проходит нормоконтроль, техническую проверку и рецензирование.

Защита работ проходит по графику, установленному кафедрой.

#### **4. Структура и содержание выпускной работы**

##### **4.1. Структура работы**

Дипломный проект включает в себя расчетно-пояснительную записку и графический материал объемом не менее 10 листов А1. Записка содержит описание и обоснование принятых технологических решений с соответствующими расчетами.

Структура записки такова:

- Титульный лист, установленный кафедрой (приложение 1), подписанный студентом, руководителем проекта, консультантом и утвержденный заведующим кафедрой.
- Содержание с нумерацией разделов и подразделов.
- Задание на дипломный проект (Приложение 2).
- Аннотация, отражающая содержание дипломного проекта (не более 1 страницы А4).
- Основной текст расчетно-пояснительной записки.
- Приложения.

Все разделы записки должны иметь логическую взаимосвязь, содержать необходимые расчеты, эскизы, схемы и графики.

##### **4.2. Типовой состав дипломного проекта**

###### **4.2.1. Типовой состав расчетно-пояснительной записки.**

Расчетно-пояснительная записка является основной частью дипломного проекта и содержит решение задач, сформулированных в задании на дипломное проектирование.

Типовой состав предметной части записки таков:

- Введение
- Определение типа производства и выбор вида его организации
- Разработка технологического процесса изготовления детали или сборки узла (изделия)
  - Служебное назначение изделия и принцип его работы
  - Анализ технологичности детали или сборочной единицы на технологичность
  - Выбор вида заготовки и назначение общих припусков
  - Выбор технологических баз и маршрута обработки поверхностей
  - Составление общего маршрута обработки детали
  - Выбор режущего инструмента и типов пластин
  - Определение межоперационных припусков и размеров
  - Уточнение размеров исходной заготовки
  - Выбор технологического оборудования
  - Расчет режимов резания
  - Нормирование операций механической обработки
  - Анализ точности технологического процесса
  - Оформление технологической документации.

Проектирование технологического процесса сборки имеет свои особенности:

- Анализ служебного назначения изделия
- Выявление технических требований на сборку изделия
- Выбор оборудования и оснастки. Проектирование специальной оснастки
- Нормирование операций ручной сборки
- Выявление условий собираемости для автоматических операций
- Расчет режимов автоматической сборки
- Построение циклограмм работы оборудования
- Оформление технологической документации
- Научно-исследовательская часть
- Специальные средства технологического оснащения
  - Выбор стандартного технологического оснащения
  - Выбор стандартной технологической оснастки

- Проектирование нестандартного технологического оборудования
- Проектирование и расчет нестандартной технологической оснастки

#### 4.2.2. Типовой состав графической части дипломного проекта

Материалы, иллюстрирующие исходную информацию, для дипломного проектирования (сборочная единица, изделие, деталь, заготовка и т.д.) - 1...2 листа; материалы по технологической части – 3...4 листа; материалы по научно-исследовательской части – 2...3 листа; специальное технологическое оснащение – 2...3 листа; компоновка технологического комплекса (автоматической линии, РТК, ГПМ) – 1...2 листа.

Всего не менее 10 листов формата А1.

В отдельном случае состав расчетно-пояснительной записки и графической части может корректироваться по согласованию с руководителем дипломного проектирования.

### 5. Содержание расчетно-пояснительной записки

#### 5.1. Оглавление

В оглавлении указываются все разделы, подразделы, пункты записки и номера страниц, с которых они начинаются.

#### 5.2. Аннотация

Выпускной работы студента группы 10 ПТК-5 Сидорова С.С. на тему «...» объемом 99 страниц, в том числе 21 рисунок, 10 таблиц, приложение на 18 страниц, 10 листов чертежей.

Если работа комплексная, то дополнительно указывают индивидуальную тему.

Далее следует текст аннотации объемом не более 1 страницы.

#### 5.3. Введение

Во введении кратко раскрывается смысл решаемых в дипломе задач и их значение для производства.

Во введении отражаются следующие вопросы:

- основные направления развития техники и технологии в области производства данного изделия;
- оценка технического уровня производства и технологических процессов на базовом предприятии;

- основные задачи, решаемые в дипломном проекте (для комплексного проекта необходимо выделить те задачи, которые решает данный дипломник).

Объем введения 1...2 страницы.

#### 5.4. Общие вопросы выпускной работы

##### 5.4.1 Исходная информация

Основной исходной информацией является необходимый комплект конструкторской документации (деталировки, сборочные чертежи, монтажные схемы, паспорт и т.д.).

Необходимым условием является знание объема производства изделия в год и предполагаемый период его выпуска.

К указанным условиям относится ситуация на действующем производстве (типаж оборудования, планировка свободных площадей и т.д.).

При выполнении дипломной работы используется различная справочная информация: ГОСТы, ЕСТПП, справочники, каталоги на оборудование и инструмент, отраслевые методики и руководящие документы, стандарты предприятия и т.д.

##### 5.4.2. Служебное назначение и техническая характеристика изделия (детали)

В данном пункте дается описание изделия его функциональность в машине.

В случае разработки ТП изготовления детали дается описание ее конструкции, механических свойств, химического состава и других свойств, значимых для проектирования технологии.

##### 5.4.3. Краткая характеристика уровня техники и технологии на базовом предприятии.

Дается краткое описание технологического оснащения на базовом предприятии. Анализируется уровень базовой технологии.

Формулируются предложения по совершенствованию базового уровня техники и технологии.

#### 5.5. Технологическая часть

##### 5.5.1. Анализ технических требований на деталь (сборочную единицу)

Цель данного этапа – уяснить основные требования размерной, геометрической точности, а также точности взаимного расположения поверхностей детали.

Для сборочной единицы анализируется точность взаимного расположения деталей. Проверяется правильность выбора метода



достижения точности сборки (решение размерных цепей) конструктором. Оценивается экономичность метода достижения точности, предусмотренного конструктором и, при необходимости, предлагается более экономичный метод с перерасчетом допусков. Правильность распределения допусков по звеньям размерной цепи и назначения посадок контролируется проверочным расчетом [1].

Количество задач, решаемых для обеспечения достижения заданной точности, устанавливается совместно с руководителем проекта.

В случае, если разрабатывается технологи изготовления детали, выполняется анализ технических требований к детали. Устанавливается, какие поверхности детали являются исполнительными, основными, вспомогательными и свободными. Чертеж детали и технические требования следует критически проанализировать, сопровождая этот анализ эскизами и расчетами размерной точности [1]. При анализе технических требований обязательным является анализ соответствия их обозначения стандартам ЕСКД и в необходимых случаях вносятся соответствующие изменения.

#### 5.5.2. Анализ изделий и деталей на технологичность.

Анализ конструкции изделий и деталей на технологичность производится в соответствии со стандартами ЕСТПП [2,3].

Технологичность – понятие комплексное. Оно тесно связано с объемом выпуска и типом производства, типом оборудования и уровнем автоматизации, сложностью конструкции и уровнем его унификации.

Различные критерии и методики оценки технологичности изложены в учебной [4] и нормативно-технической литературе [5].

Технологичность конструкции изделия характеризуется: количеством деталей, видами соединений, сложностью их закрепления, количеством векторов сборки, сложностью структуры изделия, методом достижения точности сборки и другими факторами. Желательным является оценка базовых показателей ТКИ и сравнение их с фактически достигнутыми в производстве.

При необходимости разрабатываются рекомендации по улучшению технологичности изделия или детали.

#### 5.5.3. Выбор вида заготовки и метода ее получения.

При решении данного вопроса исходят из материала детали, ее формы, размеров и массы, объема выпуска в год и объема серии.

Заготовка должна обеспечить максимально высокий коэффициент использования материала, но быть рациональной по стоимости для данного объема выпуска и технологического процесса. Суммарные затраты на стоимость обработки и заготовки должны быть минимальны:  $(C_{заг} + C_{обр}) \rightarrow \min$ .

Рекомендуется рассмотреть два варианта получения заготовки: 1) более точный и дорогой, но с меньшими припусками и меньшей трудоемкостью механической обработки; 2) менее точный и менее дорогой, но с большей трудоемкостью обработки.

В отдельных случаях рассматривают целесообразность применения директивных заготовок [1].

Основные положения и необходимое информационное обеспечение для обоснованного выбора исходных заготовок в условиях современного многономенклатурного промышленного производства приведены в [6]. Там же изложены методики обоснования решений, принимаемых при выборе заготовок. Рассмотрены проблемы автоматизации выбора заготовок на основе современных информационных технологий.

#### 5.5.4. Выбор и обоснование технологических баз

Обоснование выбора технологических баз проводят в два этапа [7]. Вначале составляют граф связей, устанавливают взаимосвязи между поверхностями детали и выбирается комплект баз для обработки заготовки на большинстве операций, обеспечивающих получение наиболее ответственных размеров детали. При выборе баз учитывают следующие правила:

- возможность совмещения конструкторских и технологических баз;
- принцип единства баз, обеспечивающий требуемую точность детали;
- удобство доступа инструмента в зоны обработки с наибольшего числа сторон с одного станова.

Затем выбирают базы для первой операции. При этом желательно рассмотреть два варианта базирования, рассчитать погрешности обработки для каждого варианта и выбрать тот, который обеспечивает заданную точность обработки.

Для каждого этапа обработки выбирается комплект баз и предлагается теоретическая схема базирования по ГОСТ 21495-91 и теоретическая схема установки по ГОСТ 3.1107-81. Принятые решения оформляются в виде таблицы.

#### 5.5.5. Разработка технологического маршрута обработки (сборки)

Маршрут обработки детали определяется простановкой размеров и требованиями к качеству. Выбор методов обработки проводится в направлении, обратном ходу технологического процесса. На данном этапе решаются две основные задачи:

- выбор методов обработки поверхностей;
- разработка технологического маршрута обработки детали.

При построении технологического маршрута опираются на принцип постоянства баз и принцип совмещения баз.

Кроме того, придерживаются следующих правил [8]:

1. На литых заготовках в первую очередь производят снятие наибольшего припуска с тех поверхностей, где подобные дефекты чаще всего обнаруживаются и где они недопустимы. Это позволяет забраковать или исправить заготовку в самом начале ее обработки, не производя излишней механической обработки.

2. Из-за возможности перераспределения остаточных напряжений и связанных с этим деформаций обработку детали целесообразно начинать с менее точных поверхностей и снятия с них наибольших припусков. Обработку наиболее точных поверхностей производят в последнюю очередь.

3. В условиях серийного производства маршрут обработки целесообразно строить с учетом расположения оборудования в цехе. Это позволит сократить транспортные потоки.

Методы обработки поверхностей назначаются исходя из требований, предъявляемых к точности размеров и качеству поверхностей готовой детали, учитывая вид заготовки и ее материал.

Для предварительного назначения метода обработки отдельных поверхностей детали опираются на данные экономической точности методов обработки.[9].

В ряде случаев проводят выбор оптимального маршрута по критериям производительности и экономичности. При этом следует стремиться к минимуму количества переходов по каждой из поверхностей. Желательно, чтобы одним и тем же методом обрабатывалось большее число поверхностей. Это позволит сократить время производства, повысить производительность и точность обработки.

Повышение степени концентрации операций должно обосновываться экономически.

Важным является вопрос определения числа переходов по каждой из поверхностей. Известны из практики рекомендации решения данного вопроса:

1. Целесообразно повышать точность от операции к операции на 1...2 квалитета.
2. Допустимо уменьшать высоту параметров шероховатости  $R_a, R_z$  и  $R_{\max}$  в 2...5 раз.
3. Процесс доводки может быть экономичным при условии снятия припуска в пределах 0,01...0,02 мм.
4. Предшествующий операционный допуск должен быть в 3...4 раза меньше припуска на последующую операцию.

Таким образом, кроме назначения методов окончательной обработки всех поверхностей детали, назначаются методы промежуточной обработки и подчитываются соответствующие операционные припуски и допуски на операционные размеры. Разработка технологического маршрута сборки имеет свои особенности.

При построении маршрута сборки определяется последовательность выполнения технологических операций. На формирование маршрута оказывают влияние следующие факторы: конструкция, масса и размеры изделия и его составных частей; тип производства и программа выпуска; функциональная взаимосвязь деталей изделия; точность сборки и методы ее достижения; число маложестких и легко повреждаемых деталей. При сборке невзаимозаменяемых деталей и узлов на последовательность сборки оказывает влияние необходимость выполнения пригоночных и регулировочных работ

Разработку маршрута проводят с учетом проведенного размерного анализа конструкции изделия, выбора технологических баз и установления рациональных методов сборки.

Построению схемы сборки предшествует деление изделия по уровням сборочного состава. Это позволяет выявить базовые детали.

Обычно в качестве базовой выбирается деталь класса «корпус» или «вал».

Сборка обычно начинается с установки базовой детали, которая должна обладать достаточной точностью относительно положения базовых и сопрягаемых поверхностей, необходимой устойчивостью, жесткостью и прочностью. При этом должно обеспечиваться правило минимальной смены баз.

Положение базовой детали выбирается из условий удобства сборки и доступа (в том числе и автоматического оборудования).

В первую очередь должны устанавливаться детали и узлы, выполняющие наиболее ответственные функции в изделии. При наличии в изделии связанных размерных цепей, сборку начинают с тех узлов и деталей, которые входят в большее число размерных цепей.

Возможно построение нескольких маршрутов и выбор оптимального.

Последовательность общей или узловой сборки представляют в виде технологической схемы (рисунок 1).

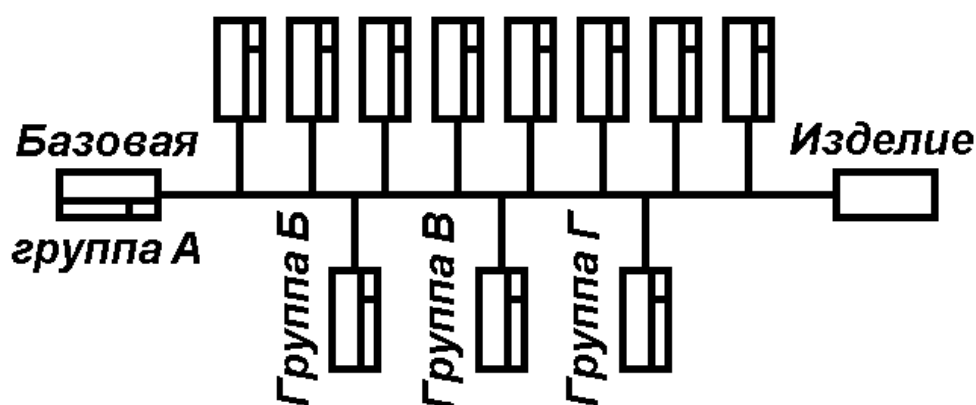


Рисунок 1. Схема сборки

Каждый элемент изделия условно обозначен на схеме прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части указывают наименование элемента, в левой нижней части — его индекс, в правой нижней части — количество собираемых элементов.

Индексы элементов соответствуют номерам деталей и узлов на чертежах и в спецификациях.

Технологические схемы отражают последовательность сборки изделия. Последовательность сборки изображается горизонтальной линией, проходящей от базового элемента к собранному изделию. На схему наносят комментарии, поясняющие характер выполняемых действий (запрессовать, контролировать момент затяжки и т.д.).

Технологические схемы сборки изделий отражают последовательность выполнения сборки узлов и изделий. При составлении схемы общей или узловой сборки обеспечивается их необходимая взаимосвязь и стыковка друг с другом. Схема сборки является основой для дальнейшего технологического проектирования.

#### 5.6.6. Разработка технологических операций

Исходными данными для разработки операций являются:

- 1 – рабочий чертеж, определяющий материал детали, конструкцию и размеры;
- 2 – технические условия на изготовление детали, характеризующие точность размеров и качество поверхностей, а также любые требования (твердость, структура, термическая обработка, балансировка, подгонка по весу);
- 3 – годовая программа выпуска (предполагаемый период выпуска).

При проектировании процессов для существующих производств, кроме того, необходимо располагать сведениями о наличии оборудования, технологической оснастки, свободных площадях и других условиях производства.

Кроме того, при проектировании используются: справочные и нормативные материалы каталогов оборудования; альбомы приспособлений; каталоги на режущий и мерительный инструмент; нормативы по расчету припусков и режимов резания и другие материалы.

В основу разработки технологических процессов закладываются два основных принципа: технический и экономический. В соответствии с техническим принципом спроектированный техпроцесс должен полностью обеспечить выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление детали.

Разработка технологических операций включает:

- построение структуры операции;
- выбор оборудования;
- выбор схемы базирования;
- расчет и назначение припусков;
- размерный анализ технологических процессов;
- выбор инструмента, его материала и технологической оснастки (при необходимости их проектирование);
- расчет режимов обработки (или назначение);
- выбор средств измерения;
- нормирование операций и назначение разряда рабочих.

Рациональное построение операции, выбор ее структуры зависит от типа и организационной формы производства и тесно связаны с выбором оборудования.

При выборе технологического оборудования надо руководствоваться стандартами ЕСТПП (группа 3), справочниками и каталогами оборудования [10], а также использовать информационно-поисковую систему Vercat [11], имеющуюся в компьютерном классе кафедры.

В отдельных случаях выполняется проектирование нестандартного технологического оборудования [12]. Этапы проектирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 Этапы проектирования и выполняемые расчеты. [12].

Этап	Выполняемая работа	Выполняемые расчеты
Заявка на проектирование	Анализ возможностей выполнения требований к качеству изделий и программе выпуска, экономической эффективности	Технологические прикидки. Ориентировочные расчеты возможных показателей производительности и эффективности
ПЗ и технические предложения	Подбор технологических методов и разработка вариантов маршрутов обработки и сборки. Формирующие совокупности структурно-компоновочных вариантов построения системы машин. Выбор оптимального варианта построения системы машин	Расчеты ожидаемой точности и длительности обработки по вариантам с учетом совмещения операций. Укрупненные расчеты ожидаемых показателей производительности и экономической эффективности по сравниваемым вариантам. Расчет и выбор оптимального варианта

Эскизный проект	Разработка кинематических схем, пневмогидравлических схем и др. Выбор типа системы и разработка блок-схемы управления	Расчеты кинематических и пневмогидравлических схем. Расчет и выбор параметров системы управления
Технический проект	Разработка инструмента, приспособлений, механических устройств управления общих видов машин, транспортно-загрузочной системы, планировки	Силовые, кинематические, прочностные, динамические, гидравлические, электротехнические расчеты
Рабочий проект	Детализовка сборочных единиц..Составление ведомости покупных изделий. Разработка маршрутной технологии. Разработка паспортной документации оценка ожидаемых технико-экономических показателей	Расчеты размерных цепей. Расчет технологических сил и времени. Уточненные расчеты ожидаемой производительности, надежности в работе и ожидаемой экономической эффективности
Изготовление и сборка	Изготовление деталей. Узловая и общая сборка	Уточнение стоимости объекта
Оценка и приемка	Проверка узлов на геометрическую точность и жесткость. Приемосдаточные испытания машин изготовителя по качеству изделий и надежности Приемосдаточные испытания у заказчика по качеству изделий, надежности и производительности.	Обработка результатов проверок, сравнение с требованиями. Обработка и обобщение результатов испытаний. Расчет фактических показателей качества изделий, производительности и надежности их в работе, сравнение их с требуемыми

Спецификой расчетов при проектировании автоматизированного оборудования является оценка вариантов по критериям производительности, надежности и экономической эффективности. Наиболее значимым является вопрос правильного выбора принципиальной схемы проектируемой машины-автомата. При этом необходимо рассмотреть все возможные варианты. Процедура формирования вариантов целесообразно выполнять в такой последовательности:

1. Составление перечня отличительных признаков, характеризующих данный объект..
2. Оценка возможных численных значений или отличий по каждому из признаков качественно и количественно.
3. Оценка совместимости частных решений по отдельным отличительным признакам.

В дальнейшем из всего множества сформированных решений должен быть выбран оптимальный вариант. В приложении 1



приведен пример компоновки автоматизированного стенда, разработанного на кафедре.

При формировании поля решений целесообразно использовать морфологическую матрицу. Поиск вариантов может быть осуществлен на основе модульной теории. Пример сетевой матрицы сборочных технологий показан на рисунке 2.

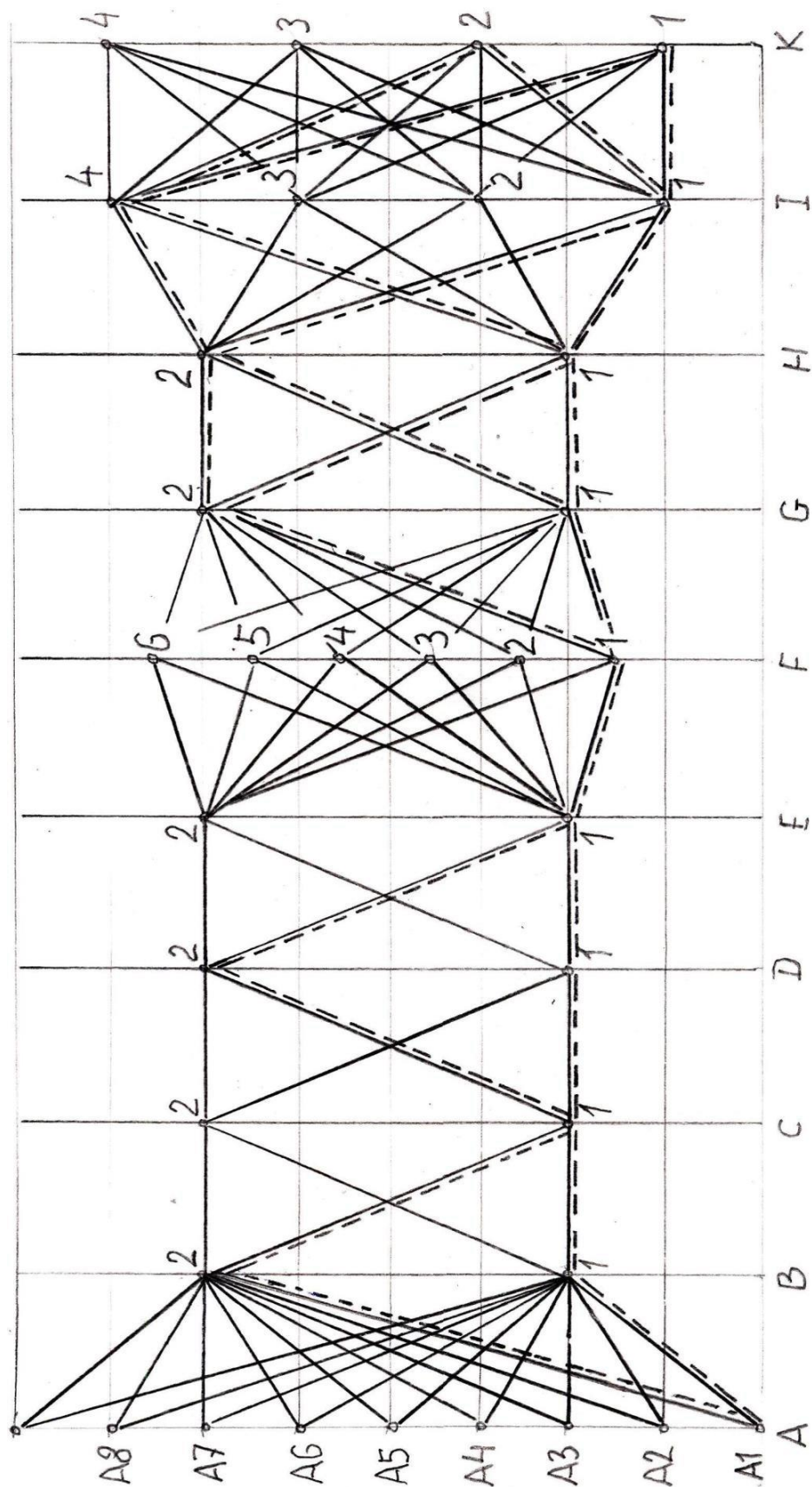


Рисунок 2. Сетевая морфологическая матрица сборочных технологий (способ сборки)

Возможные признаки и значения признаков сетевой морфологической матрицы

A—модуль соединения: цилиндрическое, коническое, «ласточкин хвост», резьбовое цилиндрическое, шпоночное, штифт, срезанный штифт, шпона на конической поверхности, шаровое соединение.

Координата B —охватываемость

B1 —охватываемая на охватывающую поверхность,

B2 —охватывающая на охватываемую поверхность.

Координата C —пространственное положение оси сборки:

C1 —вертикальное,

C2 —горизонтальное, наклонное.

Координата D —положение центра тяжести ( ЦТ) :

D1 —ЦТ в выше базовой детали,

D2 —ЦТ ниже базовой детали.

Координата E —вращение подвижной детали:

E1 —вращения нет,

E2 —вращение есть.

Координата F —виды внешнего воздействия:

F1 —гравитационное поле,

F2 —магнитное поле,

F3 —электромагнитное поле,

F4 —поле струй (газовых, жидкостных),

F5 —поле упругих сил,

F6 —комбинация полей.

Координата G —регулирование ЦТ:

G1 —регулирования нет,

G2 —регулирования есть.

Координата H —Динамичность:

H1—наложения колебаний нет,

H2—колебания наложены.

Координата I —вид схвата:

I1 —цанговый схват,

I2 —магнитный,

I3 —электромагнитный,

I4 —рычажный.

Координата К —передача энергии и управляющих сигналов на устройства (схват, механизм перемещения ЦТ, модуль вращения, систему управления):

K1 —передачи энергии нет,

K2 —контактный,

K3 —бесконтактный,

K4 —на борту комплекта ПДПО.

Матрица позволяет решать задачу генерации необходимого варианта. Задавшись любой комбинацией в обозначениях координат, расшифровывают ее вербально, получая описание устройства или способа.

Например, комбинация

A1 B1 C1 D1 E1 F1 G2 H2 I3 K4

соответствует способу сборки с регулированием ЦТ (G2), наложением колебаний (H2), электромагнитным схватом (I3), блок управления на борту комплекта ПДПО (K4).

Выбор инструмента осуществляют по доступным каталогам.[13-15], либо выполняется задание на проектирование нестандартного инструмента.

Расчет операционных припусков и размеров осуществляют для 2...3 наиболее ответственных поверхностей по методике, изложенной в .[16]. По результатам расчета уточняют размеры заготовки. Результаты сводят в таблицу.

На операции, по которым разрабатывают технологические наладки, выполняют расчет режимов резания по методике, изложенной в .[17].

При выполнении дипломных проектов по технологии сборки также выполняют расчет технологических режимов .[18,19].

В отдельных случаях может проводиться оптимизация технологических режимов по технико-экономическим критериям.

На основе выполнения расчетов принимается решение о числовых значениях режимов резания, маарах инструментальных материалов, покрытиях на инструменте и т.д.

Для одной из операций, выполняемых на станках с ЧПУ, выполняется разработка управляющей программы. В случае применения в технологической системе промышленных роботов возможно составление аналогичной управляющей программы.

Заключительным вопросом данного этапа является определение времени выполнения технологических операций. В случае применения универсального оборудования пользуются методикой [20]. В случае применения автоматического и роботизированного оборудования время выполнения операции определяют по циклограмме.[21].

#### 5.5.7. Определение годовой потребности в оборудовании

Методика расчета зависит от типа производства:

- поточное производство;
- непоточное;
- переменное-поточное.

Методики расчета количества основного технологического оборудования приведены в [22].

В условиях серийного и непоточного производства, как правило, количество оборудования определяют по приведенной программе выпуска с учетом массы изделия, серийности и сложности.

Метод проектирования по точной программе предусматривает разработку подробных технологических процессов обработки или сборки с техническим нормированием на все детали или сборочные единицы. Этот метод применяют для проектирования участков и цехов крупносерийного и массового производства.

Метод проектирования по условной программе близок к методу проектирования по приведенной программе, с той лишь разницей, что изделие-представитель является условным. По условному изделию определяется трудоемкость обработки и сборки и выполняются расчеты количества оборудования.

#### 5.5.8. Расчет точности технологического процесса

В процессе изготовления деталей и сборки изделий действуют многочисленные факторы, вызывающие геометрические погрешности, которые оказывают влияние на качество. Понимание закономерностей формирования погрешностей обработки и сборки позволяет минимизировать их влияние при проектировании технологии, а также в производстве.

Эффективным инструментом анализа являются размерные цепи [23]. Задачей технолога является выявление и расчет размерных цепей, возникающих на технологических позициях при изготовлении.

В отдельных случаях выполняют построение пространственных размерных цепей.

Большие возможности для проведения точностных расчетов открывает применение метода математического моделирования.

Все большее применение в промышленной практике находит экспериментально-статистический метод обеспечения качества поверхности деталей машин, основанный на проведении экспериментальных исследований опытных заготовок и оценке их параметров качества и эксплуатационных показателей на основе испытаний.[24].

При изготовлении деталей машин заготовки превращаются в детали при реализации техпроцессов. Таким образом, совокупность свойств, показателей и погрешностей, определяющих качество деталей, в общем виде формируются в ходе их изготовления. В настоящее время осознано, что формирование технологических процессов должно проводиться на основе закономерностей технологического наследования .[25].

#### 5.6. Научно-исследовательская часть

Данный раздел является обязательной частью дипломного проекта. Научно-исследовательская часть диплома должна содержать следующую структуру:

- а. Постановка задачи исследований.
  - б. Обзор известных методов и технических решений поставленной задачи.
  - в. Выбор метода решения.
  - г. Выполнение необходимых расчетов, проведение экспериментальных исследований, компьютерное моделирование.
- Примечание. Конкретный перечень работ выполняется по согласованию с руководителем дипломного проектирования.
- д. Обсуждение полученных результатов.
  - е. Использование полученных результатов в дипломном проектировании.

Данная часть должна органично интегрироваться в структуру работы.

В качестве тематики предлагаются возможные варианты:

- определение оптимального уровня автоматизации ТП;
- выбор принципиальной схемы автоматической линии или автомата (нестандартного технологического оборудования);

- разработка методов повышения гибкости, производительности и надежности оборудования;
- разработка и применение средств диагностики технологического оборудования и инструмента;
- разработка загрузочных, манипулирующих и ориентирующих систем;
- выбор необходимого типажа и номенклатуры станков с ЧПУ и обрабатывающих центров;
- программирование технологического оборудования;
- моделирование работы технологической системы
- оптимизация технологических режимов работы по технико-экономическим признакам;
- исследование работоспособности автоматизированного технологического оборудования;
- применение принципов поточно-массового производства при серийной обработке и сборке;
- выбор оптимального объема партии при многономенклатурном производстве;
- обеспечение технологичности изделий в автоматизированном производстве;
- исследование реконфигурируемых технологических систем;
- дистанционное управление оборудованием;
- интеллектуальные промышленные роботы и роботы с адаптацией;
- использование различных физико-технических эффектов при обработке и сборке;
- применение генетических алгоритмов в технологических системах;
- применение лазерных систем измерений в современном оборудовании;
- технологии управления технологическим оборудованием на основе Интернета.

В исследовательской части дипломного проекта могут рассматриваться и другие вопросы, лежащие в предметной области специальности.

Результаты экспериментальных исследований оформляются в виде графиков, диаграмм, таблиц, фото, осциллограмм, эмпирических зависимостей. В приложении представляются протоколы экспериментов.

### 5.7. Специальные средства технологического оснащения.

Разработка специальных средств технологического оснащения (СТО) является обязательной частью каждой выпускной работы. Технические требования устанавливаются заданием на выпускную работу. Конструкции всех разработок должны быть прогрессивными, технологичными, надежными в эксплуатации и экономичными. В ряде случаев эффективен модульный подход к проектированию.

К средствам технологического оснащения относят технологическое оборудование, оснастку, средства механизации и автоматизации производственных процессов.

На данном этапе выполняются следующие работы .[23];

- а).разработка технического задания на проектирование нестандартного оборудования;
- б) проектирование специальной технологической оснастки;
- в) выбор универсального оснащения;
- г) проектирование и выбор СТО процессов контроля;
- д) проектирование и выбор вспомогательной технологической оснастки;

При ТПП, как правило, проектируют нестандартную технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственных процессов.

Выбор СТО осуществляется в следующей последовательности:

- а)определяют точное название СТО. Для оборудования – группу и тип;
- б)формируют основные требования (ключ поиска) к искомому СТО;
- в)выполняют поиск в соответствии с требованиями (ключом поиска);
- г) оформляют заказ на приобретение найденного СТО.

Исходные данные для поиска содержатся в техническом задании на СТО. При поиске, как правило, проводят сравнение вариантов и выбор наилучшего.

Выбор оборудования проводят по главному параметру, то есть в наибольшей степени соответствующий его функциональному назначению и техническим возможностям.

Выбор технологической оснастки осуществляется в следующей последовательности:



- а).проведение анализа характеристик, технологических организационных условий изготовления (схема базирования и закрепления, вид технологической операции, организационная форма процесса изготовления и т.д.);
- б)группирование технологических операций;
- в)определение требований к технологической оснастке;
- г) выбор конструкции оснастки.

При выборе технологической оснастки широко используют альбомы типовых конструкций, каталоги, паспорта на технологическое оборудование, методические материалы.

Реализация на производстве технологического контроля и управления требует создания специальных средств. К ним относятся приборы активного контроля, различные датчики, средства диагностики технологического оборудования и инструмента, экспертные системы поиска неисправностей, контроллеры, системы управления и т.д.

В ходе выполнения функции контроля и управлении технологическим процессом разрабатывают и внедряют мероприятия, обеспечивающие устранение дестабилизирующего действия факторов и приведения к заданным значениям тех параметров качества изделий, отклонении которых превышают допустимые.

Сложные устройства, системы управления и алгоритмы их работы могут быть отображены в графической части дипломного проекта.

#### 5.8. Заключение

В заключении приводятся основные результаты и выводы по работе, дается их технико-экономическая оценка. Дается краткое описание принятых технических и технологических решений и какой эффект они позволяют достичь.

Основное внимание уделяется научно-исследовательской части и оригинальным разработкам автора.

#### 5.9. Приложения

В приложениях приводятся: технологическая документация, спецификации по технологическому оснащению, протоколы наблюдений и экспериментов, результаты расчетов на компьютере и т.д.

### **6. Содержание графической части работы**

За норму для выпускной работы принято содержание, приведенное в пункте 3.2.2, но в зависимости от специфики выпускной работы эта норма может корректироваться по согласованию с руководителем.

Содержание графических материалов по научно-исследовательской части определяется темой исследования и может быть представлено в виде схемы экспериментальной установки, графиков, таблиц с результатами, алгоритмов, программ и т.д. Материалы обзорного характера на листы не выносятся.

Возможным вариантом является представление чертежей нестандартного технологического оборудования, структурных схем автоматических линий, компоновок производственных систем и позиций.

### **7. Оформление выпускной работы**

Выпускная работа должна быть выполнена в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП. Кроме того, обязательно должны учитываться требования методических указаний кафедры.[26].

### **Рекомендуемая литература**

1. Автоматические манипуляторы и робототехнические системы. Робототехника М., Машиностроение, 1984 – 281 с.
2. Инструкция по оценке экономической эффективности создания и использования автоматических манипуляторов с программным управлением /промышленных роботов/ М., НИИМаш, 1983 – 99 с.
3. Козырев В. Г. Промышленные роботы: Справочник М., Машиностроение, 1983 – 374 с.
4. Методика определения потребности станкозаводов в промышленных роботах и технических процессах с использованием промышленных роботов /для механообрабатывающего производства/ РТМ Н40-2-83 М., НИИМаш, 1983 – 32 с.
5. Методические указания. Общие положения роботизации. РД50-355-82 М., Издательство стандартов, 1983 – 8 с.

6. Методические указания. Правила организации работ по роботизации производственных процессов РД50-356-82 М., Издательство стандартов, 1983 – 8 с.
7. Промышленные роботы и манипуляторы с ручным управлением. Каталог М., НИИМаш, 1982 – 101 с.
8. Роботизированные комплексы оборудования – робот стран - членов СЭВ М., НИИМаш, 1984 – 171 с.
9. Создание механообрабатывающих роботизированных технологических комплексов /гибких производственных модулей, линий, участков/ на базе типажа промышленных роботов Минстанкопрома. Методические рекомендации М., НИИМаш, 1984 – 56 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т., т. 1 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М., Машиностроение, 1986 – 656 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т., т.2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. И доп. – М., Машиностроение, 1986 – 496 с.
12. Обработка металлов резанием. Справочник технолога /А. А. Панов, В. В. Аникин, П. Г. Бойм и др.; Под общей ред. А. А. Панова – М., Машиностроение, 1988 – 736 с.
13. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей, учебное пособие для технических вузов /Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов и др.; Под общей ред. Ю. М. Соломенцева – М., Машиностроение, 1986–140 с.
14. Инструкция по оценке экономической эффективности создания и использования автоматических манипуляторов с программным управлением /ПР/. ЭНИМС, НИИМаш, М., 1983.
15. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учебное пособие для втузов /Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов и др.; Под общ. Ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989–192 с.
16. Механика промышленных роботов: Учебное пособие для втузов: В 3 кн. /Под ред. К. В. Фролова, Е. Н. Воробьева. Кн. 3: Основы конструирования/ Е. И. Воробьев, Д. Вв. Бабич, К. П. Жуков и др. – М.: Высшая школа, 1989 – 383 с.
17. Гибкие производственные комплексы Под ред. Б. П. Беянина и В. А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1984 – 384 с.

Учебное издание

Вартанов Михаил Владимирович

Бухтеева Ирина Викторовна

**Методические указания для выполнения  
выпускной квалификационной работы  
для студентов специальности 151701.65  
«Проектирование технологических машин и комплексов»**

Методические указания под редакцией авторов

Оригинал-макет подготовлен редакционно-издательским  
отделом Университета машиностроения

По тематическому плану внутривузовских изданий  
учебной литературы на 2016 г.

Подписано в печать \_\_\_\_\_ формат

Университет машиностроения  
107023, г. Москва, Б. Семеновская ул., 38