

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

**Методические рекомендации**  
к выполнению курсового проекта по дисциплине  
**«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ»**

Направление подготовки: 15.04.05. – Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительного производства

Составитель:  
профессор кафедры ТМС Гусев В.Г.

Владимир, 2016

## Оглавление

1. Цель и задачи выполнения курсового проекта.....	2
2. Общие сведения о курсовом проектировании.....	3
3. Темы курсового проекта и его научно-исследовательской части.....	3
4. Структура, содержание и объем курсового проекта.....	4
5. Требования к курсовому проекту и порядок его выполнения.....	6
6. Руководство курсовым проектированием.....	15
7. Защита курсового проекта.....	16
8. Критерии оценки курсового проекта.....	16
Список рекомендованной литературы.....	17
Приложение. Пример выполнения и оформления расчетно-пояснительной записки курсового проекта.....	19

### 1. Цель и задачи выполнения курсового проекта

**Цель курсового проекта:** закрепление и углубление знаний магистров в области специальных дисциплин, приобретение навыков проектирования технологии механической обработки деталей средней сложности в условиях автоматизированного производства на современных многофункциональных токарных, фрезерных станках с ЧПУ, а также обрабатывающих центрах с ЧПУ, в разработке технологических процессов и операций, их оформлении в соответствии с существующей нормативной документацией.

**Задачи курсового проекта** в практическом освоении методик:

- определения типа производства;
- технико-экономические обоснования выбора заготовки;
- обоснования выбора станков с ЧПУ и обрабатывающих центров с ЧПУ;
- анализа технологичности конструкции детали;
- критического анализа действующего в условиях производства;
- проведения патентного поиска;
- разработки маршрутной и операционной технологии обработки детали;
- проектирования станочного приспособления для выполнения на станке с ЧПУ наиболее ответственных поверхностей детали;
- оформления технологического процесса механической обработки детали на станке с ЧПУ в соответствии с существующими стандартами%
- разработки технологических наладок обработки детали на станке с ЧПУ;

- расчета режимов резания и нормирования технологических операций на станках с ЧПУ.

## **2. Общие сведения о курсовом проектировании**

Курсовой проект выполняется в соответствии с государственным стандартом специалиста, требованиями методических указаний выпускающей кафедры по курсовому проектированию. Курсовой проект является самостоятельной работой магистранта в области машиностроения и характеризует уровень его подготовки к деятельности как технолога.

На выполнение курсового проекта по учебному плану отводится один семестр. Курсовой проект разрабатывается на основе конкретных заводских материалов, собранных магистрантом, а также литературных источников и должен отражать современные достижения науки и техники.

## **3. Темы курсового проекта и его научно-исследовательской части**

Рекомендуется разрабатывать тематику курсовых проектов исходя из запросов машиностроительных предприятий.

Тема курсового проекта формулируется следующим образом: «Разработка технологического процесса механической обработки детали (указывается название и шифр детали и программа выпуска в год)». Отличие тем КП магистрантов заключается в названии детали, её шифре и годовой программе выпуска. Конструкция детали, тип производства определяют специфику технологических и технических решений и применяемое современное оборудование с ЧПУ.

Для научно-исследовательской части курсового проекта рекомендуется следующая тематика:

1. Анализ точности операций механической обработки и сборки деталей и пути ее повышения.
2. Влияние режимов обработки на качественные показатели поверхностного слоя детали.
3. Влияние геометрии режущего инструмента на выходные параметры обработки.
4. Повышение производительности технологических операций применением новых режущих инструментов, эффективной технологической оснастки.

5. Анализ точности специфических операций, например, турбо-абразивной, пластическим деформированием (обкаткой, раскаткой) и т.п.
6. Разработка новых конструкций лезвийных и абразивных инструментов.
7. Исследование износа режущего инструмента и влияние его на точность обработки.
8. Влияние тепловых деформаций технологической системы на точность деталей.
9. Способы и устройства для очистки рабочих жидкостей от примесей, используемых при электроэрозионной обработке.
10. Анализ точности и шероховатости деталей после высокоэффективной технологической операции на основе кривых нормального распределения.
11. Оптимизация режимов операций высокоэффективных методов обработки.
12. Исследование взаимосвязей операций и технологической наследственности.
13. Изучение причин возникновения погрешностей обработки на операциях и разработка мероприятий по их устранению и др.

#### **4. Структура, содержание и объем курсового проекта**

Курсовой проект по дисциплине «Технология обработки деталей на станках с ЧПУ» выполняется в 3-ем семестре. Он включает в себя общую, технологическую, конструкторскую, научно-исследовательскую части, а также патентные исследования, при этом технологическая часть составляет 40 – 50% всего объема курсового проекта; конструкторская часть – 20-25%; патентные исследования – 10-15%, научно-исследовательская часть – 10-20%.

Курсовой проект должен содержать пояснительную записку в объеме 40 – 50 страниц, чертежи оснастки и графики по исследовательской части, 5 листов графической части формата А3 [1 – 3]. Курсовой проект выполняется в соответствии с настоящими методическими рекомендациями и требованиями ГОСТ на ЕСКД и ЕСТД.

Следует отметить, что приведенное выше распределение объемов работ по частям проекта является ориентировочным и подлежит точному определению при составлении задания на курсовое проектирование, в котором конкретизируется содержание каждой части проекта.

Крупная тема реальных курсовых проектов может выдаваться одновременно нескольким магистрантам. В этом случае каждый магистрант получает индивидуальное задание, включающее часть разделов общей темы, разрабатывает чертежи, выполняет

необходимые расчеты, оформляет расчетно-пояснительную записку и защищает проект индивидуально. Работу магистрантов в данном случае должен координировать один руководитель.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки, объем которой не должен превышать 60 страниц машинописного текста (кегель - 14, межстрочный интервал – 1,5; левое поле – 30, правое -10, верхнее и нижнее – 20 мм) не считая списка использованных источников, иллюстраций, приложений и графических материалов. Спецификации разработанных узлов и механизмов выполняются на листах формата А4 в соответствии с ЕСКД и помещаются как приложение в конце расчетно-пояснительной записки.

Пояснительная записка должна включать в себя титульный лист, задание на курсовой проект, оглавление, введение, общую часть, патентные исследования, научно-исследовательскую, технологическую, конструкторскую части, список использованных источников и приложения.

Приведенная последовательность разделов пояснительной записки может быть изменена в зависимости от особенностей конкретной темы.

Графические материалы технологического курсового проекта составляют 5 – 6 листов ватмана формата А3 и включают в себя следующие чертежи:

- по технологической части 2 листа формата А3, в том числе инструментальные наладки, геометрический план обработки, управляющая программа для обработки детали с использованием устройства числового программного управления, эквидистанта движения режущего инструмента и др.;
- по конструкторской части 1 лист формата А3, в том числе рабочие чертежи приспособления для установки и закрепления обрабатываемой заготовки с технологическими требованиями и характеристикой;
- по разделу «Патентные исследования» – 1 лист формата А3 – схемы известных технических решений (аналогов) по патентам, авторским свидетельствам в области новых методов обработки, конструкций режущих инструментов, износостойких покрытий их режущей поверхности и др.;
- по научно-исследовательской части 1 – 2 листа формата А3, в том числе расчетные схемы новых перспективных инструментов для предварительной и окончательной обработки; основные математические формулы, использованные для расчета параметров, результаты расчета; графики, характеризующие производительность обработки, качественные показатели поверхностного слоя, физику протекания процесса обработки и т.п.

Титульный лист представляет собой бланк установленной формы, который представлен на сайте кафедры ТМС, подписывается после выполнения магистрантом,

руководителем проекта. Задание на курсовое проектирование, составленное руководителем проекта, выдается магистранту на первой неделе учебных занятий семестра, в котором выполняется проект. Все разделы задания должны быть заполнены и максимально конкретизированы. Задание на курсовое проектирование подписывается магистрантом, руководителем проекта и утверждается заведующим выпускающей кафедры.

## 5. Требования к курсовому проекту и порядок его выполнения

Курсовой проект начинается с титульного листа, задания на КП, оглавления и введения (не более 3 – 5 страниц), в котором приводится обоснование актуальности разрабатываемой темы для конкретного производства.

**При выполнении общей** части курсового проекта требуется описать служебное назначение детали, охарактеризовать технологические требования к ней, привести характеристику химического состава материала, из которого деталь изготавливается, а также исходные данные для проектирования и их анализ.

Исходными данными для выполнения курсового проекта являются:

- рабочий чертеж детали с техническими требованиями, на которую разрабатывается технология обработки;
- годовая производственная программа выпуска изделий, в которую входит изготавливаемая в цехе деталь с учетом запасных частей;
- заводской технологический процесс обработки детали.

Необходимо иметь данные по трудоемкости выполнения каждой операции заводских процессов, а также знать коэффициенты загрузки оборудования и коэффициенты использования материалов и прейскуранты цен на материалы. Требуется собрать научно-техническую, патентную литературу, справочные и нормативные материалы по теме курсового проекта, а также иметь методические указания по выполнению курсового проекта.

**Курсовой должен быть как бумажном, так и электронном виде.** Это часть портфолио магистранта. **На титульном листе обязательны подписи членов комиссии,** принимавших курсовые проекты в соответствии с распоряжением кафедры. В пояснительную записку обязательно **должен быть вложен отчет о проверке на плагиат** (скрин шот из личного кабинета магистранта). Оригинальность текста должна составлять не менее 75%. В начале курсового проектирования магистрант изучает рабочий чертеж детали, чертеж узла, в который данная деталь входит.

На этой стадии выполнения курсового проекта необходимо [1, 2]:

- выяснить, какому узлу принадлежит деталь;
- изучить служебное назначение машины и узла;
- разобраться в конструкции узла, детали и понять их роль в работе машины;
- перейти от параметров служебного назначения узла к параметрам служебного назначения детали;
- критически проанализировать соответствие технических условий, приведенных в рабочем чертеже детали, ее служебному назначению;
- определить задачи, которые необходимо решить в процессе изготовления детали;
- сформулировать конкретные задачи, решение которых будет дано в курсовом проекте.

При выполнении технологической части курсового проекта необходимо выполнить следующие основные этапы: определение типа и организационной формы производства, анализ технологичности детали, анализ базового технологического процесса, выбор метода получения заготовки, выбор технологических баз, составление технологического маршрута обработки, выбор оборудования, разработка технологических операций, расчет припусков, выбор режимов и нормирование операций.

Тип производства магистрант определяет на основании расчета коэффициента закрепления операций [13, 15 – 17]. Значение коэффициента закрепления операций в курсовом проекте следует определять дважды: предварительно в начале курсового проектирования – при ориентировочном выборе типа производства и окончательно – после разработки операционной технологии.

**При отработке деталей на технологичность** магистранту требуется провести как качественную, так и количественную оценку технологичности конструкции детали [11, 16, 17].

Методика определения показателей технологичности согласно ГОСТам 14.201-83 и 14.205-83. Если деталь нетехнологична для заданного объема выпуска изделий, магистрант предлагает конкретные пути повышения ее технологичности.

**Анализ базового варианта технологического процесса** должен включать такие основные вопросы: обоснование установленной общей последовательности обработки; метод получения заготовки; методы упрочнения детали; рациональность использования станочного оборудования; автоматизация технологического процесса, брак при обработке и причины его возникновения.

Проектанту необходимо при анализе базового варианта обратить внимание на то, что повышение производительности и снижение себестоимости изделий (деталей) достигается:

сокращением затрат на основные материалы; уменьшением основного технологического и вспомогательного времени при выполнении технологических операций.

**Для оценки метода получения заготовки**, правильности использования станочного оборудования, коэффициента его загрузки можно использовать [16]. При анализе схем базирования и возникающих при базировании погрешностей необходимо выявить, соблюдается ли постоянство и совмещение баз; определить погрешность базирования заготовки [15 – 17] и принять технологическое решение по ее уменьшению.

Учет и анализ причин брака может быть получен по данным ОТК базового предприятия или путем непосредственного наблюдения за выполнением операций технологического процесса и контроля качества продукции. Особое внимание следует обратить на выявление причин брака и разработку мероприятий по его предупреждению.

Целесообразность применения того или иного вида приспособлений при обработке данной детали по базовому варианту может быть проанализирована по методике, изложенной в [7, 10].

Время, затрачиваемое на установку и снятие, закрепление и раскрепление заготовки, определяется по нормативам вспомогательного времени [15] или путем хронометража на рабочем месте.

При анализе средств технического контроля (измерительных инструментов и приспособлений) необходимо сопоставить погрешность их измерения с допуском на выполняемый размер. Погрешность измерения не должна превышать 10% допуска на измеряемый размер. Время на одно измерение, характеризующее производительность контроля, принимается по нормативам вспомогательного времени.

В результате проведенного анализа магистрант выявляет недостатки существующего технологического процесса, которые будут устранены при разработке нового технологического процесса обработки детали.

В курсовом проекте **метод получения заготовок** определяется назначением и конструкцией детали, ее материалом, служебным назначением, техническими требованиями, программой выпуска и типом производства.

Проектант должен провести анализ существующих способов изготовления заготовок деталей данного конструктивно-технологического класса.

Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки проводится аналогично существующему на данном производстве. Возможен выбор нового метода получения заготовки, не требующего изменений в технологическом процессе механической обработки, либо метод получения заготовки, требующий при дальнейшей механической обработке изменений ряда технологических операций [16].

В первом случае ограничиваются ссылкой на справочную литературу, в которой этот вариант рекомендуется.

Во втором случае предпочтение отдается методу получения заготовки, характеризующемуся лучшим использованием материала и меньшей стоимостью последующей механической обработки. Методика определения стоимости заготовки приведена в источниках [1. 2].

Окончательное решение о выборе метода получения заготовки принимают после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение отдается методу получения заготовки, который обеспечивает наименьшую технологическую себестоимость детали.

Если сопоставляемые варианты по технологической себестоимости оказываются равноценными, то предпочтение отдается варианту с более высоким коэффициентом использования материала.

**Вопрос о выборе технологических баз** решается в самом начале проектирования технологического процесса одновременно с вопросом о последовательности и видах обработки отдельных поверхностей заготовки [11, 15, 16].

При выборе технологических баз руководствуются следующими общими положениями [1, 2, 11, 15]:

- при обработке заготовок, полученных литьем или штамповкой, необработанные поверхности можно использовать в качестве баз только на первой операции;
- при обработке всех поверхностей заготовки в качестве технологических баз на первой операции целесообразно использовать поверхности с наименьшими припусками. Этим снижается вероятность появления необработанных участков заготовки при дальнейшей обработке;
- для заготовок, у которых обрабатываются не все поверхности, в качестве технологических баз на первой операции используют поверхности, которые вообще не обрабатываются. Это обеспечивает наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных;
- при прочих равных условиях наибольшая точность обработки достигается при использовании на всех операциях одних и тех же баз, т.е. при соблюдении принципа постоянства баз;
- следует стремиться к совмещению технологических, измерительных, конструкторских и сборочных баз. В этом случае достигается наиболее высокая точность.

Каждый выбранный комплект технологических баз должен сопровождаться расчетом погрешности установки и оценкой возможности достижения заданной точности.

Рекомендации по выбору комплектов базовых поверхностей для деталей различных классов приведены в [11].

Особое внимание следует уделять выбору базовых поверхностей на 1-й операции (черновые базы). К этим поверхностям должны быть предъявлены повышенные требования при получении заготовки. Рекомендуется выбирать поверхности, имеющие наибольшую точность у детали, или поверхности, не подвергающиеся обработке. На черновые базы заготовка может быть установлена только один раз. В некоторых случаях выбор комплекта баз для 1-й операции обосновывается расчетом, когда предлагается несколько вариантов базирования. Для каждого из выбранных вариантов базирования рассчитывается погрешность обработки исполняемых на этой операции размеров [11]. Оценку точности базирования при выполнении каждой операции рекомендуется проводить по методике [15].

**Выбор метода обработки** имеет целью обеспечить наиболее рациональный процесс обработки заготовки. В зависимости от требований, предъявляемых к точности размеров, формы, расположения и параметра шероховатости поверхностей с учетом ее размеров, массы и конфигурации, типа производства выбирают один или несколько возможных методов обработки поверхностей с помощью таблиц средней экономической точности обработки [17].

Выбор основных технологических операций должен быть обоснован расчетами производительности и экономичности по технологической себестоимости.

Важной задачей проектирования является составление общего плана обработки детали и описание содержания операций технологического процесса. Маршрут изготовления детали устанавливает последовательность выполнения технологических операций.

**При разработке технологического маршрута** необходимо учитывать требования к взаимному расположению поверхностей. Если, например, предъявляются высокие требования к отклонению от соосности поверхностей вращения, следует стремиться к их обработке на одной операции с одной установки и закрепления.

Построение технологического маршрута обработки во многом определяется конструктивно-технологическими особенностями детали, в том числе требованиями, предъявляемыми к точности ее основных и вспомогательных баз. Разработка технологического маршрута обработки существенно облегчается при использовании типовых технологических процессов на данную группу деталей.

Примеры выбора варианта маршрута технологического процесса с анализом схемы базирования и точности обработки заготовки приведены в учебном пособии [16]. Описание содержания переходов в технологических операциях должно соответствовать требованиям ГОСТ 3.702-79.

При составлении общего маршрута изготовления детали выполняется выбор оборудования и оснастки.

**Выбор оборудования с ЧПУ** зависит от конструктивных особенностей и размеров детали, технических требований, требований к точности, шероховатости, расположению обрабатываемых поверхностей, типа производства. Общие правила выбора технологического оборудования установлены ГОСТ 14.304-73, а выбор станков с ЧПУ – [10].

Группа оборудования выбирается при назначении вида обработки поверхности, обеспечивающего выполнение технических требований к ней. Для каждой технологической операции указывается, на каком станке будет выполняться данная операция. При этом должна быть приведена краткая характеристика станка: его наименование, модель, основные размеры и мощность.

По своей технической характеристике выбранный станок должен отвечать следующим требованиям: рабочая зона (высота центров, расстояние между центрами, размеры стола и т.п.) должны обеспечивать обработку заготовок с заданными габаритными размерами; мощность, жесткость и кинематические возможности должны позволять вести работу на оптимальных режимах; производительность должна соответствовать заданному объему выпуска деталей.

Решающим фактором при выборе того или иного станка с ЧПУ является экономичность процесса обработки. Выбор технологического оборудования основывается на анализе затрат, связанных с реализацией технологического процесса. Выбор технологической оснастки (приспособлений, режущих инструментов, средств контроля) определяется в значительной степени типом производства и принятым станочным оборудованием. Эти вопросы изложены в учебном пособии [9].

**При разработке технологических операций** наиболее подробно разрабатываются основные операции механической обработки. Раскрывается роль операций технологического процесса обработки детали, их физическая особенность, разрабатывается геометрический план обработки, эквидистанта относительного движения, инструмента и заготовки, карта расчета узловых точек эквидистанты, карта кодирования, описываются технологические команды, составляется рабочая управляющая программа для обработки детали, описываются технологические возможности устройства числового программного управления, определяются припуски на обработку, выбираются режимы и, наконец, выполняют нормирование операций. Производительность технологических операций в значительной степени зависит от режимов резания, количества переходов и рабочих ходов, последовательности их выполнения. При решении этого вопроса следует пользоваться источниками [9, 15].

Расчет припусков, режимы резания и техническое нормирование выполняются по [12, 15]. После выполнения этих расчетов разрабатываются инструментальные наладки в соответствии с рекомендациями, приведенными в [1, 2, 11]. При этом обрабатываемая заготовка изображается в таком виде, какой она имеет вид после механической или физико-технической обработки. Режущий инструмент вычерчивают в конце рабочего хода, на обрабатываемые поверхности наносят выдерживаемые размеры с допусками, шероховатость и др. технологические требования. Обработанные поверхности изображают жирными контурными линиями, наносят рабочие движения инструмента и заготовки.

**При выполнении раздела «Патентные исследования»** проводится поиск решений по выбранной теме, выполненных в основных промышленно развитых странах (РФ, США, ФРГ, Франция, Великобритания, Италия, Япония) за последние пять лет по патентной литературе (бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки», описания изобретений к авторским свидетельствам, реферативный журнал «Изобретения стран мира» и т.п.) и научно-технической литературе. Проводится сравнительный анализ найденных решений и выбор наиболее эффективного решения в условиях, оговоренных заданием, для использования в разрабатываемом курсовом проекте или в качестве прототипа для создания собственного изобретения.

По результатам патентных исследований этот раздел оформляется в виде задания на проведение патентного поиска, справки о результатах его проведения и патентного обзора [1, 2]. В конце раздела «Патентные исследования» магистрант указывает, какое из проанализированных изобретений и технических решений будет использовано и принято к разработке в курсовом проекте.

Патентные материалы изучают путем просмотра фондов опубликованных описаний на изобретения, патенты. Изучение патентных материалов начинают с определения регламента патентного поиска.

Наиболее полными и оперативными источниками информации при патентном поиске являются:

- официальные патентные бюллетени России: «Изобретения», «Полезные модели. Промышленные образцы», публикующие формулу изобретения, полезной модели, а также реферат заявок на изобретения, подаваемых в Российское патентное ведомство.
- реферативный журнал «Изобретения стран мира» (издания ВНИИПИ), публикующий рефераты к патентам и заявкам ведущих стран мира (США, Германии, Японии, Великобритании, Франции) по соответствующим тематическим направлениям;
- реферативный журнал «Технология машиностроения», публикующий рефераты к патентам и заявкам стран мира, а также рефераты обзоров, статей и рекламных материалов;

Патентная информация находится в областной библиотеке, центре научно-технической информации и библиотеке ВлГУ.

**Оформление раздела «Патентные исследования»** начинается с формулировки задания на патентный поиск. В задании указывается наименование темы, которая должна определять предмет поиска, цель поиска, регламент поиска; дата начала и окончания поиска, глубина (ретроспектива в годах) поиска. В задании должна быть подпись руководителя проекта.

Документальное оформление патентных исследований в курсовом проекте включает задание на патентный поиск, справку о результатах патентного поиска и патентный обзор. Справка о результатах патентного поиска заполняется по окончании поиска. Регламент поиска указывается в задании, которое может быть составлено в произвольной форме. Допускается представить также отчет о патентных исследованиях. Справка о результатах патентного поиска оформляется в виде таблицы (см. пример выполнения курсового проекта).

Патентный обзор содержит краткое описание выявленных аналогов с указанием их преимуществ и недостатков. Достаточно привести описание 3 – 4 изобретений, наиболее близких к разрабатываемой теме.

Патентный обзор содержит краткое описание существа изобретений: область применения, устройство, принцип работы и достоинства. На основе анализа магистрант определяет недостатки изобретений и после сравнения 3 – 4 изобретений, наиболее близких к теме курсового проекта, выбирает изобретение для разработки в научно-исследовательской части проекта.

Каждый курсовой проект должен включать элементы научного исследования теоретического, экспериментального или реферативного характера. Объем научно-исследовательских разработок в курсовых проектах составляет примерно 10-20% от всего объема проекта.

Научно-исследовательская часть курсового проекта строится на базе исследований, выполненных магистрантом, должна быть органично связана с темой курсового проекта, направлена на обоснование принятых решений и представлена в графической части и пояснительной записке.

Основная задача проводимых исследований – научить магистрантов творчески решать инженерные задачи, применяя современные методы и средства экспериментирования, ознакомить их с главными этапами научной работы от постановки задачи до оформления отчета.

При оформлении работы магистрант с помощью руководителя курсового проекта должен сформулировать цель и задачи научно-исследовательской работы, подобрать и

изучить научно-техническую литературу, провести аналитический обзор работ по выбранной теме, показать актуальность темы НИР и ее связь с темой курсового проекта.

Основные результаты исследований в виде графиков, диаграмм, схем и чертежей приводятся на листах графической части дипломного проекта.

**Конструкторская часть курсового проекта** составляет 20 – 25% всего объема проекта и содержит 1 лист чертежей технологической оснастки станочного приспособления и соответствующую часть расчетно-пояснительной записки с силовыми и точностными расчетами станочного приспособления, необходимыми выводами и обоснованиями.

В этом разделе приводится описание контрольно-измерительного приспособления.

Чертежи разработанных конструкций выполняются в общем виде без детализации в необходимом количестве проекций со всеми необходимыми сечениями и разрезами. На чертежах указываются габаритные, присоединительные, межосевые, посадочные и эксплуатационные размеры с обозначением допусков и посадок по стандартам СЭВ.

Приводятся технические характеристики разработанных конструкций и предъявляемые к ним требования. При разработке технических требований к станочному приспособлению необходимо в первую очередь рассмотреть поверхности приспособления, которые должны обеспечить однозначное пространственное положение заготовки на станке. Это касается не только поверхностей, которые контактируют с технологическими базами заготовки, но поверхностей приспособления, определяющих пространственное положение самого приспособления на рабочем столе станка. В приложениях к расчетно-пояснительной записке приводятся спецификации узлов и деталей этих конструкций на бланках по ГОСТ 2.108-68. При нанесении на сборочный чертеж номеров деталей нужно руководствоваться ГОСТ 2.108-68. Номера деталей следует располагать последовательно и начинать с основных деталей узлов.

Проектирование станочных приспособлений, силовой, точностной их расчет рекомендуется проводить по [7].

**Расчет на ЭВМ** является обязательным элементом курсового проекта. Объем этого раздела зависит от сложности поставленной перед магистрантом задачи и определяется уровнем подготовленности его в области программирования, прикладной математики, САПР ТП, технологии машиностроения и т.д. Как правило, материалы по этому вопросу представляются в пояснительной записке.

При использовании ЭВМ магистрантом может быть избран один из двух вариантов: воспользоваться готовыми программами, имеющимися в вычислительных центрах (ВЦ) предприятий и организаций, где он работает или проходил технологическую практику, или

разработать самостоятельно простую или средней сложности программу и получить с ее помощью необходимые результаты.

В первом случае магистрант должен представить в пояснительной записке (ПЗ) подробное назначение программы или комплекса программ, инструкцию по подготовке исходных данных, указать модель ЭВМ и привести анализ полученных результатов.

Таким путем решаются достаточно сложные вопросы: размерный анализ технологических процессов, проектирование маршрутных и операционных технологических процессов, элементы САПР приспособлений или сложного режущего инструмента и т.д.

Тематика задач, решаемых во втором случае, достаточно широка: технологические расчеты точности обработки, припусков, режимов резания и норм времени, выбора заготовок, количества оборудования и его загрузки, количества рабочих и т.д.), конструкторские расчеты (расчеты на прочность, жесткость, виброустойчивость и др.) элементов станочных приспособлений, точностные и силовые расчеты приспособлений и пр.

Решение задачи должно состоять из следующих этапов:

1. Постановка задачи.
2. Разработка блок-схемы алгоритма.
3. Запись алгоритма решения задачи на алгоритмическом языке (составление программы для ЭВМ).
4. Решение контрольного примера для проверки программы.
5. Решение задачи.
6. Анализ результатов решения и выводы.

Изображение блок-схемы алгоритма должно удовлетворять требованиям стандартов единой системы программной документации (ЕСПД).

Рекомендуется диалоговый режим ввода исходных данных. Отладка программы, решение контрольных примеров, решение задачи могут быть выполнены на вычислительной технике выпускающей кафедры.

В приложениях к пояснительной записке должна быть представлена распечатка текста программы с необходимыми пояснениями, а в записке – распечатка с результатами расчета. Здесь также можно использовать для расчетов готовые программы. Кафедра ТМС располагает программами расчета припусков, режимов резания и др.

Важным этапом курсового проектирования является разработка управляющей программы для обработки ответственных поверхностей детали.

При выполнении этой работы следует изучить коды программирования, структуру управляющей программы, методику программирования постоянных циклов обработки и др. макросов по источникам [4 – 6, 10, 13 и 14].

Разработка управляющей программы должна проводиться для конкретного программного обеспечения и станка с ЧПУ.

## **6. Руководство курсовым проектированием**

Курсовым проектированием руководят назначенные преподаватели выпускающей кафедры «Технология машиностроения».

Руководитель курсового проекта контролирует работу над проектом, рекомендует основную литературу, систематически проводит консультации (не реже одного раза в неделю), проверяет ход работы, ориентирует магистранта на самостоятельный поиск литературы, сведений об изобретениях, патентах, проектной и другой документации.

Магистрант должен не реже одного раза в неделю докладывать руководителю о ходе работы над проектом и получать консультации по его выполнению.

Ответственность за правильность расчетов и принятых в курсовом проекте решений несет магистрант.

Нормоконтроль курсового проекта осуществляется руководителем курсового проектирования или другим преподавателем, назначаемым выпускающей кафедрой.

Нормоконтроль осуществляется как в ходе проектирования, так и выполнения проекта.

## **7. Защита курсового проекта**

Магистрант представляет пояснительную записку, комплект документов «Технологический процесс (ТП) обработки детали» на стандартных бланках и чертежи руководителю курсового проектирования, который подписывает графическую часть проекта, пояснительную записку и ТП и назначает срок защиты проекта.

При защите магистрант докладывает по чертежам или по подготовленной презентации результаты проектирования в присутствии руководителя проекта, одного из преподавателей кафедры и магистрантов, после чего защищающемуся задают вопросы. Для успешной защиты курсового проекта магистранту рекомендуется освежить в памяти весь объем выполненной работы перед защитой проекта. Уровень защиты определяется по разработанным критериям, приведенным ниже.

## **8. Критерии оценки курсового проекта**

При оценке курсового проекта учитываются следующие критерии:

- актуальность темы курсового проекта;
- научно-технический уровень;
- наличие новых конструктивных решений;
- использование фундаментальных дисциплин;
- логическая взаимосвязь частей проекта;
- уровень использования ЭВМ;
- уровень применения САПР;
- глубина разработки;
- качество конструкторской части;
- качество технологической части;
- уровень экономической обоснованности;
- качество чертежей;
- владение материалом проекта;
- умение аргументированно защитить свою точку зрения;
- качество оформления технологической документации.

После публичной защиты руководитель проектирования проставляет оценку на титульном листе пояснительной записки и в зачетной книжке магистранта, который сдает курсовой проект на кафедру для хранения.

Для успешной работы магистрантов представлен после списка литературы пример выполнения и оформления расчетно-пояснительной записки курсового проекта.

### **Список рекомендованной литературы**

1. Гусев, В. Г. Технология машиностроения: учеб, пособие к выполнению курсового проекта / В. Г. Гусев, В. П. Жарков, В. В. Морозов; Владим. гос. ун-т. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. - 152 с. — ISBN 5-89368-644-6.

2. Гусев, В. Г. Технология машиностроения: учеб, пособие к выполнению дипломного проекта по специальности 120100 / В. Г. Гусев, В. Н. Жарков, В. В. Морозов; Владим. гос. ун-т. - Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. - 192 с. ISBN 5-89368-547-4.

3. Гусев, В. Г. Программирование современных многофункциональных токарных станков с ЧПУ: Учеб. пособие для вузов / В. В. Морозов, В. Г. Гусев - Владимир: изд-во Владим. гос. ун-т, 2009. – 236 с.– ISBN 978-5-89368-979-2.

4.Гусев, В. Г. Программирование современных фрезерных станков с ЧПУ: Учеб. пособие для вузов / В. В. Морозов, В. Г.Гусев. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 244 с. – ISBN 978-5-9984-0025-.

5.Гусев, В. Г. Программирование обработки деталей на обрабатывающих центрах: Учеб. пособие для вузов / В. В. Морозов, Гусев В. Г. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. –365 с. – ISBN 978-5-9984-0165-7.

6.Гусев В. Г. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Программирование обработки деталей на многофункциональных станках с ЧПУ» / Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 224 с.

7. Гусев, В. Г. Приспособления для современных станков с ЧПУ / В. Г Гусев, А. И Ёлкин, А. В Морозови др. // учеб. пособие / Владим. гос. ун-та, 2012 – 202 с.

8.Гусев В.Г. Наумов Г.М. Перспективные направления повышения уровня технологической подготовки производства высокоточных изделий на станках с ЧПУ / Вестник машиностроения, 2015. – №10. – С. 20-24. – ISSN 0042-4633.

9.Лебедев, Л. В. Проектирование технологических систем и оснастки / Л. В. Лебедев [и др.]. - М.: Академия, 2009. - 335 с.

10.Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С.Ю. Современные станки с ЧПУ и CAD/CAM системы. – М.: Эльф ИПР, 2006. – 286 с.- ISBN 5-900891-60-7.

11.Мнацаканян, В. У. Основы технологии машиностроительного производства: учеб, для вузов / В. У. Мнацаканян [и др.]; под ред. В.А. Тимирязева. — Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. В 2 ч. Ч. 1.273 с.; 4.2. 363 с.

12.Радкевич, Я. М. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении / Я. М. Радкевич [и др.]; под ред. В. А. Тимирязева. - М.: Высш. шк., 2007. - 272 с. - ISBN 978-5-06-004277-1.

13.Серебrenицкий П.П., Схиртладзе А.Г. Программирование автоматизированного оборудования/Под ред. Ю.С. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2003. – 592 с. - ISBN 5-06-004081-X.12.

14.Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Методика программирования станков с ЧПУ на наиболее полном полигоне вспомогательной G-функций. – М.: Логос, 2005. – 296 с.

15.Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение. Т. 1, 1986, 656 с.; Т. 2 496 с.

16.Суслов, А. Г. Технология машиностроения: учеб, для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. Г. Суслов. - М.: Машиностроение, 2007. - 429 с. - ISBN 978-5-217-03371-3.

17.Схиртладзе, А. Г. Технологические процессы в машиностроении: учеб, для вузов / А. Г. Схиртладзе. - М.: Высшая школа, 2007. – 926 с. – ISBN 978-5-06-004423-2.

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
Кафедра «Технология машиностроения»

Институт инновационных технологий  
Факультет: Механико-технологический  
Кафедра: Технология машиностроения

### **КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине «Технология обработки деталей на станках с ЧПУ»

Тема проекта: Разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус» 235.00.03.007.01». Программа выпуска 2000 штук в год.

Направление подготовки: 15.04.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль/программа подготовки: 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Уровень высшего образования: магистр

Выполнил магистрант: ФИО

Руководитель проекта: ФИО

Владимир 2016  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
Кафедра «Технология машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ТМС  
В.В. Морозов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на курсовой проект

Магистрант \_\_\_\_\_

ФИО полностью, группа

**Тема:** «Разработать технологический процесс механической обработки детали.....»

1. Исходные данные: чертеж детали с техническими требованиями и условиями, программа выпуска N= \_\_\_\_\_ штук в год, методические указания к выполнению курсового проекта кафедры ТМС.

2. Разработать следующие вопросы: введение, общая часть, технологическая часть, патентные исследования, научно-исследовательская часть, конструкторская часть, заключение, библиографический список, технологический процесс обработки детали на стандартных картах.

3. Графическая часть на листах формата А2: наладки технологические - 2 листа, исследования патентные – 1 лист, научно-исследовательская часть – 1, конструкторская часть 1 лист. Итого 5 листов.

В случае выполнения КП научно-исследовательского характера, общее количество листов остается прежним, а увеличение объема графической части и пояснительной записки по разделу «Научно-исследовательская часть» осуществляется путем сокращения других разделов КП по согласованию с преподавателем.

Объем расчетно-пояснительной записки: 40 – 50 страниц машинописного текста.

Дата выдачи задания: « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Срок сдачи законченного проекта: « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ ФИО  
подпись

Руководитель курсового проектирования \_\_\_\_\_ + ФИО  
подпись

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	21	
<b>1.</b>		<b>ОБЩ</b>
<b>АЯ ЧАСТЬ</b>		
1.1.Характеристика детали.....	24	
1.2.Исходные данные для проектирования.....	25	
<b>2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>		
2.1.Определение типа производства .....	27	
2.2.Обоснование выбора метода получения заготовки. ....	28	
2.3.Анализ технологичности конструкции детали.....	30	
2.4.Выбор схем базирования и закрепление детали.....	32	
2.5.Анализ заводского технологического процесса .....	35	
2.6.Разработка технологического маршрута и выбор оборудования. ....	37	
2.7.Расчет припусков на механическую обработку.....	38	
2.8.Расчет режимов резания.....	40	
2.9.Нормирование технологической операции.....	50	
<b>3.</b>		<b>ПАТЕ</b>
<b>НТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>		
3.1.Задание на патентные исследования.....	52	
3.2.Справка о результатах патентных исследований.....	53	
3.3.Патентный обзор.....	54	
<b>4. НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ</b>		
4.1.Постановка задачи исследования.....	56	
4.2.Метод конечных элементов.....	56	
4.3.Анализ результатов расчета.....	62	
<b>5. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ</b>		
5.1.Описание конструкции станочного приспособления.....	64	

5.2.Силовой расчет станочного приспособления.....	65
5.3.Расчет станочного приспособления на точность.....	68
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	71
Список литературы .....	72
Приложения. Приложение 1. Комплект документов технологического процесса обработки детали.....	
Приложение 2. Графическая часть курсового проекта.....	
Приложение 3. Спецификации.....	

## Введение

Двадцать первый век будет ознаменован новыми открытиями во всех отраслях знаний, созданием новых прогрессивных технологий в науке и промышленности, в том числе и в машиностроении. Машиностроение определяет состояние производственного потенциала Российской Федерации, обеспечивает функционирование всех отраслей экономики: топливно-энергетического комплекса, транспорта и связи, агропромышленного комплекса, оборонных отраслей, а также наполнение потребительского рынка. От уровня развития машиностроения напрямую зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны (материалоемкость, энергоемкость и т.д.), производительность труда в отраслях народного хозяйства, уровень экологической безопасности промышленного производства и обороноспособность государства. Удельный вес продукции машиностроения и металлообработки в общем объеме промышленности составляет около 20 % (второе место среди всех отраслей промышленности).

Прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства. Важно качественно, дешево и в заданные сроки с минимальными затратами труда изготовить машину, применив высококачественное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производства, применение гибких производственных систем.

От принятой технологии производства во многом зависит надежность работы выпускаемых машин, а также экономика их эксплуатации. Совершенствование технологии машиностроения определяется потребностями производства необходимых обществу машин. Развитие новых прогрессивных технологических методов способствует конструированию более современных машин, снижению их себестоимости и уменьшению затрат труда на их изготовление.

В данном курсовом проекте, с целью повышения производительности труда, уменьшения себестоимости при обработке детали, применяется обрабатывающий центр «MAZAK» с ЧПУ. Внедрение в промышленность многооперационных станков с ЧПУ способствует новому подходу к вопросам технологии механической обработки деталей, который обеспечит значительное повышение точности изделий. Применение станков с ЧПУ, в которых сокращается специализация по видам обработки, характеризует большие качественные изменения в обрабатывающей промышленности. Несмотря на большую сложность и высокую стоимость оборудования с ЧПУ, его применение экономически оправдано при условии комплексного решения вопросов организационно-технического перевооружения предприятий. Использование станков с ЧПУ выгодно при обработке металлов резанием, давлением и во многих других случаях. ЧПУ используют не только при сложной обработке деталей, но применяют и для выполнения сравнительно простых работ.

Среди вполне удовлетворенных этим оборудованием потребителей растет число небольших производств, которые пришли к выводу, что ЧПУ - новый вид систем управления оборудованием, которые можно эксплуатировать с большими доходами. Большие фирмы также понимают, что создание участков оборудования с ЧПУ принесет им выгоду.

Задача машиностроения - обеспечить пополнение инвестиционных ресурсов предприятий других отраслей промышленности машинами, технологическим оборудованием современного уровня и модернизировать производственный аппарат экономики, проводя при этом модернизацию и обновление собственной технологической и производственной баз.

Главными задачами, которые должны решать предприятия машиностроения в ближнесрочной перспективе, являются:

- модернизация производственного потенциала, приведение структуры мощностей и производства в соответствие со структурой спроса с одновременным реформированием крупнейших структурообразующих и социально значимых машиностроительных предприятий в направлении повышения издержек производства; проведение реструктуризации задолженности таких предприятий перед федеральным бюджетом, а также освобождение их от обязанности содержать некоммерческие звенья;

- повышение качества машиностроительной продукции, ее конкурентоспособности и технического уровня технологической базы на основе применения международных стандартов качества и сертификации;

- формирование ряда вертикально интегрированных структур, которые обеспечат постепенное вытеснение неэффективных собственников, и осуществление на предприятиях институциональных преобразований.

Главное внимание должно быть уделено стабилизации устойчивой работы и дальнейшему развитию основной массы предприятий отрасли, наращиванию выпуска конкурентоспособных видов продукции на основе технического перевооружения и модернизации производства. Для этого необходимо решить задачи по ликвидации технологического и организационного отставания, проводить реструктуризацию и диверсификацию производства, переходить на комплектную поставку заказчику оборудования, технологий с монтажом, наладкой и сервисным обслуживанием.

В настоящем курсовом проекте разработан технологический процесс механической обработки детали «Корпус» на современном оборудовании с ЧПУ, что позволило повысить эффективность производства.

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Характеристика детали

Деталь «Корпус» сделана из стали 30ХГСЛ ГОСТ 4543 – 71 – это легированная конструкционная хромо-кремне-марганцевая сталь (хромансил). Применяют ее для изготовления ответственных деталей – коленчатые валы, валы, оси, штоки, зубчатых колес, поршневые пальцы, тормозные ленты моторов, фланцы, корпуса обшивки, лопатки компрессорных машин, работающие при температуре до 200°C в условиях значительных нагрузок, рычаги толкатели, и т.д. Материал, из которой производится деталь «корпус» имеет определенные условия термической обработки и механические свойства, указанные в таблице (табл. 1.1.)

Таблица 1.1

Механические свойства и условия термической обработки стали.

Материал	Термические свойства				Механические свойства				
	Закалка		Отпуск		$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta$ %	$a_n$ МДж/ м <sup>2</sup>	НВ
	Температура ра °С	Среда охлаждения	Температура ра °С	Среда охлаждения	МПа				
30ХГСЛ	880	масло	550	Масло	850	1100	10	0,4	207 - 217

30ХГСЛ легированная сталь – сплав железа с углеродом и другими легирующими элементами приведенные в таблице (табл. 1.2.).

Таблица 1.2

## Химический состав легированной конструкционной стали.

Материал 30ХГСЛ	Химический состав							
	C	Si	Mn	Sn	P	Cr	Ni	Cu
Содержит	0,28 – 0,35	0,9 – 1,2	0,8 – 1,1	≤ 0,035	≤ 0,035	0,8 – 1,1	≤ 0,30	≤ 0,30

«Корпус» по конфигурации представляет собой деталь типа корпуса, габаритные размеры: длина 131 мм, наибольшая высота 56,5мм и наибольшая ширина 74мм.

Деталь «Корпус» имеет прямоугольную форму, две наружных поверхности, два торца. На одной наружной поверхности имеется диаметр с резьбой М6х1-6h и глухое отверстие диаметром 60Н9мм на глубину 31мм, и 8Н14 на глубину 0,8мм, так же паз шириной 40±0,5мм. На другой поверхности имеются пазы криволинейной конфигурации шириной 16Н11, 24±0,5, 36Н11 и 36d11. Вдоль детали имеются два сквозных отверстия диаметром 27Н9 и 4,3Н11, 3Н9 , 15±0,5, вдоль пазов расположении сквозные отверстия диаметром 10Н9, 4Н9 и три отверстия диаметром 3Н9. Рассмотрев некоторые элементы детали можно сделать вывод, что деталь имеет сложную форму обработки.

Деталь является базовым элементом изделия. В нем устанавливаются различные детали, механизмы, точность взаимного положения которых должна быть обеспечена в процессе работы машин. Деталь такого типа должна быть выполнена с требуемой точностью, обладать необходимой жесткостью и виброустойчивостью,

### 1.2. Исходные данные для проектирования

Исходными данными для дипломного проектирования является базовая, руководящая и справочная документация. В базовую информацию входят рабочий чертеж детали «Корпус», в котором указан материал, конструктивная форма и размеры детали; технические условия и требования на изготовление, определяющие точность и качество обрабатываемых поверхностей; требования, оговаривающие твердость, структуру материала, вид обработки; географическое место расположения реализации проектируемого технологического процесса; виды источников энергии. Объем выпуска деталей составляет 2000шт. в год.

Руководящая информация включает нормативные документы, ГОСТы РФ, стандарты предприятия, нормалы на режущие и измерительные инструменты. Руководящая

информация содержит также стандарты на технологические процессы и их документацию. Нормативы точности, шероховатости, расчет припусков, режимов резания и технического нормирования времени; тарифно-квалификационный справочники, справочники технолога-машиностроителя, металлиста, инструментальщика, нормировщика и т.д., а также каталоги, паспорта и альбомы технологического оборудования, справочных и контрольных приспособлений входят в состав справочной информации.

Исходными данными для проектирования является также научно-техническая, периодическая и патентная литература, на основе анализа которой оценивается тенденция развития машиностроения, Действительный годовой фонд времени металлообрабатывающего оборудования принимаем равным  $F_d = 2007,5$  ч, число рабочих смен  $m = 2$ , годовой фонд времени рабочего  $\Phi = 255$  дн. в году.

## **2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1. Определение типа производства**

Тип производства существенно влияет на всю технологию механической обработки, а именно на модели станков, на силовые и контрольные приспособления, на оформление технологической документации.

В крупносерийном и массовом производстве следует применять станки-автоматы, автоматические линии, автоматически действующие силовые и контрольные приспособления, специальный режущий и измерительный инструмент вместе со стандартным. Здесь нельзя применять универсальные станки, так как они не справятся с программой выпуска.

В среднесерийном производстве следует применять групповую технологию. В этом типе производства следует применять агрегатные станки, станки полуавтоматы, применяются станки с ЧПУ, роботизированные технологические комплексы.

В мелкосерийном производстве применяются универсальные станки и кроме обычной технологии необходимо разработать рабочую управляемую программу для механической обработки детали.

Тип производства определяется коэффициентом закрепления операции  $K_{з.о.}$ , при  $K_{з.о.} = 1$  - производство массовое,

$1 \leq K_{з.о.} \leq 10$  – крупносерийное,

$10 \leq K_{з.о.} \leq 20$  - среднесерийное,

$20 \leq K_{з.о.} \leq 40$  - мелкосерийное,

$40 > K_{з.о.}$  – единичное производство.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.1.)$$

где  $\Sigma O$  – количество операций, выполняемых на участке в течении месяца,

$\Sigma P$  – количество рабочих мест на участке.

$$\tilde{N}_\partial = \frac{N \cdot \dot{O}_{\partial \partial . \dot{e}.}}{60 \cdot F_{\dot{a} . \dot{a} .} \cdot \eta_{\dot{e} \dot{m} \dot{i}.}}, \quad (2.2.)$$

где  $C_p$  – расчетное количество станков;

$T_{шт.к.}$  – норма штучного времени на операцию, мин.;

$N$  – годовая программа выпуска, шт.;

$F_{д.об}$  – полезный фонд рабочего времени оборудования,  $F_{д.об} = 4015$  ч.;

$\eta_{исп.}$  – коэффициент использования станков,  $\eta_{исп.} = 0,8$ ;

$C_{пр.}$  – принятое количество станков (расчетное количество станков округляют до ближайшего большего целого числа);

$\eta_{з.ф}$  – фактический коэффициент загрузки оборудования;

$$\eta_{з.ф.} = C_p / C_{пр.};$$

Количество операций определяют по формуле:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф}$$

$\eta_{з.н.}$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $\eta_{з.н.} = 0,85$ ;

$\eta_{з.ф}$  – фактический коэффициент загрузки оборудования.

Таблица 2.1

Расчет коэффициента закрепления операции

Номер операции	Наименование операций	$T_{шт.к.}$ , мин	$C_p$	$C_{пр}$	$\eta_{зф}$	$O$
005	Фрезерная	8,17	0,08	1	0,08	11
010	Фрезерная	8,765	0,09	1	0,09	10
015	Фрезерная	10,65	0,11	1	0,11	8
020	Шлифовальная	4,91	0,05	1	0,05	17
025	Фрезерная	22,76	0,24	1	0,24	4
	$\Sigma$	-	-	<b>5</b>	-	50

$K_{з.о.} = \Sigma O / \Sigma C_{пр} = 50 / 5 = 10$  – производство среднесерийное.

Такт выпуска деталей определяется по формуле:

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \text{ в } \text{д} \quad (2.3.)$$

где  $F_d$  – действительный фонд рабочего времени,  $F_d = 4015 \text{ ч.}$ ;

$N$  – годовой объем выпуска деталей, шт.

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{2000} = 120,45 \text{ в } \text{д} .$$

## 2.2. Обоснование выбора метода получения заготовки

При выборе способа получения заготовки следует обратить внимание на материал детали, его технические свойства, форму, габариты и массу, так же принять во внимание тип производства. В качестве заготовки для детали «Корпус» рассмотрим два варианта: деталь изготавливается из проката и рассмотрим метод получения заготовки литье по выплавляемым моделям. Предпочтение следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием материала и меньшей стоимостью.

**1-й способ.** Заготовку получают литьем по выплавляемым моделям. Стоимость заготовки полученных литьем по выплавляемым моделям, определяется по формуле.

$$S_{\text{заг.}} = [(C_i / 1000) \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_P] - (Q - q) \cdot S_{\text{отх.}} / 1000, \quad (2.4.)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 тонны заготовок,  $C_i = 36500$  руб.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_P$  - коэффициент зависящий от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.,  $k_T = 0,95, k_C = 1, k_B = 1, k_M = 1,04, k_P = 1$ ;

$Q$  – масса заготовки,

$$Q = V \cdot \gamma,$$

где  $V$  – объем заготовки,  $169 \text{ см}^3$ ,

$\gamma$  – плотность материала,  $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ ,

$$Q = 169,11 \cdot 7,82 = 1322 \text{ г} = 1,32 \text{ кг};$$

$q$  – масса готовой детали,  $q = 0,88 \text{ кг}$ ;

$S_{\text{отх.}}$  – цена 1 т отходов,  $S_{\text{отх.}} = 5000$  руб.;

$$S_{\text{заг.}} = [(36500/1000) \cdot 1,32 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1] - (Q - q) \cdot S_{\text{отх.}} / 1000 = 45,4 \text{ руб.}$$

**2-й способ.** Деталь изготавливается из проката, затраты на заготовку определяются по его массе сдаваемой стружки.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх.}} / 1000, \quad (2.5.)$$

где  $Q$  – масса заготовки,  $Q = 6,57 \text{ кг}$ ;

$q$  – масса готовой детали,  $q = 0,88\text{кг}$ ;

$S$  – цена 1кг материала заготовки,  $S = 30 \text{руб./кг}$ ;

$S_{\text{отх.}}$  – цена 1т отходов,  $S_{\text{отх.}} = 5000\text{руб./т}$ ;

$$M = 6,57 \cdot 30 - (6,57 - 0,88) \cdot 5000 / 1000 = 168,65\text{руб.}$$

Экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок равен:

$$\text{Эз} = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N_{\Gamma}, \text{руб.}$$

где  $S_{\text{заг1}}$ ,  $S_{\text{заг2}}$  – стоимость сопоставляемых заготовок,

$$S_{\text{заг1}} = 168,65 \text{руб}, S_{\text{заг2}} = 45,4\text{руб.};$$

$N_{\Gamma}$  – годовая программа,  $N_{\Gamma} = \text{шт.}$

$$\text{Эз} = (168,45 - 45,4) \cdot 2000 = 246500 \text{руб.},$$

Но в связи с тем, что при использовании заготовки из проката при больших перепадах размеров детали много металла уходит в стружку, наиболее целесообразным методом для ее изготовления будет литья по выплавляемым моделям.

### 2.3. Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность – это совокупность свойств, конструкции изделия определяющая ее приспособленность в достижение оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте, для заданных показателей качество объема выпуска и условие выполнение работ. Под технологичностью конструкции понимают ее соответствие требование минимальной трудоемкости и металлоемкости. Она оценивается количественным посредственным системным показателями, которые характеризуют технологическую рациональность конструктивных решений и преимственность конструкции или пригодность к использованию в составе других изделий. При проведении отработки конструкции на технологичность учитываются базовые (исходные) показатели технологичности конструкции – представители группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками.

В соответствии с ГОСТ 18831 – 80 оценка технологичности состоит из двух видов: качественной и количественной.

#### 2.3.1. Количественная оценка технологичности.

Коэффициент точности обработки рассчитывают по следующей формуле:

$$\hat{E}_{\text{от.}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{нб}}},$$

где  $A_{\text{ср}}$  – средний квалитет точности обработки поверхности изделия, определяется по формуле:

$$\hat{A}_{\bar{n}\delta} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 14 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}, \quad (2.6.)$$

где 1,2,...14 – квалитеты точности размеров;

$n_1, n_2, \dots, n_{14}$  – количество размеров данного квалитета.

$$\hat{A}_{\bar{n}\delta} = \frac{9 \cdot 13 + 11 \cdot 6 + 14 \cdot 4}{13 + 6 + 4} = 10,4;$$

$$\hat{E}_{\phi.i.} = 1 - \frac{1}{10,4} = 0,9$$

Коэффициент точности удовлетворяет нормативу,  $K_{\text{т.норм.}} > 0,85$ , т. к.  $K_{\text{т.о.}} < K_{\text{т.норм.}}$ .

Коэффициент шероховатости обработки рассчитывают по следующей формуле:

$$\hat{E}_{\phi.i.} = \frac{1}{\hat{A}_{\bar{n}\delta}},$$

где  $B_{\text{ср}}$  – средний класс шероховатости поверхности изделия, определяется по формуле:

$$\hat{A}_{\bar{n}\delta} = \frac{\sum \phi_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.7.)$$

где  $\phi_i$  – величина шероховатости по параметру  $R_a$ ;

$n_i$  – величина поверхностей данной шероховатости.

$$\hat{A}_{\bar{n}\delta} = \frac{1,6 \cdot 14 + 3,2 \cdot 11 + 6,3 \cdot 13 + 12,5 \cdot 1}{14 + 11 + 13 + 1} = 3,8$$

$$\hat{E}_{\phi.i.} = \frac{1}{3,8} = 0,26$$

Коэффициент шероховатости удовлетворяет нормативу  $K_{\text{ш. норм.}} \leq 0,27$ , т.к.  $K_{\text{ш.о.}} < K_{\text{ш.норм.}}$ .

Коэффициент использование материала определяется по формуле:

$$K_{\text{им}} = m_{\text{д}} / m_{\text{з}}, \quad (2.8)$$

где  $m_{\text{д}}$  – масса детали,  $m_{\text{д}} = 0,88$  кг.

$m_{\text{з}}$  – масса заготовки,  $m_{\text{з}} = 1,03$  кг.

$$K_{\text{им}} = 0,88 / 1,03 = 0,85.$$

Таким образом, чертеж детали «корпус» не подвергается изменениям и пересмотру.

В этом случае уровень технологичности конструкции по этим показателям равен 1. Это

решение принято исходя из анализа технологичности конструкции по точности обработки и коэффициенту шероховатости.

#### *4.3.2. Качественная оценка технологичности*

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Основные задачи решаемые при анализе технологичности обрабатываемой детали, сводятся к возможному улучшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами

Деталь «Корпус» по всем показателям технологична, кроме коэффициента унификации конструктивных элементов детали. Следовательно, в разрабатываемом технологическом процессе предусмотреть специальную оснастку для изготовления детали. В результате анализа на технологичность деталь «Корпус»:

- не имеет оптимальные базы для закрепления заготовок на станках;
- допускается применение высокопроизводительных режимов резания при специальной номенклатуре приспособления.

#### **2.4. Выбор схем базирования и закрепление детали**

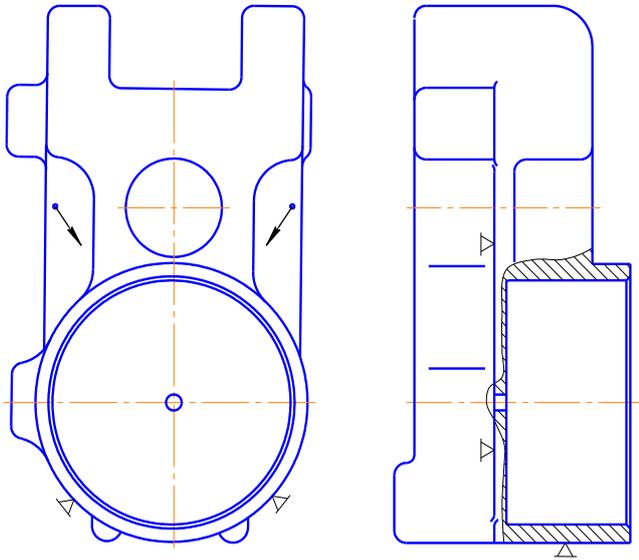
Базирование заготовки играет важную роль, так как неправильно выбранная схема базирования и закрепленная сказывается на конечной точности обработки детали, а, следовательно, не её эксплуатационной надежности. Технологические базовые поверхности необходимо выбирать так, чтобы заготовка имела устойчивое и однозначное положение относительно инструмента. Для этого при выборе схемы базирования и закрепления необходимо руководствоваться двумя основными схемами базирования: принципом единства баз и принципом постоянства баз. Принципом единства баз заключается в том, что при базировании технологическая и измерительная базы совпадают, а еще лучше, если совпадают технологическая, измерительная, конструкторская и сборочные базы. При совпадении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю и точность обработки повышается. Принцип постоянства баз – при всех операциях, начиная со второй и до последней, используются один и те же технологические базы. Нельзя на разных операциях непрерывно менять чистовые базы.

На первой операции выбираются черновые и обрабатываются те поверхности, которые будут служить в качестве чистовых технологических баз. Исходя из описанной методологии, разрабатываются схемы базирования детали в обеспечении выпуска высокоточного продукта. Схемы базирования, используемые в технологическом процессе механической обработки детали «Корпус», представлены в таб. 2.2

На операции 005 производится подготовка для дальнейшего базирования. На оставшихся операциях деталь устанавливается на предварительно обработанных поверхностях, и обработка ведется почти по программе. Так как деталь «Корпус» имеет сложную форму и для каждой операции предусмотрено специальное приспособления, где применяется принцип совмещение баз, поэтому погрешность базирования равна нулю.

Таблица 2.2

Схема базирования и закрепления заготовки на операциях механической обработки.

Номер и названия операции	Технологические базы, используемые при обработке детали «Корпус»	Схема базирования.
005 Фрезерная	Базируется по средней плоскости, упираясь в призму торцем, с прижимами по бокам.	

<p>010 Фрезерная</p>	<p>Базируется по двум отверстиям, с установкой на основное отверстие, прижимами по двум сторонам и упор.</p>	
<p>015 Фрезерная</p>	<p>Базировать с установкой на основное отверстие и упор. Упираясь в торец с прижимом.</p>	

<p>025 Шлифовальная</p>	<p>Базируется по двум отверстиям, с установкой на основное отверстие, прижимами по двум сторонам и упор.</p>	
<p>030 Фрезерная</p>	<p>Базируется по внешней плоскости, упираясь в призму торцем, с упором в противоположный торец и прижимами по двум сторонам</p>	

### 2.5. Анализ заводского технологического процесса

Изучив заводской технологический процесс обработки детали, а так же метод получения заготовки, было установлено, что коэффициент использованного материала,

равен 0,85 и технико-экономическое обоснование выбора заготовки показали, что себестоимость заготовки полученной методом литье по выплавляемым моделям будет целесообразнее, чем другие виды заготовок. Так как деталь «Корпус» относительно больших размеров, а так же сложной конфигурации и обрабатывается в условиях среднесерийного производства, следовательно, этот метод получения заготовки для данного масштаба производства более прогрессивный при разработке технологического процесса. Так же верно выбраны способы базирования детали; в процессе её обработки соблюдены принципы единства баз, а вот технологический процесс является недостаточно рациональными. При анализе технологического процесса были выявлены ряд существенных недостатков. Существующие на заводе технологические процессы действуют десятки лет, при этом используются станки, многие из которых в настоящее время по уровню механизации и автоматизации уже в не полной мере удовлетворяют современным требованиям. Более 70 % станков морально и физически устарело, что ведет к дополнительным затратам на их содержание и ремонт. На таком оборудовании затруднено получение некоторых параметров точности.

Таблица 2.3

Заводской технологический процесс

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
025	Отрезная	АОГ – 300
140	Токарная	СТП 320 ПР
175	Токарная	16К20

Продолжение табл. 2.3

180	Сверлильная	2Н125
185	Фрезерная	ОЦ 1И22
205	Фрезерная	6Н10
210	Сверлильная	2Н125
220	Сверлильная	2Н125
222	Сверлильная	2Н125
225	Сверлильная	ТСМ – 212
240	Сверлильная	ТСМ - 212
245	Копировальная	ФМТ – 09
250	Копировальная	ФМТ – 09
260	Слесарная	Верстак
270	Контроль	Стол контролёра
280	Термическая	Печь (HRC = 38,5...45,5)
290	Контроль	Стол контролёра
320	Шлифовальная	ЗБ722
323	Токарная	16К20
325	Сверлильная	2Н125
330	Токарная	16К20
340	Токарная	16К20

345	Сверлильная	ТСМ – 212
355	Фрезерная	6Н11
360	Слесарная	Верстак
380	Слесарная	Верстак
400	Контроль	Стол контрольный
415	Фосфатирование	Ванна

## 2.6. Разработка технологического маршрута и выбор оборудования.

На основании анализа заводского технологического процесса был разработан новый технологический маршрут и выбрано современное оборудование для обработки детали, современное режущие инструменты фирмы.

Таблица 2.4

### Разработанный технологический процесс.

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
001	Заготовительная	
005	Фрезерная	VARIAXIS 500-5X ф. «Mazak»
010	Фрезерная	VARIAXIS 500-5X ф. «Mazak»
015	Фрезерная	VARIAXIS 500-5X ф. «Mazak»
020	Термическая	Печь (HRC = 38,5...45,5)
025	Шлифовальная	3Б722
030	Фрезерная	VARIAXIS 500-5X ф. «Mazak»
035	Электрохимзащитная	4407
040	Промывка	Моечная машина
045	Контроль	Стол контрольный
050	Фосфатирование	Ванна
055	Контроль	Стол контрольный

Выбор вертикального обрабатывающего центра Mazak VARIAXIS 500-5X определяется всеми его характеристиками, удовлетворяет требованиям технологической операции по точности и качеству обработки, производительности и параметрам обрабатываемой детали. Так как деталь «корпус» обрабатывается в условиях средне серийного производства и имеет сложную конфигурацию, то целесообразнее применять станки с ЧПУ, потому что:

- уменьшаются доли вспомогательного времени, которые затрачиваются на приемы, связанные с изменением режимов резания, переходом с обработки одной поверхности на другую, сменой режущего инструмента, что имеет место при последовательной обработке нескольких поверхностей на универсальных станках;
- сокращается время на переналадку оборудования;

- сосредоточения возможно большего числа операций на одном рабочем месте;
- возможность сокращения числа операторов введением многостаночного обслуживания;
- возможность обработки отверстий с применением нескольких последовательно работающих инструментов без изготовления специальной оснастки.

## 2.7. Расчет припусков на механическую обработку

Расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку (РАМОП), базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе.

Рассчитать припуск на механическую обработку цилиндрической поверхности Ø65,92<sub>-0,1</sub>мм шероховатостью по R<sub>a</sub> = 3,2 (табл. 2.5).

1. Заготовка.
2. Фрезеровать, станок модели – Mazak VARIAXIS 500-5X.
3. Термическая обработка.
4. Фрезерование, станок модели – Mazak VARIAXIS 500-5X.

Таблица 2.5

Результаты расчета припуска на 65,92<sub>-0,1</sub>

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки.	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск 2Z <sub>min</sub> , мкм	Расчетный минимальный размер, мм	Допуск изготовления Td, мкм	Принятые Размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	R <sub>z</sub>	h	Δ	ε				d <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>
1	32	100	32,7	-	-	66,69	600	67,29	66,69	-	-

2	15	20	22,9	170	610	66,08	200	66,28	66,08	1010	610
4	2,5	5	16	94,3	264	65,82	100	65,92	65,82	360	260

1370 870

Определяем минимальный расчетный размер

$$d_{\min} = d_{\text{ном}} - T_d = 65,92 - 0,1 = 65,82 \text{ мм.}$$

Определяем элементы припуска:

- Определяем высоту  $Rz_{i-1}$  неровностей профиля и глубину  $h_{i-1}$  поверхностных дефектных слоев после механической обработки по [3] (таб.10, стр. 185), и после литья по выплавляемым моделям по [3] (таб.7 стр. 182);

- Суммарное значение пространственных отклонений  $\Delta_{\text{см}} = 0,25$  по таб.9 (стр.183).

$$\Delta_3 = \Delta_{\text{см}} \cdot I_3 = 0,25 \cdot 131 = 32,7 \text{ мкм;}$$

$$\Delta_1 = \Delta_3 \cdot 0,7 = 32,7 \cdot 0,7 = 22,9 \text{ мкм;}$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot 0,7 = 22,9 \cdot 0,7 = 16 \text{ мкм.}$$

- Определяем погрешность установки  $\varepsilon$  заготовки по [3] (таб.13 стр.42)

для черного обтачивания -  $\varepsilon_p = 150 \text{ мкм}$ ,  $\varepsilon_o = 80 \text{ мкм}$ ;

для чистового обтачивания -  $\varepsilon_p = 80 \text{ мкм}$ ,  $\varepsilon_o = 50 \text{ мкм}$ .

$$\varepsilon_{\text{-}\ddot{a}\ddot{a}} = \sqrt{\varepsilon_{\ddot{o}}^2 + \varepsilon_i^2} = \sqrt{150^2 + 80^2} = 170 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{-}\ddot{e}\ddot{n}\ddot{o}} = \sqrt{\varepsilon_{\ddot{o}}^2 + \varepsilon_i^2} = \sqrt{80^2 + 50^2} = 94,3 \text{ мкм}$$

- Определяем расчетный припуск по формуле справочнику [3] (стр.175):

$$2z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.9)$$

где  $Rz_{i-1}$  – высоту неровностей профиля на предшествующем переходе,

$Rz_{\text{лит.}} = 32 \text{ мкм}$ ,  $Rz_{\text{чер}} = 15 \text{ мкм}$ ;

$h_{i-1}$  – глубину  $h_{i-1}$  поверхностных дефектных слоев на предшествующем переходе,

$h_{\text{пр.}} = 100 \text{ мкм}$ ,  $h_{\text{чер.}} = 20 \text{ мкм}$ ;

$\Delta_{\text{см}}$  – значение пространственных отклонений на предшествующем переходе;

$\varepsilon$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

$$2z_{\min \text{-}\ddot{a}\ddot{a}} = 2(32 + 100 + \sqrt{32,7^2 + 170^2}) = 610 \text{ мкм;}$$

$$2z_{\min \text{-}\ddot{e}\ddot{n}\ddot{o}} = 2(15 + 20 + \sqrt{22,9^2 + 94,3^2}) = 264 \text{ мкм;}$$

- Определяем расчетный минимальный размер  $d$ :

$$d_{\text{чер.}} = d_{i-1} + 2z_{\min \text{ чист.}} = 65,82 + 0,264 = 66,08 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{лит.}} = d_{\text{чер}} + 2z_{\text{мин чер.}} = 66,08 + 0,61 = 66,69\text{мм.}$$

- Определяем размер по переходам:

$$d = d_{\text{мин}}$$

$$d_{\text{макс}} = d_{\text{мин}} + T_d ;$$

$$d_{\text{макс}} = 66,08 + 0,2 = 66,28\text{мм};$$

$$d_{\text{макс}} = 66,69 + 0,6 = 67,29\text{мм.}$$

- Определяем предельные припуски:

$$2z_{\text{макс чист.}} = d_{\text{макс чер.}} - d_{\text{макс чист.}} = 66,28 - 65,92 = 0,36\text{мм} = 360\text{мкм};$$

$$2z_{\text{макс чер.}} = d - d_{\text{макс чист.}} = 67,29 - 66,28 = 1,01\text{мм} = 1010\text{мкм};$$

$$2z_{\text{мин чист.}} = d_{\text{мин чер.}} - d_{\text{мин чист.}} = 66,08 - 65,82 = 0,26\text{мм} = 260\text{мкм};$$

$$2z_{\text{мин чер.}} = d - d_{\text{мин чер.}} = 66,69 - 66,08 = 0,61\text{мм} = 610\text{мкм.}$$

$$\text{Проверка: } T_z - T_d = 2z_{\text{макс}} - 2z_{\text{мин}}$$

$$600 - 100 = 1370 - 870$$

$$500 = 500$$

## 2.8. Расчет режимов резания

Режимы резания металлов определяются следующими основными параметрами: глубиной резания, подачей и скоростью резания. Исходными данными для выборов режимов резания являются: данные об изготавливаемой детали и ее заготовке, данные о применяемом инструменте и оборудовании.

Выбранный режим резания, скорректированный по паспортным данным станка, проверяется по мощности электродвигателя. Мощность, необходимая на резание, должна быть меньше эффективной мощности станка.

Режимы резания рассчитываются на операция 010, расчет ведется по [29]. Станок модели Mazak VARIAXIS 500-5X,  $N_{\text{шп.}} = 12\text{кВт}$ .

### 1 переход.

#### Исходные данные:

Фрезеровать поверхность в размер  $52_{-0,2}$  и выступ высотой  $4,5_{-0,5}$ .

Режущий инструмент: фреза *ВАР300-050А07R*,

Фреза с пластинами *APMT 1604PDER-H4 F7030*

Число зубьев –  $z = 7$ , диаметр фрезы – 50мм

#### Рассчитываем режимы резания:

##### 1.1. Глубина резания:

$$a_p = 2\text{мм}$$

1.2. Ширину фрезерования:

$$ae = 20 \text{ (мм)}.$$

1.3. Рекомендуемая подача на один зуб (с.С094) :

$$S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

1.4. Рекомендуемая скорость резания(с.С094) :

$$V = 120 \text{ м/мин}$$

1.5. Определяем расчетную частоту вращения:

$$n = 1000 \times V / \pi \times D = 1000 \times 120 / 3,14 \times 50 = 765 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.6. Определяем минутную подачу:

$$v_f = S_z \times z \times n = 0,1 \times 7 \times 765 = 536 \text{ (мм/мин)}$$

1.7. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{ap \cdot ae \cdot v_f \cdot KFs}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta}, \quad (2.10.)$$

KFs- удельная сила резания,  $k_{Fs} = 2300 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{2 \cdot 20 \cdot 536 \cdot 2300}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 1 \text{ кВт}$$

1.8. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V_{\phi} / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 1 \times 1020 \times 60 / 120 = 510 \text{ Н}$$

1.9. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шп.}}$$

**Рассчитываю основное время:**

1.10. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 545 \text{ (мм)}$$

1.11. Определяем основное время:

$$T_0 = L / S_m \times i = 545 / 536 \times 1 = 1,02 \text{ мин.}$$

**2 переход.**

**Исходные данные:**

Фрезеровать паз предварительно шириной  $16^{+0,11}$  мм на длину 88,5мм.

Режущий инструменты: фреза *SZE4140SG*,

Материал фрезы сверх-микрозернистый карбид с покрытием MIRACLE (Al, Ti)N,

Число зубьев –  $z = 4$ , диаметр фрезы – 14мм.

### Рассчитываю режимы резания:

1.1. Глубина резания:

$$a_p = 14 \text{ мм}$$

1.2. Ширину фрезерования:

$$a_e = 1 \text{ (мм)}.$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с. В284):

$$v_f = 500 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая частота вращения (с. В284):

$$n = 2200 \text{ мин}^{-1}$$

1.5. Определяем скорость резания:

$$V = \pi \times D \times n / 1000 = \pi \times 14 \times 2200 / 1000 = 96,7 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_{Fs}}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

$K_{Fs}$ - удельная сила резания,  $K_{Fs} = 2450 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{14 \cdot 1 \cdot 500 \cdot 2450}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,4 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,4 \times 1020 \times 60 / 96,7 = 253,15 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шп.}}$$

### Рассчитываю основное время:

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 205 \text{ (мм)}$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_0 = L / v_f \times i = 205 / 500 \times 1 = 0,41 \text{ мин.}$$

### 3 переход.

#### Исходные данные:

Фрезеровать паз окончательно шириной  $16^{+0,11}$  мм на длину 88,5 мм.

Режущий инструменты: фреза *SZE4140SG*,

Материал фрезы сверх-микрозернистый карбид с покрытием MIRACLE (Al, Ti)N,

Число зубьев –  $z = 4$ , диаметр фрезы – 14 мм.

### Рассчитываю режимы резания:

1.1. Глубина резания:

$$a_p = 1 \text{ мм}$$

1.2. Ширину фрезерования:

$$a_e = 16 \text{ (мм)}.$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с.В284):

$$vf = 650 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая частота вращения (с.В284):

$$n = 2500 \text{ мин}^{-1}$$

1.5. Определяем скорость резания:

$$V = \pi \times D \times n / 1000 = \pi \times 14 \times 2500 / 1000 = 110 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a_d \cdot a_e \cdot vf \cdot K_{Fs}}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

$k_{Fs}$ - удельная сила резания,  $k_{Fs} = 2500 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{1 \cdot 16 \cdot 650 \cdot 2500}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,54 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V_{\phi} / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,54 \times 1020 \times 60 / 110 = 300 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шп.}}$$

**Рассчитываю основное время:**

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 245 \text{ (мм)}$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_o = L / vf \times i = 245 / 650 \times 1 = 0,38 \text{ мин.}$$

**4 переход.**

**Исходные данные:**

Фрезеровать паз предварительно от  $35,92_{-0,17} \text{ мм}$  до  $54,2^{+0,2} \text{ мм}$ .

Режущий инструменты: фреза *SZE4080MG*,

Материал фрезы сверх-микрочернистый карбид с покрытием MIRACLE (Al, Ti)N,

Число зубьев –  $z=4$ , диаметр фрезы – 8мм.

### Рассчитываю режимы резания:

1.1. Определяем глубину резания:

$$a_p = 1 \text{ (мм)}.$$

1.2. Определяем ширину фрезерования (с.В284):

$$a_e = 20,9 \text{ (мм)}.$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с.В284):

$$v_f = 700 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая частота вращения :

$$n = 3700 \text{ мин}^{-1}$$

1.5. Определяем скорость резания:

$$V = \pi \times D \times n / 1000 = \pi \times 8 \times 3700 / 1000 = 93 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_{Fs}}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

$K_{Fs}$ - удельная сила резания,  $K_{Fs} = 2500 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{1 \cdot 20,9 \cdot 700 \cdot 2500}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,76 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V_f / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,76 \times 1020 \times 60 / 93 = 500 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шп.}}$$

### Рассчитываю основное время:

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 440 \text{ (мм)}$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_o = L / v_f \times i = 440 / 700 \times 1 = 0,63 \text{ мин.}$$

### 5 переход.

#### Исходные данные:

Фрезеровать паз окончательно шириной от  $35,92_{-0,17} \text{ мм}$  до  $54,2^{+0,2} \text{ мм}$ .

Режущий инструменты: фреза *SZE4080MG*,

Материал фрезы сверх-микрорзернистый карбид с покрытием Ti)N,

MIRACLE (Al,

Число зубьев –  $z=4$ , диаметр фрезы – 8мм.

**Рассчитываю режимы резания:**

1.1. Определяем глубину резания:

$$a_p = 0,54(\text{мм}).$$

1.2. Определяем ширину фрезерования:

$$a_e = 20,9(\text{мм}).$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с.В284):

$$v_f = 740 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая частота вращения (с.В284):

$$n = 4400 \text{ мин}^{-1}$$

1.5. Определяем скорость резания:

$$V = \pi \times D \times n / 1000 = \pi \times 8 \times 4400 / 1000 = 110,5 (\text{мин}^{-1})$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a_d \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_{Fs}}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

$k_{Fs}$ - удельная сила резания,  $k_{Fs} = 2500 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{1 \cdot 20,9 \cdot 740 \cdot 2500}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,8 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V_f / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,8 \times 1020 \times 60 / 110,5 = 443 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шп.}}$$

**Рассчитываю основное время:**

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 445 (\text{мм})$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_0 = L / v_f \times i = 445 / 740 \times 1 = 0,6 \text{ мин.}$$

**6 переход.**

**Исходные данные:**

Сверлить отверстие 13,5H12 мм на длину 24,5мм.

Режущий инструменты: сверло *MWS1350MB*,

Материал сверла сверх-микрозернистый карбид с покрытием MIRACLE (Al, Ti)N,

**Рассчитываю режимы резания:**

1.1. Определяем глубину резания:

$$a_p = 6,75(\text{мм}).$$

1.2. Рекомендуемая подача (с. D060):

$$f_n = 0,25 \text{ мм/об}$$

1.3. Рекомендуемая скорость резания (с. D060):

$$V = 100 \text{ м/мин}$$

1.4. Определяем расчетную частоту вращения:

$$n = 1000 \times V / \pi \times D = 1000 \times 100 / 3,14 \times 13,5 = 2360 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.5. Определяем минутную подачу:

$$v_f = S_z \times n = 0,25 \times 2360 = 590 \text{ мм/мин}$$

1.6. Определяем осевую силу резания и крутящий момент:

$$F_C = 0,5 \cdot \frac{D_c}{2} \cdot f_n \cdot K_{cfz} \cdot \sin K_r$$

$$M_C = \frac{D_c \cdot f_n \cdot K_{cfz} \cdot a_p}{2000} \cdot \left(1 - \frac{a_p}{D_c}\right),$$

$D_c$  – диаметр сверла,  $D_c = 13,5\text{мм}$ ;

$K_r$  – угол в плане (половина угла при вершине сверла),  $K_r = 90^\circ$ ;

$K_{cfz}$  – сила резания на одной режущей кромке,  $K_{cfz} = 245 \text{ Н/мм}^2$ ;

$$F_{\bar{N}} = 0,5 \cdot \frac{13,5}{2} \cdot 0,25 \cdot 245 \cdot \sin K_r = 206,7 \text{ Н} \quad (2.11.)$$

$$\dot{M}_{\bar{N}} = \frac{13,5 \cdot 0,25 \cdot 245 \cdot 6,75}{2000} \cdot \left(1 - \frac{6,75}{13,5}\right) = 1,4 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2.12.)$$

1.7. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{D_c \cdot f_n \cdot K_{cfz} \cdot V}{240 \cdot 10^3} = \frac{13,5 \cdot 0,25 \cdot 245 \cdot 100}{240 \cdot 10^3} = 0,34 \text{ кВт}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{штп.}}$$

**Рассчитываю основное время:**

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 50(\text{мм})$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_0 = L / v_f \times i = 50 / 590 \times 1 = 0,1 \text{ мин.}$$

**7 переход.**

**Исходные данные:**

Фрезеровать отверстие  $14^{+0,12}$  мм на длину 24,5мм.

Режущий инструменты: фреза *SZE4130SG*,

Материал фрезы сверх-микрочернистый карбид с покрытием MIRACLE (Al, Ti)N,

Число зубьев –  $z=4$ , диаметр фрезы – 13мм.

**Рассчитываю режимы резания:**

1.1. Определяем глубину резания:

$$a_p = 0,25(\text{мм})$$

1.2. Определяем ширину фрезерования:

$$a_e = 12,25(\text{мм}).$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с.В284):

$$v_f = 720 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая частота вращения (с.В284):

$$n = 2500 \text{ мин}^{-1}$$

1.5. Определяем скорость резания:

$$V = \pi \times D \times n / 1000 = \pi \times 13 \times 2500 / 1000 = 102 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a_d \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_{Fs}}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

$K_{Fs}$ - удельная сила резания,  $K_{Fs} = 2100 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{0,25 \cdot 12,25 \cdot 720 \cdot 2100}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,1 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V_f / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,1 \times 1020 \times 60 / 102 = 60 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шп.}}$$

**Рассчитываю основное время:**

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 100(\text{мм})$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_0 = L / vf \times i = 100 / 720 \times 1 = 0,2 \text{ мин.}$$

### 8 переход.

#### Исходные данные:

Фрезеровать отверстие диаметром  $8^{+0,3}$  на длину  $0,8^{+0,5}$  мм

Режущий инструмент: фреза *SZE4080SG*,

Материал фрезы сверх-микрoзернистый карбид с покрытием MIRACLE (Al, Ti)N,

Число зубьев –  $z = 4$ , диаметр фрезы – 8 мм.

#### Рассчитываю режимы резания:

1.1. Определяем глубину резания:

$$a_p = 8(\text{мм})$$

1.2. Определяем ширину фрезерования:

$$a_e = 0,8(\text{мм}).$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с.В284):

$$vf = 800 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая частота вращения (с.В284):

$$n = 3700 \text{ мин}^{-1}$$

1.5. Определяем скорость резания:

$$V = \pi \times D \times n / 1000 = \pi \times 8 \times 3700 / 1000 = 93 (\text{мин}^{-1})$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a\check{d} \cdot a\check{a} \cdot vf \cdot KFs}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

$k_{Fs}$ - удельная сила резания,  $k_{Fs} = 2450 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{8 \cdot 0,8 \cdot 800 \cdot 2450}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,3 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V\phi / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,3 \times 1020 \times 60 / 93 = 200 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{штп.}}$$

#### Рассчитываю основное время:

1.9. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 20(\text{мм})$$

1.10. Определяем основное время:

$$T_0 = L / S_m \times i = 20 / 800 \times 1 = 0,05 \text{ мин.}$$

**9 переход.**

**Исходные данные:**

Фрезеровать паз шириной  $36_{+0,16}$  мм глубина 42,5 мм.

Режущий инструмент: фреза *DCCCR3208S32*,

Фреза с пластинами *CCMX09T304EN – A F7030*,

Число зубьев –  $z = 4$ , диаметр фрезы – 32мм.

**Рассчитываю режимы резания:**

1.1. Глубина резания:

$$a_p = 1,5 \text{ мм}$$

1.2. Ширину фрезерования:

$$a_e = 22 \text{ мм}$$

1.3. Рекомендуемая минутная подача (с.С132) :

$$vf = 100 \text{ мм/мин}$$

1.4. Рекомендуемая скорость резания(с.С132) :

$$V = 140 \text{ м/мин}$$

1.5. Определяем расчетную частоту вращения:

$$n = 1000 \times V / \pi \times D = 1000 \times 140 / 3,14 \times 32 = 1393 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

1.6. Определяем мощность резания:

$$N_e = \frac{a_{\check{d}} \cdot a_{\hat{a}} \cdot vf \cdot KFs}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta},$$

KFs- удельная сила резания,  $k_{Fs} = 2850 \text{ Н/мм}^2$  ( стр. G021)

$$N_e = \frac{1,5 \cdot 22 \cdot 100 \cdot 2850}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,35 \text{ кВт}$$

1.7. Определяем силу резания:

$$\text{Т. к. } N_e = P_z \times V_{\phi} / 1020 \times 60, \text{ то}$$

$$P_z = N_e \times 1020 \times 60 / V = 0,35 \times 1020 \times 60 / 140 = 153 \text{ Н}$$

1.8. Проверка мощности станка:

$$N_{\text{рез.}} < N_{\text{шт.}}$$

**Рассчитываю основное время:**

1.12. Определяем длину работы фрезы:

$$L = 120(\text{мм})$$

1.14. Определяем основное время:

$$T_0 = L / S_M \times i = 120 / 100 \times 1 = 1,20\text{мин}$$

Таблица 2.6

Сводных результатов режимов резания на фрезерную операцию 010.

Элементы режимов резания	Обозначение	Переходы.								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глубина резания	ap (мм)	2	14	1	1	0,54	6,75	0,25	8	1,5
Подача	vf (мм/мин)	536	500	650	700	740	590	720	800	100
Частота вращения	n (мин <sup>-1</sup> )	765	2200	2500	3700	4400	2360	2500	3700	1393
Скорость резания	V (м/мин)	120	96,7	110	93	110,5	100	102	93	140
Мощность резания	Ne (кВт)	1	0,4	0,54	0,76	0,8	0,34	0,1	0,3	0,35
Основное время	To (мин)	1,02	0,41	0,38	0,63	0,6	0,1	0,2	0,05	1,2

## 2.9. Нормирование технологической операции

Технические нормы времени в условиях массового производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом. Нормируем операцию 010 фрезерная с ЧПУ.

При серийном производстве рассчитывается норма штучного времени  $T_{шт.}$ , дополнительно подготовительно-заключительное время  $T_{п.з}$  и штучно-калькуляционное время  $T_{шт. к.}$ .

*Норма штучного времени рассчитывается по следующей формуле :*

$$T_{шт.} = T_0 + T_v + T_{обсл.} + T_{отд.}, \quad (2.13)$$

где  $T_0$  – основное технологическое время, мин.; затрачивается на непосредственное осуществление технологического процесса, т.е. на изменение формы, размеров и качества обрабатываемой поверхности детали, основное (технологическое) время для нормируемой операции рассчитано в разделе «Расчёт режимов резания»,  $T_0 = 4,6$  мин.

$T_B$  – вспомогательное время, мин.; расходуется рабочим на действия, обеспечивающие выполнение основной работы. При расчете нормы штучного времени учитывается только часть вспомогательного времени, не перекрываемая машинным временем. Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные преумы:

$$T_B = t_{yc} + t_{уп} + t_{oc} + t_{изм}, \quad (2.14.)$$

где  $t_{yc}$  – время на установку и снятие детали,  $t_{yc} = 0,4$  мин.;

$t_{уп}$  – время на приемы управления станком,  $t_{уп} = 2,25$  мин.;

$t_{oc}$  – время на очистку станка от стружки,  $t_{oc} = 0,14$  мин.;

$t_{изм}$  – время на измерение детали,  $t_{изм} = 0,19$  мин.

$$T_B = 0,4 + 2,25 + 0,14 + 0,19 = 2,98 \text{ мин.}$$

Оперативное время  $T_{оп} = T_o + T_B = 4,6 + 2,98 = 7,58$

$T_{обсл}$  – время на обслуживание рабочего места состоит из двух частей:

- времени на техническое обслуживание рабочего места  $t_{тех}$ , которое затрачивается на смену затупившегося режущего инструмента, на регулировку и подналадку станка во время работы и на уборку стружки на рабочем месте во время работы;

$$t_{тех} = 2,5\% \cdot T_o = 0,115 \text{ мин.}$$

- времени на организационное обслуживание рабочего места  $t_{орг}$ , которое требуется для раскладки инструмента в начале смены и уборки его в конце смены, осмотра и опробования оборудования, получения инструктажа в течение рабочего дня, смазки и чистки станка в течение смены и уборки рабочего места в конце смены.

$$t_{орг} = 1,2\% \cdot T_{оп} = 0,09 \text{ мин.}$$

$$T_{обсл} = t_{тех} + t_{орг} = 0,115 + 0,09 = 0,205 \text{ мин.}$$

$T_{отд}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от веса обрабатываемой детали, и определяется в процентах от оперативного времени  $T_{оп}$ .

$$T_{отд} = 5\% \cdot T_{оп} = 0,38 \text{ мин.} \quad (2.15.)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_B + T_{обсл} + T_{отд} = 4,6 + 2,98 + 0,205 + 0,38 = 8,165 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени  $T_{шт.к}$  определяется по следующей формуле:

$$T_{шт.к} = T_{шт.} + T_{п.з}/n, \quad (2.16.)$$

где  $T_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время,  $T_{п.з} = 24$  мин.;

$n$  — размер партии (число деталей),  $n = 40$  дет.

$$T_{шт.к} = 8,165 + 24/40 = 8,765 \text{ мин.}$$

### 3. ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1. Задание на патентные исследования

Тема дипломного проекта: «Разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус» 235.00.03.007.01. Программа выпуска 2000 штук в год»

Цель патентных исследований: поиск возможных сменных режущих пластин для концевых и торцевых фрез, отличающихся повышенной стойкостью и обеспечивающих высокое качество обработки.

ФИО студента	Группа	Выдано

Страны патентного поиска:

Российская Федерация, Германия, Япония, США, Великобритания, Италия.

Глубина патентного поиска: 2010– 2016 г.г.

Научный руководитель \_\_\_\_\_ ФИО  
подпись

### 3.2. Справка о результатах патентных исследований

Страна	Индекс МКИ	Перечень просмотренных материалов (что и за какой период просмотрено)	Выявленные аналоги. Библиографические данные патентов, достаточные для их нахождения.
1. Россия	<i>B 23 B 27/00, B 23 C 5/10</i>	<i>Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки» 1993-2008</i>	<i>Сменная режущая пластина для фрезы RU 2 010 682 C1 Опубл. 15.04.1994</i>
2. Россия	<i>B 23 B 5/10, C 5/20</i>	<i>Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки» 1993-2008</i>	<i>Режущая пластина RU 2 067 514 C1 Опубл. 10.10.1996</i>
3. Россия	<i>B 23 B 5/10, C 5/20</i>	<i>Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки» 1993-2008</i>	<i>Режущая пластина для фрез RU 2 070 482 C1 Опубл. 20.12.1996</i>
4. Россия	<i>B23C 5/06 B23C 5/10 B23C 5/20</i>	<i>Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки» 1993-2008</i>	<i>Режущая пластина RU 2 287 410 C1 Опубл. 20.11.2008</i>
5. Франция, Германия	<i>B23 C 5/20</i>	<i>Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки» 1993-2008</i>	<i>Режущая пластина WO 01/83142 A1 Опубл. 28.04.2010</i>
6. Япония	<i>B23 C 5/20</i>	<i>Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные</i>	<i>Режущая пластина Пат. №..... Опубл. 12.12.2014</i>

		<i>образцы и товарные знаки» 1993-2008</i>	
--	--	--	--

### 3.3. Патентный обзор

Условие обработки детали на станке требуют применение режущих инструментов, отличающихся повышенной стойкостью и обеспечивающих высокое качество обработки. С целью выполнения данных требований была поставлена задача поиска возможных конструкций сменных режущих пластин для концевых и торцевых фрез.

Основными критериями являются:

1. Повышение стойкости режущего инструмента.
2. Повышение эффективности (производительности) механической обработки

Обзор патентных исследований приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

#### Обзор патентных исследований

Наименование и номер авторского свидетельства	Цель	Существенные признаки отличия	Применение в курсовом проекте
Сменная режущая пластина для фрезы RU 2 010 682 С1	Повышение стойкости режущего инструмента	Режущая пластина изготовлена по меньшей мере с одной режущей кромкой, контур которой определён между передней поверхностью резания и затылованной задней поверхностью пластины. Затылованная задняя поверхность содержит первую часть, контуры которой определены между режущей кромкой и промежуточной частью затылованной задней поверхности, и вторую часть, контуры	Может быть рекомендован для фрезерования

Продолжение табл. 3.1

		которой определены между промежуточной частью и основанием пластины.	
--	--	--	--

<p>Режущая пластина RU 2 067 514 C1</p>	<p>Усовершенствование фрезерной пластины для фрезерной головки торцевого фрезерования, с тем, чтобы уменьшить вибрации при резании, лучшим образом распределить усилия резания вдоль режущей кромки и осуществить непрерывную обработку.</p>	<p>Режущие кромки пластины содержат два плавносопрягаемых участка, наклонных навстречу друг другу, при установке на фрезе осевой передний угол участка режущей кромки, прилегающего к рабочей вершине, выбран в диапазоне <math>4^{\circ} \dots 30^{\circ}</math> и больше, чем осевой передний угол прилегающего к нерабочей вершине участка режущей кромки, который выбран в диапазоне <math>\pm 15^{\circ}</math>.</p>	<p>Может быть рекомендован для фрезерования</p>
<p>Режущая пластина для фрез RU 2 070 482 C1</p>	<p>Создание новой, более совершенной режущей пластины, имеющей повышенную механическую прочность.</p>	<p>Режущая пластина для фрезы, имеющая по меньшей мере одну главную режущую кромку, включающую первую, вторую и третью составляющие части, из которых средняя по существу одинаковая по протяженности с крепежным отверстием, значительно длиннее первой и второй имеет относительно базовой кромки пластины положительный статический угол наклона, существенно больший таких же углов наклона крайних частей.</p>	<p>Может быть рекомендован для фрезерования</p>

Окончание табл. 3.1

<p>Режущая пластина RU 2 287 410 C1</p>	<p>В повышение надежности закрепления режущей пластины в гнезде корпуса фрезы за счет увеличения сил резания, прижимающих режущую пластину к боковым опорам поверхностям гнезда корпуса фрезы.</p>	<p>Индексируемая двухсторонняя режущая пластина в форме ромба ограничена двумя торцевыми сторонами и боковой поверхностью и имеет на каждой торцевой стороне опорную поверхность и переднюю поверхность, две первые режущие кромки и две вторые режущие кромки, при этом в каждом их острых углов ромба первая кромка соединена со второй кромкой по угловой радиусной режущей кромке. Для повышения надежности закрепления режущей пластины в гнезде корпуса фрезы за счёт увеличения сил резания.</p>	<p>Может быть рекомендован для фрезерования</p>
---	--	---	---

Проведенный патентный поиск позволил выявить 6 конструкции сменных режущих пластин для концевых и торцевых фрез, которые могут быть использованы на фрезерной операции. Конструкция рассмотренных фрез и их описание см. в приложенных авторских свидетельствах.

## 4. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

### Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния детали «корпус»

#### 4.1. Постановка задачи исследования

Наиболее ответственным элементом изделия является деталь «Корпус», которая испытывает комбинированные нагрузки. Геометрия детали сложная, поскольку выполнена из множества геометрических примитивов. Рабочие нагрузки на данную деталь определены в конструкторской части проекта.

Традиционный подход к расчету такой детали является сильно упрощенным и не может использоваться в нашем случае. Это объясняется не только отсутствием аналитических решений для подобной геометрии, но и наличием в детали сразу нескольких существенных концентраторов напряжений. Следовательно, необходимо проводить анализ напряженно-деформированного состояния данной детали с помощью численных методов. С целью оптимизации конструкции «Корпус» (снижения массогабаритных характеристик без изменения прочности и жесткости конструкции) в дипломном проекте необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- определить объемное напряженно-деформированное состояние (НДС) детали при действии рабочих давлений;
- определить поля напряжений и деформаций при различных зазорах и углах перекося;
- выявить опасные участки с точки зрения прочности и жесткости;
- дать рекомендации по усовершенствованию конструкции детали по надежности и долговечности.

Решение поставленных задач проводилось в программном пакете *Pro/Mechanica Winfire*, основанного на методе конечных элементов, особенностью которого по сравнению с другими аналогичными программами являются высокая сходимость (точность) решения, определяемая пользователем, удобная дискретизация модели и высокая достоверность результатов.

#### 4.2. Метод конечных элементов

Решение задач по определению объемного НДС в программном пакете *Pro/Mechanica Winfire* основано на методе конечных элементов, который получил широкое распространение в последние 10 лет. Появление и развитие ЭВМ изменило математические методы решения математических задач. Предпочтение отдается численным методам, поддающимся большей алгоритмизации и удобным для реализации на современных быстродействующих ЭВМ.

В основе численных методов лежит замена континуальной расчетной модели с непрерывным распределением параметров и бесконечным числом степеней свободы дискретной моделью, имеющей конечное число неизвестных, которое может быть очень большим.

Большое распространение получил метод конечных элементов, который наиболее удобен для реализации на ЭВМ благодаря четкой формализации отдельных этапов решения задачи и матричной форме решения. Для расчета область расчленяют на конечное число малых элементов, обычно в виде треугольников для плоской задачи и многогранников для пространственной задачи. В пределах элемента перемещения представляют с помощью суммы аппроксимирующих функций. Например,

$$U(x,y,z)=\sum a_r f_r(x,y,z), \quad (4.1.)$$

где  $f_r(x,y,z)$ - заранее выбранные функции;  $a_r$ - неизвестный параметр. Число параметров  $v$  выбирается равным числу узлов элемента, что дает возможность выразить смещения как линейные функции узловых смещений этого же элемента.

Для элемента в виде трубы принимаем, что смещение представляет линейную функцию координат

$$U(x,y,z)=\alpha_1+\alpha_2x+\alpha_3y+\alpha_4z. \quad (4.2.)$$

Обозначая  $u(x_i,y_i,z_i)=u_i; v(x_i,y_i,z_i)=v_i; w(x_i,y_i,z_i)=w_i$

$$\{U_n\} = \begin{Bmatrix} u(x,y,z) \\ v(x,y,z) \\ w(x,y,z) \end{Bmatrix} = \left[ \Phi_i^{(n)} \Phi_j^{(n)} \Phi_l^{(n)} \Phi_m^{(n)} \right] \begin{Bmatrix} U_i \\ U_j \\ U_l \\ U_m \end{Bmatrix} \quad (4.3.)$$

где  $u_i, v_i, w_i$ - компоненты смещения узла  $i$  элемента  $n$ , находим из (5.2) вектор смещения для узла в виде

где  $\Phi_i^{(n)}, \dots, \Phi_m^{(n)}$  – квадратные матрицы (3×3);

$U_i, \dots, U_m$  – векторы смещения четырех узлов

$$U_i = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{Bmatrix}; \dots; U_i = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{Bmatrix}. \quad (4.4.)$$

В более краткой форме равенство (5.3) можно записать с помощью матриц и векторов, содержащих блоки,

$$\begin{Bmatrix} 3 \times 1 \\ u_n \\ 1 \times 1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \times 3 \\ \Phi_n \\ 1 \times 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 3 \times 1 \\ U_n \\ 4 \times 1 \end{Bmatrix}. \quad (4.5.)$$

В дальнейшем указаны числа строк и столбцов в блоке матрицы (верхние цифры) и числа строк и столбцов в самой матрице (нижние цифры).

После того как сформирована матрица аппроксимирующих функций  $[u_n]$ ,

$$\begin{Bmatrix} 1 \times 1 \\ e \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \times 3 \\ D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \times 3 \\ \Phi_n \\ 1 \times 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 3 \times 1 \\ U_n \\ 4 \times 1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \times 3 \\ B_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 3 \times 1 \\ U_n \\ 4 \times 1 \end{Bmatrix}, \quad (4.6)$$

вектор деформации можно записать с помощью матрицы дифференцирования где

(4.7.)

$$\begin{Bmatrix} 1 \times 1 \\ \sigma_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \times 1 \\ A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \times 3 \\ B_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 3 \times 1 \\ U_n \\ 4 \times 1 \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 \times 1 \\ \alpha T \end{bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1 \times 1 \\ \epsilon^0 \end{Bmatrix} \quad (4.8.)$$

В соответствии с законом упругости вектор напряжения равен:

$$\begin{bmatrix} 1 \times 3 \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dx} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{d}{dy} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{d}{dz} \\ \frac{d}{dy} & \frac{d}{dz} & 0 \\ 0 & \frac{d}{dz} & \frac{d}{dy} \\ \frac{d}{dz} & 0 & \frac{d}{dx} \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} 1 \times 3 \\ D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \times 3 \\ \Phi_n \\ 1 \times 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \times 3 \\ B_n \end{bmatrix}$$

Для получения разрешающей системы уравнений используют начало возможных перемещений (для всего тела), что обеспечивает выполнение условий равновесия:

$$\iiint_V \{\delta \epsilon\}^T \{\sigma\} dV - \iiint_V \{\delta u\}^T \{P\} dV - \iint_S \{\delta u\}^T \{Q\} dS = 0 \quad (4.9.)$$

где

векторы внешних нагрузок (объемной и поверхностной).

Проинтегрировав по всем элементам, будем иметь ( $N_e$  – число элементов),

$$P = \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} \quad Q = \begin{Bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{Bmatrix} \quad (4.10.)$$

Последний интеграл распространяется на поверхности элемента, принадлежащие внешней поверхности тела; для всех внутренних элементов он обращается в ноль.

Учитывая равенство (4.5), (4.6) и (4.8) находим,

$$\sum_{n=1}^{N_e} \left( \iiint_{V_n} \{\delta \varepsilon_n\}^T \{\sigma_n\} dV \iiint_{V_n} \{\delta u_n\}^T \{P\} dV - \iint_{S_n \in S} \{\delta u_n\}^T \{Q\} dS \right) = 0 \quad (4.11.)$$

Вследствие независимости произвольных вариаций  $\{\delta U_n\}$  соотношение (5.8) эквивалентно системе  $3N_e$  линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{n \in i} \left\{ \left( \iiint_{V_n} [B_n]^T [A][B_n] dV \right) \{U_n\} - \iiint_{V_n} [B_n]^T [A] \left( \{\alpha T\} + \{\varepsilon^0\} \right) dV - \iint_{S_n \in S} [\Phi_n]^T \{Q\} dS \right\} = 0. \quad (4.12.)$$

Запись  $n \in i$  означает, что в уравнение входят только элементы, примыкающие к  $i$ -му узлу. Индекс  $i$  показывает, что в сумму входят составляющие, связанные с узлом  $i$  (в четырехблочном векторе для тетрайдального элемента  $n$  сохраняется блок узла  $i$ ).

Матрица разрешающей системы (4.12) является редко заполненной и при надлежащем порядке нумерацию узлов имеет ленточную структуру.

Часто используют механическую трактовку уравнения (4.12), при которой отдельные слагаемые рассматривают как обобщение усилия, а величину

$$\iiint_{V_n} [B_n]^T [A][B_n] dV = \begin{Bmatrix} 3 \times 3 \\ k_n \\ 4 \times 4 \end{Bmatrix} \quad (4.13.)$$

как матрицу жесткости элемента  $n$ .

Тогда если через  $\{Q_n\}$  обозначить узловые нагрузки, которые статически эквивалентны граничным напряжениям

$$\iiint_{S_n \in S} [\Phi_n]^T [Q] dS = \{Q_n\}$$

то уравнение (5.12) для одного элемента имеет вид

$$[k_n]\{u_n\} = \{Q_n\}.$$

Матрица жесткости элемента  $n$  имеет блочную структуру, связанную с блочной структурой векторов  $\{u_n\}$  и  $\{Q_n\}$ :

$$[k_n] = \begin{bmatrix} k_{ii} & k_{ij} & k_{il} & k_{im} \\ k_{ji} & k_{jj} & k_{jl} & k_{jm} \\ k_{li} & k_{lj} & k_{ll} & k_{lm} \\ k_{mi} & k_{mj} & k_{ml} & k_{mm} \end{bmatrix}$$

где  $k_{ii}, \dots, k_{mm}$  – квадратные подматрицы (блоки) размерности (3x3),

Подматрица  $k$  показывает реакцию (обобщенное усилие) в узле  $i$  тетраида от единичного смещения его  $j$ -ого узла при неподвижных узлах  $i, m, l$ .

Так как вся конструкция состоит из совокупности элементов, то матрицы жесткости отдельных элементов объединяются в матрицу системы.

В одном узле сетки обычно сходятся несколько элементов, и каждый из них вносит вклад в матрицу жесткости, и  $i$ -ая строка суммарной матрицы жесткости будет содержать соответствующие компоненты матриц жесткости элементов, примыкающих к  $i$ -му узлу.

С учетом (5.12) матрица жесткости конструкции  $[K]$ , содержащей  $n$  узлов,

$$[K] = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & K_{nn} \end{bmatrix}.$$

Обозначая векторы внешних сосредоточенных узлах сетки усилий и перемещений узлов сетки соответственно

$$\{Q\} = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Q_n \end{Bmatrix}; \quad \{U\} = \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{Bmatrix};$$

получим систему линейных уравнений относительно узловых смещений

По физическому смыслу уравнение представляет собой хранение равновесия системы (в смещениях). Для получения единственного решения система должна быть дополнена граничными условиями в перемещениях.

Метод конечного элемента может быть эффективно реализован при наличии полностью автоматизированной программы, реализующей все этапы расчета

$$\{Q\} = [K]\{U\}.$$

конструкции. Программа должна быть универсальной пригодной для широкого круга практических задач.

Весьма эффективны программы, имеющие блок автоматического разбиения области на элементы, сокращающие процесс составления и контроля обширной исходной информации. Целесообразно применять графический контроль данных о геометрии области и характера ее разбиения, а также выходной информации.

Примеры разбиения детали на конечные элементы представлены ниже и в графической части проекта.

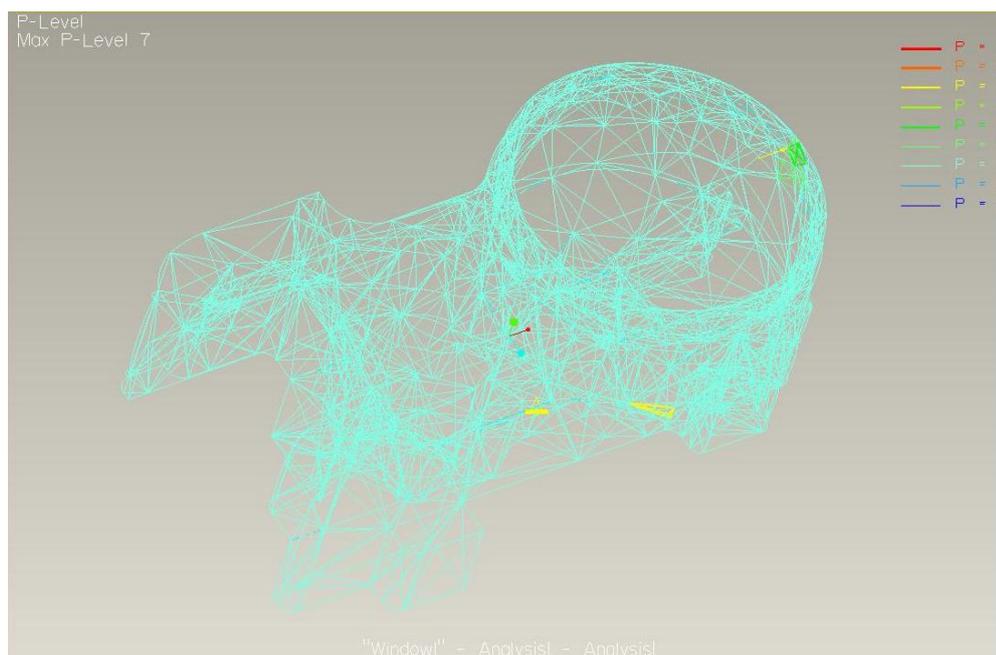


Рис. 4.1. Конечно-элементные модели исследуемой детали.

Анализ результатов дискретизации показывает, что наиболее приемлемым с точки зрения скорости расчета и точности является предпоследний вариант со следующими параметрами: 4881 элемент и 1268 узлов. Его мы выбираем для дальнейшего расчета. Для исследования напряженно-деформированного состояния упругого элемента вакуумного схвата ПР, возникающего при приложении нагрузки,

необходимо создать расчетную схему модели. В эту схему входит определение параметров материала, приложение граничных условий (параметры закрепления и нагружения). На рис. 4.1 представлена схема нагружения присоски, стрелками показаны направления давления, оказывающие на стенки детали.

Основываясь на разработанных моделях, отдельно рассчитывались силовые нагружения, возникающие в теле модели руки для различных нагрузок. Расчет производился в модуле системы Pro/Engineer Winfire

### 4.3. Анализ результатов расчета

Поля напряжений и деформаций упругого элемента вакуумного схвата представлены в графической части работы.

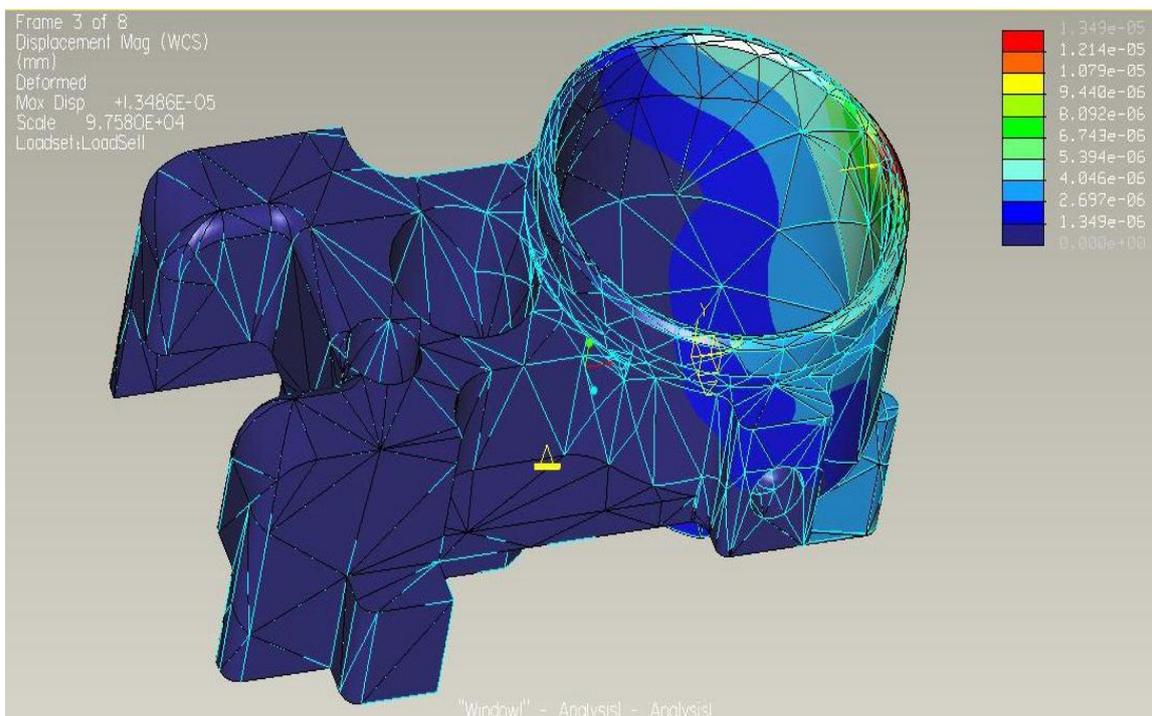


Рис. 4.2 Упругие деформации.

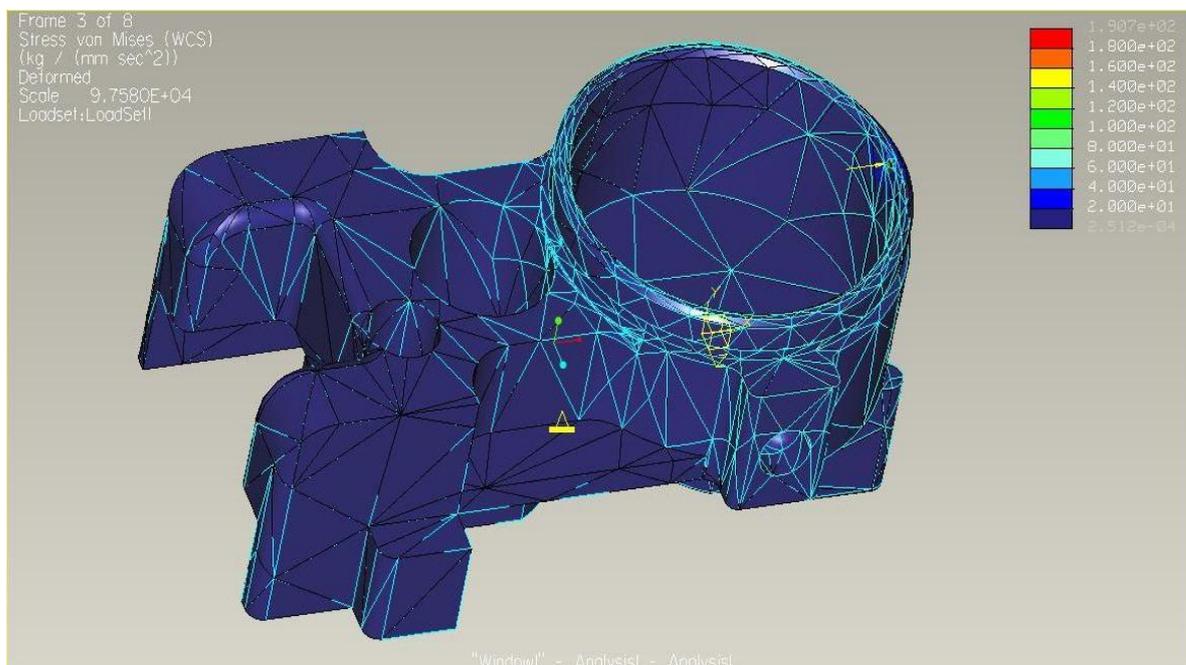


Рис.4.3 Максимальные напряжения

Из анализа областей видно, что опасные напряжения возникают в местах сопряжения плоской и кольцевой частей присоски. Из анализа участков с максимальными напряжениями видно, что наибольшую опасность представляет перекус более 3 градусов. Так при перекусе схвата в 4,5 градуса при надежном захвате детали максимальные растягивающие напряжения в упругом элементе составляют 2 МПа, при отсутствии перекуса – 0,2 МПа, а допускаемые для выбранного материала – 25 МПа.

Следовательно, перекус более 2,5 градусов недопустим при эксплуатации данного схвата. Наибольший вклад в максимальные эквивалентные напряжения вносит составляющая напряжений в плоскости XX. На остальные составляющие приходится не менее 35% от общей. Это обстоятельство доказывает обоснованность применения объемной (а не плоской) модели при исследовании напряженно-формированного состояния упругого элемента.

## 5. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 5.1. Описание конструкции станочного приспособления

В современном машиностроении невозможно реализовать спроектированный технологический процесс без соответствующей технологической оснастки. От правильного выбора приспособлений, как и других элементов технологического оснащения, зависят технико-экономические показатели технологического процесса.

Приспособлением называют сменные устройства, которыми оснащают металлорежущие станки для эффективного выполнения задач технологической операции в конкретных производственных условиях. Применение приспособлений расширяет технологические возможности станка, повышает точность обработки, сокращает основное и вспомогательное время, облегчает труд рабочего, создает безопасные условия работы. Приспособления предназначены для базирования и закрепления заготовок относительно режущих инструментов и рабочих органов станка.

Деталь «корпус» обрабатывается на вертикальном станке с ЧПУ модели Mazak VARIAXIS 500-5X. Производится фрезерование контура детали и обработкой отверстия  $\text{Ø}14^{+0,12}$ .

Основными элементами данного станочного фрезерного приспособления является пневматическая подставка (поз. 11), на которой крепится через болты (поз.21) и гайки (поз.24) основное зажимное устройство приспособления, состоящее из плиты (поз. 1), на которой установлены вспомогательные элементы. Деталь при обработке устанавливается основным отверстием на базу (поз. 5) при этом так же установочным элементом является штырь (поз. 2) на который центруется деталь по отверстию  $\text{Ø}26,7^{0,045}$ , в качестве упора для плоскости служит

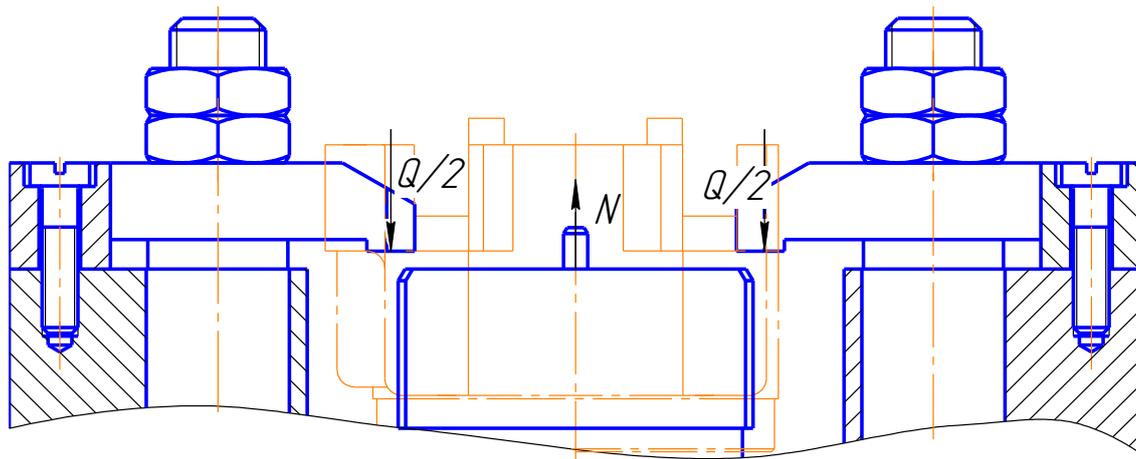
винт (поз. 9). Установочные элементы служат для определения положения обрабатываемой поверхности заготовки относительно режущего инструмента. Зажимные элементы служат для закрепления заготовки в приспособлении. В данном приспособлении зажимным элементом служат прижимы (поз. 3), для устойчивости детали, через устройства равновесия коромысло, которое связано со штоком и пневмокамерой через штифт (поз. 29), планку (поз. 6), штифты (поз. 33) и болтами (поз. 22). Пневмокамера, представляет собой силовой узел одностороннего действия, состоит из двух шайб, между которыми зажата диафрагма. При впуске сжатого воздуха в полость цилиндра диафрагма оказывает давление на гайку штока и перемещает его в низ. При обратном действии штока, выходе воздуха в атмосферу под действием пружин (поз. 26) диафрагма

становиться выпуклой, прижимы поднимаются, деталь освобождается от зажима. Центрующими элементами являются шпонки (поз. 28).

Приспособления крепят к T-образным пазам болтами, которые служат для установки приспособления на стол станка по отношению к шпинделю с инструментом.

## 5.2. Силовой расчет станочного приспособления

1. Определение величины усилия закрепления необходимая и достаточная для удержания заготовки в процессе резания:



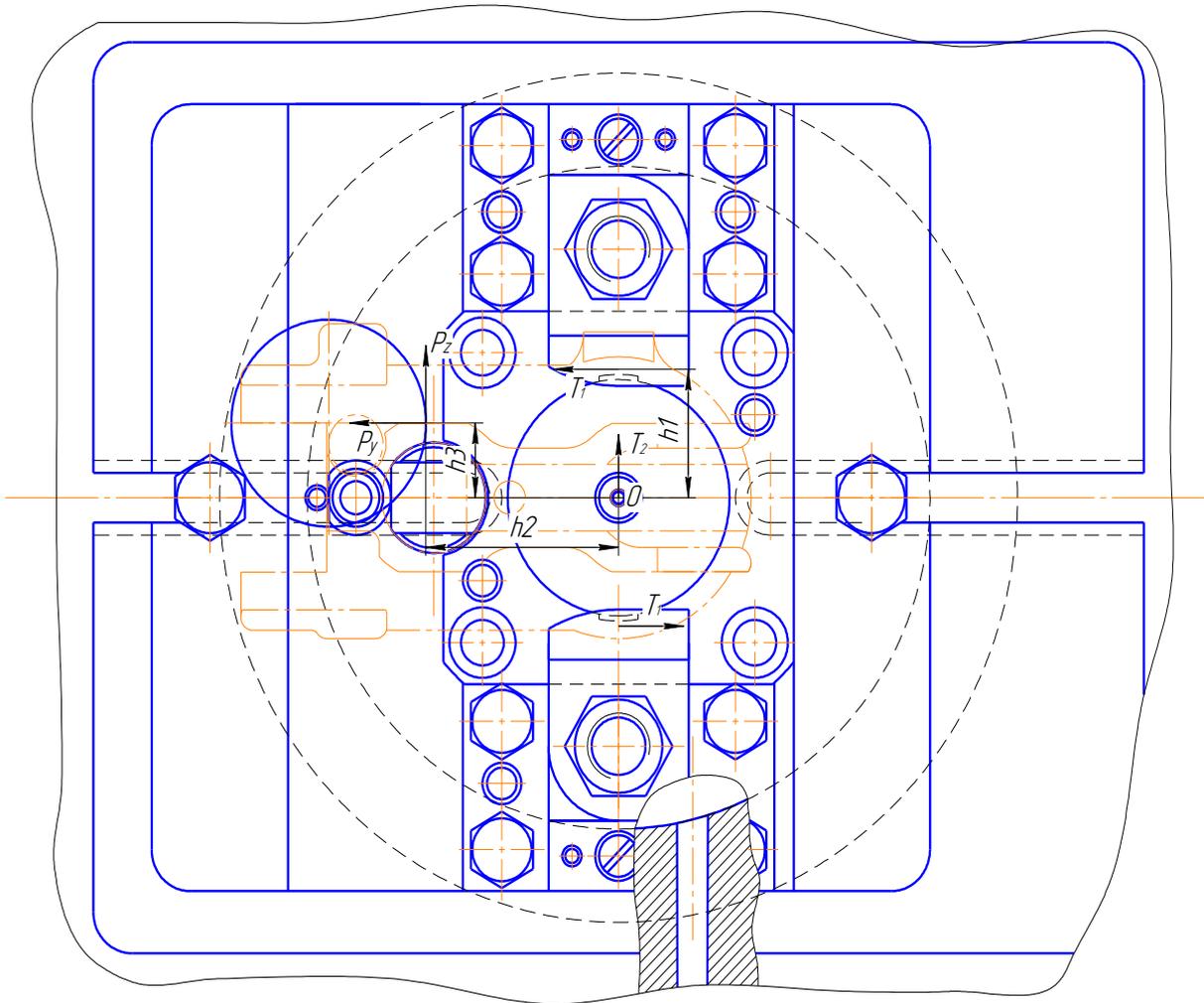


Рис. 5.1. Расчетная схема установки заготовки и силы, действующие на неё.

$$\sum M_o = 0, M_{рез.} = M_{тр.оп.} + M_{тр.зж.} \quad (5.1)$$

где  $M_{тр.зж.}$  – момент трения зажима элемента, находится по формуле:

$$\dot{I}_{\partial\partial.ф.у.} = T_1 \cdot h_1, \quad (5.2)$$

где  $h_1$  – плечо,  $h_1 = 32$  мм.

$T_1$  – сила трения опор,

$$T_1 = 2 \cdot f_1 \cdot \frac{Q}{2}$$

где  $Q$  – усилия закрепления;

$f_1$  – коэффициент трения,  $f_1 = 0,16$ ;

$M_{\text{тр.оп}}$  – момент трения опор, находится по формуле:

$$M_{\text{тр.оп}} = \frac{1}{3} \cdot f_2 \cdot N \cdot D, \quad (5.3)$$

где  $N$  – реакция опор,  $N = Q$ ;

$f_2$  – коэффициент трения,  $f_2 = 0,16$ .

$D$  – диаметр базы,  $L = 57\text{мм}$ .

$M_{\text{рез.}}$  – момент резания, находится по формуле:

$$M_{\text{рез.}} = P_z \cdot h_2 + P_y \cdot h_3,$$

где  $P_z$  – сила резания,  $P_z = 510\text{Н}$  (из пункта 3.8.);

$P_y = 0,3 \cdot P_z = 0,3 \cdot 510 = 153\text{мм}$ ;

$h_2$  – плечо,  $h_2 = 49,5\text{мм}$ ;

$h_3$  – плечо,  $h_3 = 18\text{мм}$ ;

$$P_z \cdot h_2 \cdot k + P_y \cdot h_3 = f_1 \cdot Q \cdot h_1 + \frac{1}{3} \cdot f_2 \cdot Q \cdot D,$$

следовательно

$$Q = \frac{P_z \cdot h_2 \cdot k + P_y \cdot h_3}{f_1 \cdot h_1 + \frac{1}{3} \cdot f_2 \cdot D}, \quad (5.4)$$

где  $k$  – коэффициент запаса, находится по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (5.5.)$$

где  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – учитывает возможные колебания припуска на обработку,  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – учитывает возрастания силы резания от затупления режущего инструмента,  $k_2 = 1,15$ ;

$k_3$  – учитывает прерывистость резания,  $k_3 = 1$ ;

$k_4$  – учитывает постоянства величины силы закрепления,  $k_4 = 1$ ;

$k_5$  – учитывает удобства расположения рукоятки приспособления,  $k_5 = 1$ ;

$k_6$  – учитывается, когда на заготовку действует момент резания,  $k_6 = 1$ ;

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,07;$$

$$Q = \frac{510 \cdot 49,5 \cdot 2,07 + 153 \cdot 18}{0,16 \cdot 32 + \frac{1}{3} \cdot 0,16 \cdot 57} = 6612\text{Н}$$

2. Определяем конструктивные параметры силового механизма приспособления, обеспечивающие нужную величину усилия закрепления.

Т. к. максимальное усилие закрепление  $Q = 6612\text{Н}$  по [4] (таб. 18 с. 91), выбираем диаметр цилиндра  $D = 160\text{мм}$ .

Сила на штоке мембранного пневоцилиндра  $P = 7200\text{Н}$

Основные параметры пневоцилиндра:

- Ход штока при выпуклой диафрагме,

$$L = 2 \cdot h, \quad (5.6)$$

где  $h$  – стрела выпуклости,  $h = 5\text{мм}$ ;

$L = 10\text{мм}$ .

- $s$  – толщина диафрагмы, определяется по формуле

$$s = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot p}{\sigma_{\max}}}, \quad (5.7)$$

где  $p$  – давление сжатого воздуха,  $p = 0,4\text{МПа}$ ;

$\sigma_{\max}$  – наибольшее допустимое напряжение в резиновой основе  $\sigma_{\max} \leq 50\text{МПа}$ ;

$$s = \frac{160}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{50}} = 6\text{мм}$$

- $d$  – диаметр опорной шайбы штока, для резиновых мембран

$$d = D - 2s - (2 \div 4) = 144\text{мм}.$$

### 5.3. Расчет станочного приспособления на точность

Целью точностного расчёта приспособления является сформулировать технические условия на изготовления приспособления.

При фрезеровании паза «Корпуса» на операции 010 необходимо обеспечить точность размера  $27,5 \pm 0,05$

1. Находим допустимую погрешность установки заготовки на размер  $27,5 \pm 0,05$ .

$$\varepsilon_{\text{аи}} = \sqrt{(\Delta_{\text{дод.}} - \sum \Delta_{\text{о}})^2 - \Delta_{\text{о}}^2 - \Delta_{\text{и}}^2 - 3 \cdot \Delta_{\text{е}}^2 - 3 \cdot \Delta_{\text{т}}^2}, \quad (5.8.)$$

где  $T_{\text{тех.}}$  – технический допуск,  $T_{\text{тех.}} = 0,1\text{мм}$ ;

$\sum \Delta_{\text{ф}}$  – суммарная погрешность формы, которая возникает из-за геометрических неточностей станка,  $\sum \Delta_{\text{ф}} = 0,00275\text{мм}$ ;

$\Delta_y$  – погрешность установки, которая возникает из-за упругих отжатий в технологической системе,  $\Delta_y = \omega(P_{x \max} + P_{y \min})$ ;

$$\omega = y/P$$

где  $y$  – наибольшее допустимое перемещение под нагрузкой стола относительно оправки закрепленной в шпинделе,  $y = 450$  мкм;

$P$  – сила,  $P = 20000$ Н;

$$\omega = 450/20000 = 0,0225 \text{ мкм/Н}$$

$P_{z \max} = 153$ Н,  $P_{z \min} = 70$ Н (пункт. 3.8.)

$P_{y \min} = 0,5 \cdot P_{z \min} = 35$ Н;  $P_{x \max} = 0,3 \cdot \text{tg} \omega \cdot P_{z \max} = 12,3$ Н,

$$\Delta_y = \omega \cdot (P_{x \max} + P_{y \min}) = 0,0225 \cdot 47,3 = 1,06 \text{ мкм} = 0,001 \text{ мм.}$$

$\Delta_n$  – погрешность настройки,  $\Delta_n = 0,01$ мм, т.к. точность отработанных сигналов 10мкм;

$\Delta_e$  – погрешность, которая возникает из-за износа режущего инструмента,

$$\Delta_e = \frac{L}{1000} \cdot \dot{e}_0,$$

где  $\dot{e}_0$  – относительный износ,  $\dot{e}_0 = 3$ мкм/км;

$L$  – путь, который проходит режущий инструмент при обработке,

$$L = L_N + L_H,$$

где  $L_N$  – длина пути для партии заготовок  $N = 40$ ,

$$L_N = L_d \cdot N,$$

где  $L_d$  – длина пути резания,

$$L_d = \frac{\pi \cdot D_\delta \cdot l}{s \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 120}{0,07 \cdot 1000} = 172 \text{ м},$$

$$L_N = 172 \cdot 40 = 6680 \text{ м},$$

$$L = 6680 + 1000 = 7680 \text{ м},$$

$$\Delta_e = \frac{7680}{1000} \cdot 3 = 23,04 \text{ мкм} = 0,023 \text{ мм.}$$

$\Delta_\tau$  – погрешность, которая возникает из-за температурной деформации,

$$\Delta_\tau = 0,1 \Delta_\Sigma, \Delta_\Sigma = T_{\text{тех.}} = 0,1 \text{ мм}, \Delta_\tau = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01;$$

$$\varepsilon_{\text{ит}} = \sqrt{(0,1 - 0,00275)^2 - 0,001^2 - 0,01^2 - 3 \cdot 0,023^2 - 3 \cdot 0,01^2} = 0,086 \text{ мкм}.$$

**2. Погрешность установки, которое создает приспособление.**

$$\varepsilon_\delta = \varepsilon_{\text{ит}} = \sqrt{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_\zeta^2 + \varepsilon_{\text{ит}}^2}, \quad (5.9)$$

следовательно

$$\varepsilon_{i\partial} = \sqrt{\varepsilon_{\partial\partial}^2 - \varepsilon_d^2 - \varepsilon_c^2} \quad (5.10)$$

где  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – погрешность положения заготовки, вызванная погрешностью приспособления;

$\varepsilon_6$  – погрешность базирования,  $\varepsilon_6 = S_{\text{max}} = 0,052\text{мм}$ ;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления,  $\varepsilon_3 = 0$ , т.к.

$$\varepsilon_{i\partial} = \sqrt{0,086^2 - 0,052^2 - 0} = 0,068 \text{ мм.}$$

**3.** Погрешность положение заготовки, вызванная погрешностью приспособления, находится по формуле:

$$\varepsilon_{i\partial} = \sqrt{\varepsilon_{\text{эц.а.и.д.}}^2 + 3 \cdot \varepsilon_{\text{эц.а.о.у.}}^2 + \varepsilon_{\text{н.д.}}^2}, \quad (5.11)$$

где  $\varepsilon_{\text{изг у.э.}}$  – износ установочных элементов,  $\varepsilon_{\text{изг у.э.}} = 1/2 \cdot \varepsilon_{\text{пр}} = 0,034\text{мм}$ ;

$\varepsilon_{\text{ст.}}$  – погрешность станка,  $\varepsilon_{\text{ст.}} = 0$ .

Следовательно, погрешность изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{\text{эц.а.и.д.}} = \sqrt{\varepsilon_{i\partial}^2 - 3 \cdot \varepsilon_{\text{эц.а.о.у.}}^2 - \varepsilon_{\text{н.д.}}^2} = \sqrt{0,068^2 - 3 \cdot 0,034^2 - 0^2} = 0,034\text{мм.}$$

Сформируем технические условия на изготовления приспособления:

Отклонение от параллельности поверхности торца базы (поз. 10) относительно нижней поверхности не более 0,06 мм на длине 100 мм.

Таким образом разработанное станочное приспособление обеспечивает требуемую точность выполняемого размера корпуса.

## **Заключение**

В результате анализа исходных данных для курсового проектирования сформулированы основные направления совершенствования технологического процесса механической обработки детали «Корпус» 235.00.03.007.01, которые коснулись основных разделов проекта.

1. Обоснован экономически эффективный метод получения заготовки, заменено устаревшее и малопроизводительное металлорежущее оборудование, обоснованы схемы базирования и закрепления, что позволило выполнить технические требования к детали при высокой производительности обработки.

2. В технологической части подробно рассмотрены вопросы получения заготовки, выбор схем базирования, рассчитаны припуски, а также режимы резания и нормы времени. Был усовершенствован и сокращен технологический маршрут изготовления детали, что позволило сократить время и повысить качество произведенной продукции.

3. В результате патентного поиска, выбраны возможные сменные режущие пластины для концевых и торцевых фрез, отличающихся повышенной стойкостью и обеспечивающих высокое качество обработки.

4. В исследовательской части произведен анализ напряженно-деформированного состояния в программном пакете Pro/Mechanica Winfire-3, основанном на методе конечных элементов.

5. В конструкторской части представлено описание конструкции станочного приспособления и координатно-измерительной машины. Выполнен силовой и точностной расчёт станочного приспособления, что обеспечило выполнение геометрических размеров в пределах конструкторских допусков.

Таким образом, курсовой проект представляет собой логическую структуру с последовательным изложением исследуемых вопросов и расчетов. Результаты исследования иллюстрируются плакатами и чертежами.

