

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, Машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, назва факультету)

Металорізальні верстати та інструмент

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему_ Проект багатопрофільного фрезерно-свердлувального верстата та
дослідження засобів оброблення стружки _____

Виконав: студент _6_ курсу, групи М-213м
спеціальності (напряму підготовки)

133 Галузеве машинобудування

Металорізальні верстати та системи

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Гук А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Петрикін В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Глушко А.В.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний факультет
 Кафедра Металорізальних Верстатів та інструменту
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Магістр
 Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
 Напрямок підготовки Металорізальні верстати та системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Рогов М. В.

" 17 " 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Гук Андрій Валерійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект багатопрофільного фрезерно-свердильного верстата та дослідження засобів оброблення стружки
 керівник проекту (роботи) Петрикін В. В.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 7 " листопада 2018 року № 339

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Проект багатоцільового верстата з ЧПК для обробки плоских деталей

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналітичний огляд; 2) Конструкторська частина; 3) Стан питання стружки в процесі механічної обробки; 4) Вибір та обґрунтування методу стружкооброблення при обробці шибких отворів та отворів малих діаметрів; 5) Вибір та обґрунтування конструкції свердильного відорисного різця з забезпеченням стружкооброблення з переміщенням парасистр; 6) Окремі фракції та безлика.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Загальний вигляд проектного верстата; Кінематична схема проектного верстата; Привод робочого руху; Свердильна головка та інструментальний магазин; Голова фрезери з магазином

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

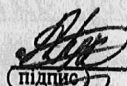
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
	Петришин В.В. проф. к.т.н	28.10.18	
	розділи 1-5		
	Шмирко В.І. к.т.н, доц.	17.12.18	
Нормоконтроль	Глушко А.В. ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

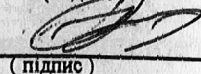
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Взробка конструкції верстата	1.10.-17.10.18.	
2	Визначення основних технічних характеристик при фрезеруванні, свердленні, зенкуванні, розточуванні і розсортанню.	10.10.-26.10.18.	
3	Жінєматическі та еснергеті розрахунок	12.10.-20.11.18	
4	Розрахунок економічності ефективності.	20.11.-23.11.18	
5	Аналіз суцесвующіх методів дробленне стружки в процесі механічної обробки	25.10.-12.11.18	
6	Вибір та обрантування конструкції свердильного відріпрістрю для обесреченне стружко дробленне с переміннамі параметрами.	12.11.-21.11.18	
7	Розробка принципної конструкції відріпрістроу	20.11.-12.12.18.	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	12.12. - 14.12.18	

Студент


 (підпис)

 Глушко А.В.
 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)

 Петришин
 (прізвище та ініціали)

Реферат.

ПЗ: с.140, рис.9, таблиц 26, приложений 8, источников 8, графической части 13.

Объектом исследования является фрезерно – сверлильный станок. Станок предназначен для обработки корпусных деталей с нормальным показателем точности.

Цель проекта: проектирование многооперационного фрезерно-сверлильного станка с целью повышения его производительности и использования в серийном производстве.

При проведении работы применяем стандартные методы расчета основных технических характеристик станка, расчеты припусков на обработку поверхностей, режимов резания. Разработана технология обработки вала, выбрано технологическое оборудование и вспомогательный инструмент, приспособление, спроектирован участок механической обработки вала.

В результате проведенной работы достигнута экономическая эффективность за счет внедрения в производство станка.

Фрезерно-сверлильный станок, шпиндель, деталь, припуск,
приспособление, подшипник, режимы резания

Реферат.

ПЗ: с.140, мал.9, таблиць26, додатків 8, джерел 8, графічної частини 13.

Об'єктом дослідження є фрезерно - свердлильний верстат. Верстат призначений для обробки корпусних деталей з нормальним показником точності.

Мета проекту: проектування багатоопераційного фрезерно-свердлильного верстата з метою підвищення його продуктивності й використання в серійному виробництві.

При проведенні роботи застосовуємо стандартні методи розрахунку основних технічних характеристик верстата, розрахунки припусків на обробку поверхонь, режимів різання. Розроблено технологію обробки вала, обрані технологічне встаткування й вспомогательный інструмент, спроектована ділянка механічної обробки вала.

У результаті проведеної роботи досягнута економічна ефективність за рахунок впровадження у виробництво верстата.

Фрезерно-свердлильний верстат, шпиндель, деталь, припуск, пристосування, підшипник, режими різання

Содержание

Введение	9
Аналитический обзор	10
I. Конструкторская часть.	
1. Назначение и область применения станка	14
1.1. Описание станка	14
1.2. Привод подач по координатам	17
1.3. Магазин смены инструмента	17
1.4. Головка фрезерная с магазином	18
1.5. Привод продольной подачи	19
1.6. Привод поперечной подачи	20
1.7. Привод вертикальной подачи	20
1.8. Гидроцилиндр уравнивания	20
1.9. Определение основных технических характеристик при фрезеровании	21
1.10. Определение основных технических характеристик при сверлении	26
1.11. Определение основных технических характеристик при зенкеровании	29
1.12. Определение основных технических характеристик при растачивании	30
1.13. Определение основных технических характеристик при разворачивании	32
1.14. Расчет привода коробки скоростей и выбор электро- двигателя.	34
1.15. Построение картины частот вращения привода и определение передаточных отношений.	38
1.16. Проверка частот вращения шпинделя.	40
1.17. Определение мощностей и крутящих моментов на валах привода.	42

<i>1.18.Предварительный расчет валов.</i>	<i>43</i>
<i>1.19.Проектировочный расчет зубчатых передач.</i>	<i>44</i>
<i>1.20.Уточненный расчет валов.</i>	<i>48</i>
<i>1.21.Расчет экономической эффективности проведения проектировочных работ.</i>	<i>52</i>

II. Технологическая часть.

<i>2.1. Определение типа производства и форм его организации</i>	<i>59</i>
<i>2.2. Служебное назначение детали</i>	<i>60</i>
<i>2.3. Анализ технологичности конструкции</i>	<i>61</i>
<i>2.4. Выбор способа получения заготовки и ее экономическое обоснование</i>	<i>63</i>
<i>2.5. Составление планов обработки поверхности детали</i>	<i>71</i>
<i>2.6. Назначение операционных припусков и расчет исполнительных размеров</i>	<i>78</i>
<i>2.7. Расчетно-аналитический метод установления припусков на обработку цилиндрических поверхностей</i>	<i>83</i>
<i>2.8. Определение режимов резания</i>	<i>88</i>
<i>2.9. Техническое нормирование</i>	<i>94</i>

III. Организация и планирование производственного участка.

<i>3.1. Производственная программа и ее материальное обеспечения</i>	<i>99</i>
<i>3.2.Режим рабочего участка и фонды времени</i>	<i>100</i>
<i>3.3. Расчет основных производственных фондов участка</i>	<i>100</i>
<i>3.4.Труд и заработная плата</i>	<i>104</i>
<i>3.5. Себестоимость продукции</i>	<i>112</i>

IV Охрана труда.

<i>4.1. Станок фрезерный вертикальный, специализированный с ЧПУ</i>	<i>122</i>
<i>4.2. Рабочая зона</i>	<i>122</i>
<i>4.3. Разработка внутренней планировки участка с учетом</i>	

<i>требований безопасности, санитарных и пожарных требований</i>	<i>123</i>
<i>4.4. Общие эргомические требования системы «человек-машина»</i>	<i>124</i>
<i>4.4.1. Рабочее место оператора</i>	
<i>4.4.2. Рычаги управления</i>	
<i>4.4.3. Ручки</i>	
<i>4.4.4. Кнопки и тумблеры</i>	
<i>4.4.5. Пульт и приборные панели</i>	
<i>4.5. Характеристика проектируемого участка</i>	<i>126</i>
<i>4.6. Расположение проектируемого участка</i>	<i>127</i>
<i>4.7. Опасные факторы участка</i>	<i>127</i>
<i>4.8. Мероприятия по устранению производственных опасностей</i>	<i>128</i>
<i>4.9. Мероприятия по обеспечению электробезопасности</i>	<i>129</i>
<i>4.10. Мероприятия по обеспечению температурного режима</i>	<i>133</i>
<i>4.11. Мероприятия по борьбе с шумом, вибрациям и запыленностью</i>	<i>133</i>
<i>4.12. Противопожарное состояние участка</i>	<i>135</i>
<i>4.13. Гражданская оборона</i>	<i>136</i>
Заключение	139
Перечень источников	140
Приложения	

Введение

Металлорежущие станки являются основным видом заводского оборудования, предназначенным для производства современных машин, приборов, инструментов и других изделий, поэтому типаж металлорежущих станков, темпы развития станкостроения, уровень качества выпускаемых станков, удельный вес амортизационного оборудования, в том числе с программным управлением, мобильность станочного парка для изготовления разнообразных изделий, высокая эффективность при эксплуатации станков во многом определяет промышленный потенциал страны и характеризует уровень развития ее машиностроения.

На данный момент в производстве все шире используется серийное производство. Оно характеризуется большой номенклатурой изготовленных изделий, высоким темпом производства и применением станков с числовым программным управлением.

Задачей данного проекта является внедрение фрезерно-сверлильного станка в серийное производство. Для этого мы производим расчет основных технических характеристик станка и проектируем один из главных узлов – фрезерную головку.

Аналитический обзор

Как известно, одним из главных условий технологического прогресса являются повышение производительности труда и постоянное обновление выпускаемой продукции. Требование постоянной обновляемости диктуется потребностями развития общества и обеспечивается переходом к изготовлению новых, более совершенных машин, приборов и других предметов производства и потребления. Необходимость повышения производительности труда также диктуется законами общественного развития и достигается путем механизации и автоматизации производства.

Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов должна охватывать все виды производства: единичное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное, массовое. В течении многих десятилетий существовало тенденция к увеличению доли массового производства, так как оно создает наилучшие возможности для повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции. Однако на современном уровне научно-технической революции, характеризующемся быстрым моральным устареванием технических решений и конструкции и более частой сменой выпускаемой продукции, доля серийного, мелкосерийного и единичного производства в промышленности не уменьшается, а наоборот, возрастает.

В настоящее время во всех промышленно развитых странах мира стабилизировалось приблизительно равномерное распределение доли выпуска продукции по всем видам производства. Задача автоматизации различных видов производства решается различными путями.

Крупносерийное и массовое производства, на долю которых сегодня приходится около 25 % продукции машиностроения, характерны для предприятий, выпускающих автомобили, трактора, сельхозмашины, инструмент, бытовую технику; их отличительные особенности- стабильность

продукции, большая устойчивость технологии, высокий темп выпуска изделий- позволили широко использовать преимущества станков- автоматов и автоматических линий, довести уровень автоматизации производственных процессов до 80%-85% и добиться самой высокой выработки на одного рабочего в натуральном выражении. В условиях массового и крупносерийного производства экономически оправданно создание высокопроизводительных специальных станков и автоматических линий, предназначенных для выпуска одного вида продукции и не требующих переналадки в течении длительного времени. Здесь накоплен богатый опыт автоматизации но его нельзя механически переносить на серийное, мелко серийное и единичное производства, поскольку специальные станки- автоматы и автоматические линии, как правило, работают по «жесткой» программе. Переналадка их на выпуск другого вида продукции, либо весьма трудоемка, либо вообще не возможна. Таким образом, массовое производство характеризуется высокой степенью автоматизации и механизации, малой трудоемкостью изготовления изделий и наименьшей (по сравнению с другими видами производства) гибкостью, то есть возможностью быстрой переналадки на другое изделие.

Серийное, мелкосерийное, единичное производства, на долю которых приходится около 75% машиностроительной продукции характеризуется более частой, чем массовое, сменой продукции. Это – электровозы, судна, самолеты, вертолеты, строительно-дорожные машины, химическое и металлургическое оборудование. Месячный выпуск многих из таких изделий может не превышать десятка единиц. Соответственно и детали для них изготавливают мелкими партиями. В этих условиях применить специальные станки автоматы, работающие по «жесткой» программе, уже не целесообразно, и традиционно считалось, что в таком производстве должно применяться универсальное оборудование с ручным управлением. Однако производительность такого оборудования чрезвычайно низка, а высокий

процент доли ручных операций усугубляется социальной проблемой нехватки трудовых ресурсов.

Принципиально новые возможности в повышении уровня эффективности серийного, мелкосерийного производств открыло создание технологического оборудования с программным управлением. Его производительность, как минимум вдвое выше, чем универсального оборудования, а процесс переналадки на выпуск новой детали практически сводится к замене программы в устройстве числового программного управления. Однако внедрение станков с ЧПУ не является решением проблемы как повышения производительности так гибкости производства.

Рассмотрим вопрос повышения производительности труда. Применение отдельных единиц высокопроизводительного металлообрабатывающего оборудования с ЧПУ еще не гарантирует резкого повышения производительности производства, если не будут автоматизированы и вспомогательные производственные процессы (установка и снятие детали, замена режущего инструмента и приспособления). Ведь как показывают результаты исследований машиностроительного производства, при обработке партиями деталей лишь 5% рабочего времени используется непосредственно на формообразование детали. Остальное время- это контрольные и вспомогательные операции, межоперационное и межцеховое транспортирование, пролеживание на складах в ожидании обработки. Решить проблему автоматизации вспомогательных операций призваны современные промышленные роботы и манипуляторы, гибкие транспортно-складские системы и другое оборудование, управляемое по программе от ЭВМ.

Таким образом, наиболее эффективным средством комплексной автоматизации и механизации серийного, мелкосерийного производств является создание автоматизированных участков для обработки различных деталей, (типа тел вращения, корпусных деталей и т.п.) централизованно управляемых от ЭВМ и включающих станки с ЧПУ, промышленные роботы

и автоматизированную транспортно – складскую систему. Подобные участки представляют собой принципиально новый тип автоматической линии обладающие не только высокой производительностью но и повышенной гибкостью (возможностью быстрой переналадки на выпуск новой продукции путем замены управляющих программ основного и вспомогательного оборудования, изменение технологических маршрутов).

Перед современной промышленностью стоят две взаимосвязанные задачи: массовое и крупносерийное производство необходимо наделить надлежащей гибкостью, сравнив при этом все преимущества высокой автоматизации, а серийное, мелко серийное и единичное производство необходимо комплексно автоматизировать так чтобы на ряду с гибкостью, они приобрели и лучшие черты массового производства: непрерывность, ритмичность, высокий темп выпуска изделия. Именно идея гибких производственных систем позволяет решить эти задачи на единой основе.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНКА

Станок фрезерный вертикальный специализированный с ЧПУ и автоматической сменой инструмента предназначен для обработки деталей сложной криволинейной формы типа валов, плит, рычагов, корпусных деталей и др. из сталей, титановых и легких сплавов в условиях механического цеха при отсутствии вблизи оборудования ударного действия вызывающего вибрацию.

На станке можно производить фрезерование плоскостей пазов, сверление, зенкерование, развертывание и предварительное растачивание отверстий.

Обработка производится по трем координатам, по программе записанной на перфоленте.

Станок обеспечивает от программы перемещение стола, салазок и фрезерной головки, переключение чисел оборотов шпинделя, включение и выключение шпинделя, выбор и смену инструментов (рис.1)

Автоматическое управление станком по программе записанной на перфоленте, осуществляется от устройства числового программного управления.

ОПИСАНИЕ СТАНКА.

Станок фрезерный вертикальный специализированный с числовым программным управлением представляет собой бесконсольный вертикальный фрезерный станок, оснащенный системой программного управления и магазином для смены инструментов типа «Корона».

Приспособление с обрабатываемой заготовкой крепится на рабочей поверхности стола. Базой для установки приспособления служит средний паз стола и калиброванное отверстие, расположенное в центре стола.

Стол в продольном направлении перемещается вдоль салазок по закаленным направляющим на элементах качения, салазки в свою очередь перемещаются на «танкетках» по направляющим станины.

Боковые направляющие стола – направляющие скольжения; зазор в боковых направляющих выбирается с помощью клиньев.

На заднюю часть станины устанавливается стойка по вертикальным направляющим которой перемещается фрезерная головка.

Таким образом, все три движения образуют в пространстве систему координат, где:

⇒ координата X – продольное перемещение стола

⇒ координата Y – поперечное перемещение стола

⇒ координата Z – вертикальное перемещение фрезерной головки.

Перемещение стола, салазок и фрезерной головки от электродвигателей постоянного тока с тиристорным преобразователем и шариковых винтовых пар, установленных соответственно на салазках, станине и стойке.

Все три движения во время обработки детали автоматизированы. Вращение шпинделя осуществляется от электродвигателя постоянного тока с тиристорным преобразователем.

Датчиками обратной связи положения механизмов по координатам X , Y , Z . являются вращающиеся трансформаторы ВТМ-ІМ, связанные с ходовыми винтами. Один оборот вращающегося трансформатора соответствует линейному перемещению на два миллиметра по каждой координате.

Фрезерная головка оснащена коническим чашеобразным магазином на 8 инструментов, смонтированном на ползуне. Ось каждого гнезда инструмента путем поворота совмещается с осью шпинделя.

Автоматическая смена инструмента в общем цикле работы станка выведена в отдельный периодический повторяющийся цикл смены инструмента. Для смены инструмента фрезерная головка должна быть отведена в вертикальное положение для избегания ударов инструмента о

деталь при повороте магазина. Двойной блок зубчатых колес фрезерной головки занимает среднее (нейтральное) положение, т.е. происходит разрыв кинематической цепи главного движения. Затем шпиндель ориентируется в угловом положении при помощи механизма ориентации шпинделя, смонтированном во фрезерной головке. Одновременно происходит разжим ползуна магазина и разжим инструмента. По окончании разжима инструмента ползун с магазином перемещается вниз, при этом оправка с инструментом выходит из корпуса шпинделя и удерживается захватами в гнезде магазина. Поворот магазина осуществляется от гидродвигателя до выхода требуемого инструмента на исходную позицию с реверсом магазина. Затем ползун с магазином перемещается вверх, хвостик оправки входит в гнездо шпинделя и оправка освобождается от захватов в гнезде магазина. По окончании перемещения магазина вверх приходит зажим инструмента и ползуна магазина и опускание вниз штока цилиндра ориентации шпинделя.

Двойной блок зубчатых колес фрезерной головки из среднего положения устанавливается в требуемое по программе положение. Цикл смены инструмента закончен.

Выбор и смена инструмента может осуществляться как по программе записанной на перфоленте, так и с подвесного пульта управления в наладочном режиме.

На станке предусмотрен полуавтоматический цикл работы, когда заготовка обрабатываемой детали устанавливается и выверяется оператором, а все остальные движения резания выполняются автоматически. Управление станком по этому циклу осуществляется от управляющего устройства ЧПУ.

Устройство ЧПУ является системой с возможностью управления одновременно по трем координатам при линейной интерполяции и одновременного управления по двум координатам при контурной обработке при контурной интерполяции. Устройство позволяет выполнять коррекцию длины инструмента и скорости подач, программировать выбор и смену

инструмента, переключение чисел оборотов шпинделя, зажим и разжим вертикальной каретки.

Управление станком в наладочном режиме производится с подвесного пульта управления.

Управление станка, теристорные преобразователи привода подач и главного движения размещены в электрошкафу, расположенном в правой стороне станка.

Переключение диапазонов чисел оборотов шпинделя осуществляется блоками шестерен фрезерной головки при помощи гидроцилиндров. Управление гидроцилиндрами перемещения блоков шестерен, гидроцилиндрами разжима инструмента, ориентации шпинделя, подъема магазина, разжима винта вертикальной каретки осуществляется от насосной станции расположенной с правой стороны стола.

1.2. ПРИВОДА ПОДАЧ ПО КООРДИНАТАМ X,Y,Z

Продольное перемещение стола и перемещение салазок осуществляется от электродвигателя постоянного тока с теристорным преобразователем БИ 260 3, $n=500$ об/мин винтовыми парами жесткой муфтой напрямую. По координате Z перемещение каретки с фрезерной головкой осуществляется от такого же электродвигателя. Вал электродвигателя каретки связан с входным валом редуктора вертикальной подачи.

1.3. МАГАЗИН СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА

Вращение магазина осуществляется от гидродвигателя через пару конических зубчатых колес, червячную передачу и пару цилиндрических зубчатых колес, вращение дается на корпус магазина.

В начале автоматического цикла смены инструмента шпиндель на ползучей скорости предварительно ориентируется в определенном угловом положении, исключающем попадание зуба гидроцилиндра ориентации шпинделя на зуб копирной втулки. В этом положении происходит отключение двигателя привода шпинделя.

Сигнал на отключение главного привода подается от КВД, установленном на корпусе фрезерной головки и одновременно происходит разрыв кинематической цепи переключения блока шестерен в нейтральное положение.

Поворот шпинделя осуществляется следующим образом: зуб оператора механизма ориентации при осевом перемещении вверх от гидроцилиндра поворачивает копирную втулку и вместе с ней вал фрезерной головки, далее через зубчатую передачу поворачивает шпиндель.

1.4. ГОЛОВКА ФРЕЗЕРНАЯ С МАГАЗИНОМ

Фрезерная головка с магазином представляет собой устройство, обеспечивающее вращение шпинделя и автоматическую смену инструмента при обработке детали. Фрезерная головка крепится на каретке стойки станка и вместе с кареткой перемещается по вертикальным направляющим стойки. Вертикальное перемещение осуществляется ходовым винтом от привода вертикальных подач.

Фрезерная головка с магазином состоит из следующих основных механизмов:

- ⇒ шпиндельный узел
- ⇒ коробка скоростей
- ⇒ механизм разжима и зажима режущего инструмента
- ⇒ магазин

В шпиндельном узле станка смонтирован шпиндель выполненный из стали 40ХИА с закалкой внутреннего конуса и посадочных мест под подшипники до твердости HRC 46,5-51,5

Передняя опора шпинделя представляет собой комбинацию двух шариковых радиально-упорных подшипников и роликового двухрядного радиального подшипника с конической внутренней обоймой. Подшипники смонтированы в стакане в котором выполнены канавки и отверстия для подвода смазки.

Задняя опора шпинделя состоит из одного двухрядного роликового подшипника с конической расточкой внутренней обоймы. На шпинделе закреплена ведомая шестерня, которая получает вращение от коробки скоростей.

Во внутренней расточке шпинделя смонтирован захват инструмента, выполненный в виде рычагов которые перемещаются тягой. Тяга под действием набора тарельчатых пружин всегда находится в верхнем (от рабочего торца шпинделя) крайнем положении, соответствующем зажиму инструмента. Перемещение тяги вниз для разжима инструмента осуществляется штоком гидроцилиндра.

Для получения широкого диапазона скоростей шпинделя внутри корпуса фрезерной головки смонтирована коробка скоростей.

1.5 ПРИВОД ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧИ

Привод продольной подачи предназначен для перемещения вала по координате «Х» и состоит из электродвигателя постоянного тока типа БИ2603, кронштейна для его установки и жесткой соединительной муфты, выполненной в виде трубы со шпоночным пазом с одной стороны для соединения с электродвигателем и бесшпоночным соединением с другой стороны для соединения с шариковым винтом.

1.6 ПРИВОД ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧИ

Привод предназначен для перемещения салазок с вмонтированными в них механизмами по координате «У» и устанавливается в задней части станины. Конструкция привода аналогична конструкции привода продольной подачи.

1.7 ПРИВОД ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОДАЧИ

Электродвигатель вертикальной подачи жестко соединен с входным валом редуктора, который представляет собой пару косозубых зубчатых колес, одна из которых выполнена разрезной, для зазора с зацеплением выходной вал редуктора соединяется шариковым винтом бесшпоночным соединением.

В привод вертикальной подачи входит зажим каретки, который представляет собой клемму, закрепленную на корпусе редуктора, захватывающую входной вал в месте соединения его с двигателем.

Нажим клеммы производится с помощью тарельчатых пружин при падении давления в силовой насосной станции, что обеспечивает надежное удерживание головки от падения в аварийных ситуациях и при выключении станка.

1.8 ГИДРОЦИЛИНДР УРАНОВЕШИВАНИЯ

Для разгрузки вертикального привода от веса каретки с фрезерной головкой и магазином предусмотрен гидроцилиндр разгрузки. Он устанавливается на верху стойки и крепится к корпусу редуктора вертикальных подач. Шток цилиндра шарнирно соединен с кареткой фрезерной головки.

1.9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

На основе задания на дипломный проект разрабатываем основные технические характеристики станка, которые определяют его производственные возможности. К этим характеристикам относятся:

- предельные размеры обрабатываемых на станке заготовок;
- предельные частоты вращения шпинделя $n_{\max}$ и $n_{\min}$;
- предельные значения подач $S_{\max}$ и $S_{\min}$;
- промежуточные значения подач между $S_{\max}$ и $S_{\min}$;
- мощность приводного электродвигателя.

Диапазон размеров деталей, подлежащих обработке на станке, устанавливаем из экономических соображений, связывая его с одной из размерных характеристик станка.

1. Предельные расчетные значения диаметров фрез:

$$D_{\max}=125 \text{ мм}$$

$$D_{\min}=25 \text{ мм}$$

Уточняем диаметры фрез по ГОСТ 8721-69

$$D_{\max}=125 \text{ мм} \quad z=8$$

$$D_{\min}=25 \text{ мм} \quad z=8$$

где z -число зубьев фрезы.

2. Определим расчетную ширину фрезерования по формуле:

$$B=(0.75 \div 1.0)D$$

где D -диаметр фрезы,

В-расчетная ширина фрезерования.

$$B_{\max}=0.8 \cdot 125=100 \text{ мм}$$

$$B_{\min}=0.75 \cdot 25=18 \text{ мм}$$

3. Определим глубину резания по табл.2.2 [7]

Глубина резания при обработке на фрезерных станках определяется припуском, точностью обработки, жесткостью технологической системы.

Согласно таблице 2.2

$$t_{\max}=8 \text{ мм}$$

$$t_{\min}=2 \text{ мм}$$

4. Выберем подачу на зуб фрезы. Наибольшая подача при фрезеровании $S_{\max}$ выбирается по нормативам для черновой обработки, а наименьшая $S_{\min}$ – для получистой или чистовой обработки. Согласно таблице 2.3 [7]

$$S_{z\max}=0.15 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{z\min}=0.08 \text{ мм/зуб}$$

5. Наибольшая скорость резания $V_{\max}$ при фрезеровании определяется при обработке стальной заготовки с $\sigma_s = 600$ МПа цилиндрической фрезой наименьшего диаметра, оснащенной пластинками твердого сплава Т15К6. Подача на зуб фрезы, стойкость, глубина резания и ширина фрезерования берутся наименьшими.

$$V_{\max} = \frac{C_V D^{q_V}}{T^m t^{x_V} S_z^{Y_V} Z^{P_V} B^{U_V}} \cdot k_V, \text{ м/мин} \quad (2.1)$$

где D – диаметр фрезы, мм

T – стойкость фрезы, мин

t - глубина резания, мм

S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб

Z – число зубьев фрезы

B – расчетная ширина фрезерования, мм

k_v – поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания $k_v=1$.

C_v – поправочный коэффициент таб.2.5 [7]

m, X_v, Y_v, P_v, U_v – показатели степени таб.2.5 [7]

$$V_{\max} = \frac{616 \cdot 25^{0.17}}{90^{0.33} \cdot 2^{0.19} \cdot 0.08^{0.28} \cdot 8^{0.1} \cdot 25^{0.08}} \cdot 1 = 246 \text{ м/мин}$$

Наименьшую скорость резания определяем по формуле 2.1 при обработке стали с $\sigma_s = 750$ МПа цилиндрической фрезой максимального диаметра, наибольшей глубиной резания, подачей на зуб, шириной фрезерования и стойкостью.

$$V_{\min} = \frac{35.4 \cdot 125^{0.45}}{180^{0.39} \cdot 8^{0.3} \cdot 0.15^{0.4} \cdot 8^{0.1} \cdot 100^{0.1}} \cdot 1 = 33 \text{ м/мин}$$

6. Полученные скорости резания дают возможность определить предельные значения частот вращения шпинделя по формулам:

$$n_{\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi D_{\min}}; \text{ об/мин} \quad (2.2)$$

$$n_{\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi D_{\max}}; \text{ об/мин} \quad (2.3)$$

где $n_{\max}$ и $n_{\min}$ – соответственно наибольшая и наименьшая частоты вращения шпинделя, об/мин

$V_{\max}$ и $V_{\min}$ – соответственно наибольшая и наименьшая скорости резания, м/мин

$D_{\max}$ и $D_{\min}$ – соответственно наибольший и наименьший диаметры режущего инструмента, мм

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 33}{3.14 \cdot 125} = 84 \text{ об/мин}$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 246}{3.14 \cdot 25} = 3133 \text{ об/мин}$$

7. Определяем наибольшую окружную силу резания. При фрезеровании наибольшую окружную силу резания и эффективную мощность определяют при следующих условиях: материал обрабатываемой детали – сталь средней твердости; материал фрезы – быстрорежущая сталь; глубина резания, диаметр фрезы и подача на зуб – наибольшие; стойкость фрезы – наименьшая, по формуле:

$$P_z = \frac{C_P \cdot t^{X_P} \cdot S_z^{Y_P} \cdot B^{U_P} \cdot Z}{D^{q_P}} \cdot k_P, \text{ Н} \quad (2.4)$$

где t – глубина резания, мм

S_z – подача на зуб, мм/зуб

B – ширина фрезерования, мм

Z – число зубьев

K_P – поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала. $K_P=1$

C_P, X_P, Y_P, U_P, q_P – соответственно коэффициенты и показатели степени табл.2.17[7]

$$P_z = \frac{68.2 \cdot 4^{0.86} \cdot 0.1^{0.72} \cdot 100 \cdot 8}{125^{0.85}} = 5380 \text{ Н}$$

8. По формуле 2.1 определим расчетную скорость резания:

$$V = \frac{35.4 \cdot 125^{0.45} \cdot 1.22}{80^{0.33} \cdot 4^{0.3} \cdot 0.1^{0.4} \cdot 8^{0.1} \cdot 100^{0.1}} = 83 \text{ м/мин}$$

Эффективную мощность определим по формуле:

$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

где P_z – наибольшая окружная сила резания, Н

V – расчетная скорость резания, м/с

$$N_{\text{э}} = \frac{538 \cdot 83}{102 \cdot 60} = 7.2 \text{ кВт}$$

9. Мощность электродвигателя привода главного движения $N_{\text{дв}}$ определяем по наибольшей эффективной мощности $N_{\text{э}}$, потребляемой на резание по формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{э}}}{\lambda \cdot \eta} \text{ кВт} \quad (2.6)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность приводного электродвигателя, кВт

λ – коэффициент вращаемой перегрузки электродвигателя, принимаемый равным $1.2 \div 1.3$;

η – коэффициент полезного действия цепи главного движения станка при номинальной нагрузке $\eta = 0.7 \div 0.85$

$$N_{\text{дв}} = \frac{7.2}{1.3 \cdot 0.8} = 6.9 \text{ кВт}$$

1.10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ СВЕРЛЕНИИ

1. Назначим предельные расчетные значения диаметров сверл

$$D_{\max}=50 \text{ мм}$$

$$D_{\min}=25 \text{ мм}$$

2. При сверлении глубину резания определяем по формуле:

$$t=D/2$$

где D – диаметр сверла.

$$t_{\max}=50/2=25 \text{ мм} \quad t_{\min}=25/2=12.5 \text{ мм}$$

3. Для сверления наибольшая подача $S_{\max}$ выбирается из условия развертывания наибольшего диаметра, а наименьшая $S_{\min}$ – из условия сверления наименьшего диаметра.

Воспользуемся таблицей 2.3 [7]

$$S_{\max}=0.4 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{\min}=0.2 \text{ мм/зуб}$$

4. При сверлильных работах наибольшая скорость резания $V_{\max}$ при сверлении малоуглеродистой стали инструментом наименьшего диаметра: глубина резания и подача наименьшие; материал заготовки – малоуглеродистая сталь с $\sigma_b < 750 \text{ МПа}$ ($HB \leq 170$); материал режущей стали инструмента – быстрорежущая сталь, стойкость $7 \div 20$ мин. в зависимости от диаметра инструмента, определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^{q_V}}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S^{Y_V}} \cdot k_V, \text{ м/мин} \quad (2.2.1)$$

где D – наименьший диаметр сверла

T – стойкость сверла

t – наименьшая глубина сверления, мм

S – наименьшая подача, мм/об

k_v – поправочный коэффициент, k_v=1.22

q_v, x_v, y_v, m – показатели степени 2.11 [7]

$$V_{\max} = \frac{7.8 \cdot 2.5^{0.4} \cdot 1.22}{10^{0.2} \cdot 12.5^0 \cdot 0.2^0} = 67.6 \text{ м/мин}$$

Наименьшая скорость резания выбирается при работе сверлами наибольшего диаметра с наибольшей глубиной резания и подачей; обрабатываемый материал легированная сталь с $\sigma_n > 750$ МПа, материал режущей части инструмента – легированная или углеродистая сталь. Воспользуемся формулой 2.2.1.

$$V_{\min} = \frac{9.8 \cdot 50^{0.4} \cdot 1.22}{20^{0.2} \cdot 12.5^0 \cdot 0.4^{0.5}} = 49.7 \text{ м/мин}$$

5. Для определения предельных частот вращения шпинделя воспользуемся формулами 2.2 и 2.3.

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 67.6}{3.14 \cdot 25} = 861 \text{ об/мин}$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 49.7}{3.14 \cdot 50} = 316 \text{ об/мин}$$

6. Определим наибольшую окружную силу резания. При сверлении наибольшее осевое усилие P_x рассчитываем при следующих условиях:

обрабатываемый материал – высоколегированная сталь, материал режущей части инструмента – быстрорежущая сталь наименьшей стойкости; диаметр сверла и подача наибольшие, по формуле:

$$P_x = C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot k_p, \text{ Н} \quad (2.2.2)$$

где D – наибольший диаметр сверла, мм

S – наибольшая подача, мм/об

C_p и k_p - поправочные коэффициенты, табл. 2.17 [7]

q_p y_p - показатели степени, табл. 2.17 [7]

$$P_x = 68 \cdot 50^1 \cdot 0.4^{0.7} \cdot 1 = 17900 \text{ Н}$$

7. Рассчитаем крутящий момент по формуле:

$$T = C_m \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot k_p, \text{ Нм} \quad (2.2.3)$$

где T – крутящий момент, Нм

D – диаметр сверла, мм

S – подача, мм/об

C_m и k_p - поправочные коэффициенты, табл. 2.17 [7]

q_m, y_m - показатели степени, табл. 2.17 [7]

$$T = 0.0345 \cdot 50^2 \cdot 0.4^{0.8} \cdot 1 = 41.4 \text{ Нм}$$

8. Определим наибольшую эффективную мощность по формуле:

$$N_э = \frac{T \cdot V}{30.6 \cdot D} \text{ кВт}$$

где N_9 – наибольшая эффективная мощность, кВт

V – наименьшая скорость резания, м/мин

D – наибольший диаметр сверла, мм

$$N_9 = \frac{41.4 \cdot 49.7}{30.6 \cdot 50} = 1.34 \text{ кВт}$$

1.11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ

1. Зададим предельные расчетные диаметры зенкеров:

$$D_{\max} = 50 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = 25 \text{ мм}$$

2. Воспользуясь табл. 2.2 [7], выбираем минимальную и максимальную глубины зенкерования:

$$t_{\max} = 2 \text{ мм}$$

$$t_{\min} = 0.5 \text{ мм}$$

3. По таблице 2.3 определяем расчетные значения :

$$S_{\max} = 1.1 \text{ мм/об}$$

$$S_{\min} = 0.55 \text{ мм/об}$$

4. Воспользуясь формулой 2.2.1, определим минимальную и максимальную скорость зенкерования:

$$V_{\min} = \frac{18 \cdot 50^{0.3}}{20^{0.25} \cdot 2^{0.2} \cdot 1.1^{0.3}} \cdot 1.22 = 28.4 \text{ , м/мин}$$

$$V_{\min} = \frac{16.3 \cdot 25^{0.3}}{10^{0.3} \cdot 0.5^{0.2} \cdot 0.55^{0.5}} \cdot 1.22 = 40.5 \text{ , м/мин}$$

5. Для определения предельных частот вращения шпинделя, воспользуемся формулой 2.2.

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 405}{3.14 \cdot 25} = 515 \text{ об/мин}$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 28.4}{3.14 \cdot 50} = 180 \text{ об/мин}$$

1.12 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАСТАЧИВАНИИ

1. Зададим предельные расчетные значения диаметров инструмента

$$D_{\max} = 50 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = 25 \text{ мм}$$

2. По таблице 2.2 [7] выбираем максимальную и минимальную глубины растачивания:

$$t_{\max} = 3 \text{ мм}$$

$$t_{\min} = 0.5 \text{ мм}$$

3. Воспользуясь таблицей 2.3, определим минимальную и максимальную подачи:

$$S_{\max} = 0.8 \text{ мм/об}$$

$$S_{\min}=0.08 \text{ мм/об}$$

4. Для определения минимальной и максимальной скоростей растачивания воспользуемся формулой:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S^{y_V}} \cdot k_V, \text{ м/мин}$$

где V – скорость растачивания, м/мин

T – стойкость инструмента, мин

t – глубина растачивания, мм

S – подача, мм/об

C_V, k_V – поправочные коэффициенты табл. 2.5 [7]

m, x_V, y_V – показатели степени табл. 2.5 [7]

$$V_{\max} = \frac{87.5 \cdot 1}{60^{0.25} \cdot 0.5^{0.25} \cdot 0.08^{0.33}} = 86 \text{ м/мин}$$

$$V_{\min} = \frac{56 \cdot 1}{30^{0.125} \cdot 3^{0.2} \cdot 0.8^{0.66}} = 41.4 \text{ м/мин}$$

6. По формуле 2.2 определим предельные частоты вращения шпинделя

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 86}{3.14 \cdot 25} = 1096 \text{ м/мин}$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 41.4}{3.14 \cdot 50} = 263 \text{ м/мин}$$

7. Рассчитаем тангенциальную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = C_p t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot k_p, \text{ Н}$$

где P_z – составляющая силы резания, Н

t – глубина резания, мм

S – подача, мм/об

V – скорость растачивания, м/мин

C_p и k_p – поправочные коэффициенты табл. 2.15 [7]

x_p, y_p, n_p – показатели степени табл. 2.15 [7]

$$P_z = 300 \cdot 3^1 \cdot 0.8^{0.75} \cdot 1 \cdot 1 = 7610 \text{ Н}$$

8. Эффективную мощность определяем по формуле

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{6120}, \text{ кВт}$$

где $N_э$ – эффективная мощность, кВт

P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н

V – скорость растачивания, м/мин

$$N_э = \frac{761 \cdot 41,4}{6120} = 5 \text{ кВт}$$

1.13 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАЗВЕРТЫВАНИИ

1. Зададим предельные расчетные значения диаметров разверток

$$D_{\max} = 50 \text{ мм}$$

$$D_{\min}=25\text{мм}$$

2. Воспользуясь таблицей 2.2 [7], выберем минимальную и максимальную глубины развертывания

$$t_{\max}=0,2 \text{ мм}$$

$$t_{\min}=0,05 \text{ мм}$$

3. По таблице 2.3 [7] определим значения предельных подач

$$S_{\max}= 2.0 \text{ мм/об}$$

$$S_{\min}=1\text{мм/об}$$

4. Для определения минимальной и максимальной скорости развертывания воспользуемся формулой 2.7.1.

$$V_{\max} = \frac{100.6 \cdot 25^{0.3}}{10^{0.4} \cdot 0.05^{0.2} \cdot 1.0^{0.62}} \cdot 1 = 64.3 \text{ м/мин}$$

$$V_{\min} = \frac{10.5 \cdot 50^{0.3}}{10^{0.4} \cdot 0.02^{0.2} \cdot 2.06^{0.63}} = 9 \text{ м/мин}$$

5. По формуле 2.2 определим предельные частоты вращения шпинделя

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 9}{3.14 \cdot 50} = 57 \text{ об/мин}$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 64.3}{3.14 \cdot 25} = 819 \text{ об/мин}$$

1.14 РАСЧЕТ ПРИВОДА КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Для нашего станка используется привод со ступенчатым регулированием. Основными достоинствами этого привода является повышенная продуктивность обработки за счет настраивания оптимальных режимов резания, скоростей, автоматизация процесса переключения скоростей и возможность плавного переключения скоростей на ходу.

Определим диапазон регулирования коробки скоростей по формуле

$$R_k = \varphi_k^{z_k - 1} \quad 2.6.1.$$

где R_k - диапазон регулирования коробки скоростей

z_k - число ступеней коробки

φ - знаменатель геометрической прогрессии

$$\varphi = 0,94 \div 0,97) \cdot R_\delta$$

где R_δ - диапазон регулирования двигателя

$$R_\delta = 3,15$$

$$\varphi = 0,95 \cdot 3,15 = 2,997 \approx 3$$

Число ступеней коробки Z_k определим по формуле

$$Z_k = \lg R_n / \lg R_\delta \quad 2.6.2$$

где R_δ - диапазон регулирования двигателя

R_n - диапазон регулирования привода

R_n –определим по формуле

$$R_n = n_{\max} / n_{\min}$$

Где $n_{\max}$ и $n_{\min}$ соответственно максимальная и минимальная частота вращения шпинделя

$$R_n = 3133 / 57 = 60$$

По формуле 2,6,2

$$Z_k = 3$$

По формуле 2,6,1,

$$R_k = 9$$

Определим минимальную частоту вращения привода

$$N_{\min} = n_{\max} / R_N \text{ об/мин}$$

где $n_{\max}$ - максимальная частота вращения об/мин

R_N - диапазон регулирования коробки скоростей

$R_N = \varphi R_k$ – диапазон регулирования коробки скоростей

$$R_N = 3.15 * 9.02 = 31.3$$

$$N_{\min} = 3433 / 31.3 = 100 \text{ об/мин}$$

В приводах главного движения станков с ЧПУ применяют регулируемые электродвигатели постоянного тока серии ЧПФ

Номинальным режимом работы двигателя в диапазоне частот вращения от 1 об/мин до максимальной является S1, возможна работа в режимах S2-S8

Двигатели серии ЧПФ применяются в составе электромеханических приводов с регулированием частот вращения в двух зонах. В зоне I рис3 регулирование производится с постоянным моментом на шпинделе станка, в зоне II с постоянной мощностью P. В зоне I при относительно низкой частоте

вращения шпинделя полная мощность привода не может быть использована
 расчетная частота вращения n_p , при которой определяется максимальный
 крутящий момент на шпинделе, связана с диапазоном регулирования привода
 R ($n_{\min} \sqrt[4]{R} \leq n_p \leq n_{\min} \sqrt[3]{R}$)

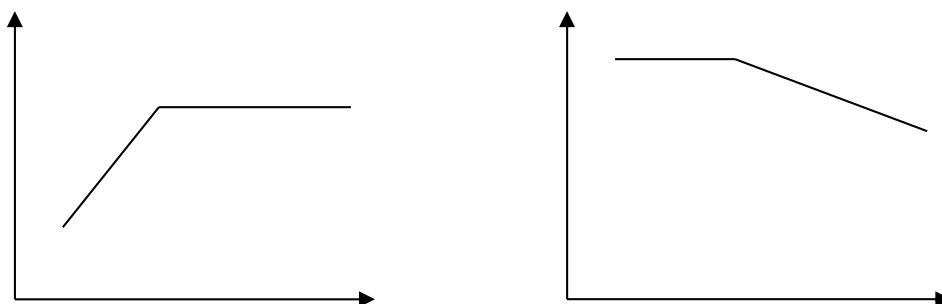


Рисунок 2 – Зоны регулирования привода с двигателем постоянного тока

Для расчетного привода выбираем электродвигатель серии ЧПФ132S
 $N=7.5$ кВт, $n=1000$ обр/ мин (рис3). Основные размеры двигателя приведены
 в таблице

Таблица 1.1 Основные размеры двигателя

Тип	h_1	h_2	h_3	b_1	b_2	d_1	d_2	d_3	d_4	l_2	l_3	l_4	l_1	h_4	b_3	b_4
132S	45	8R1	132	12	216	42k6	15	215	12	320	89	110	1025	372	300	160

1.15 ПОСТРОЕНИЕ КАРТИНЫ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ПРИВОДА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Конкретные значения передаточных отношений всех передач привода и частот вращения всех его валов при всех вариантах включений определяют по картине частот вращения (рис 4) На этом графике изображаем все передачи и валы привода включая постоянные передачи и вал электродвигателя

Передаточные отношения передач на картине частот вращения выражаются в виде

$$i = \varphi^m$$

где i - передаточное отношение

φ - знаменатель геометрической прогрессии

m - число интервалов между горизонталями, пересекаемых лучом

Для повышающей (ускорительной) передачи $m > 0$ и $i > 1$, для понижающей (замедлительное) передачи $m < 0$ и $i < 1$, $m = 0$ и $i = 1$

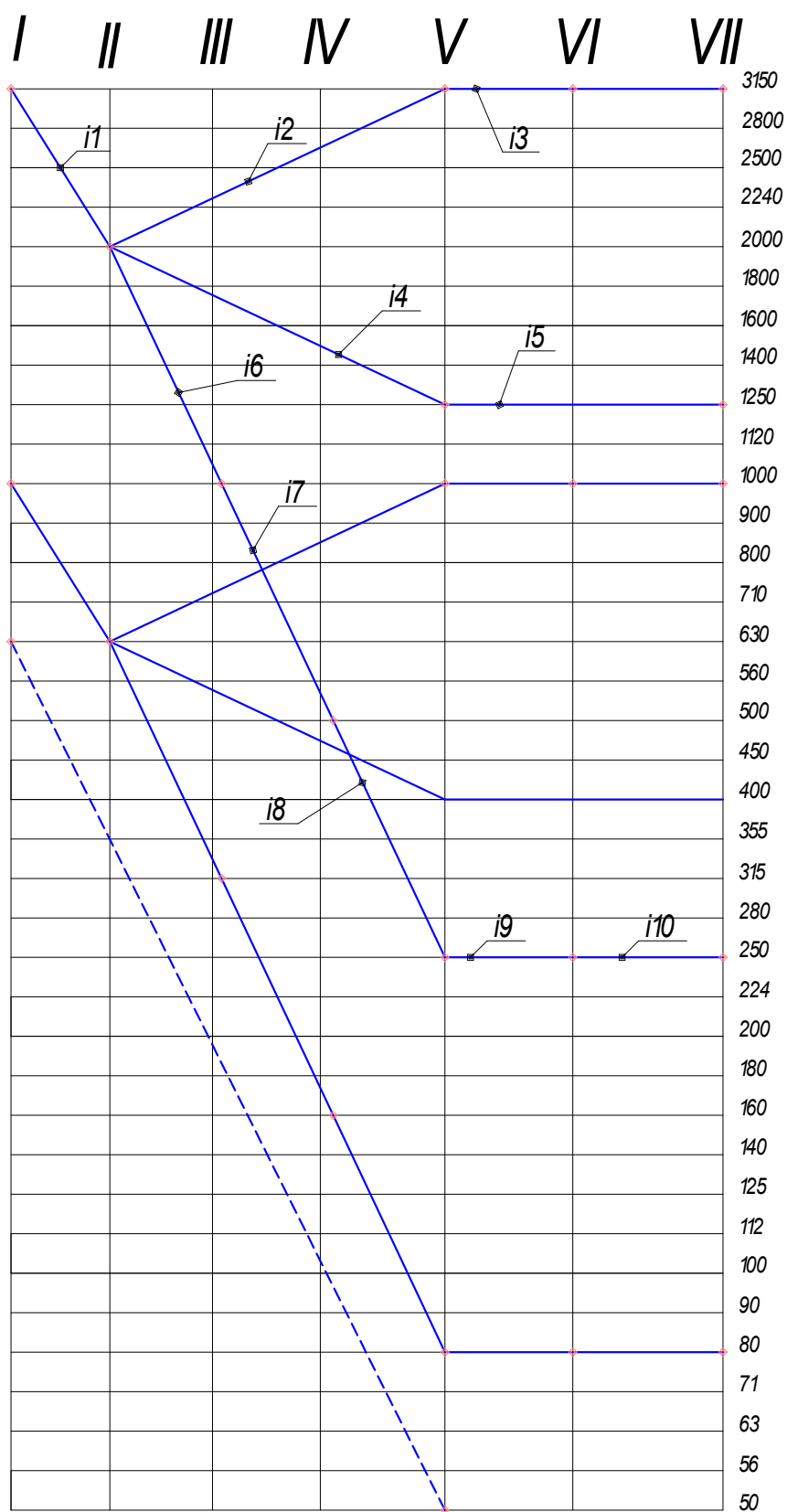


Рисунок 4 Картина частот вращения привода

Используя (рис 4) определим передаточные числа привода и подберем пары зубчатых колес по таб 35 [7]

$$i_1 = \varphi^{-4} = 1.12^{-4} = 0.63 \quad z_1 = 35 \quad z_2 = 55 \quad m = 3$$

$$i_2 = \varphi^4 = 1.12^4 = 1.57 \quad z_3 = 55 \quad z_4 = 35 \quad m = 3$$

$$i_3 = i_5 = 1 \quad z_5 = 35 \quad z_6 = 35 \quad m = 3$$

$$i_4 = \varphi^{-4} = 1.12^{-4} = 0.63 \quad z_7 = 35 \quad z_8 = 55 \quad m = 3$$

$$i_6 = \varphi^{-6} = 1.12^{-6} = 0.5 \quad z_9 = 30 \quad z_{10} = 60 \quad m = 3$$

$$i_7 = \varphi^{-6} = 1.12^{-6} = 0.5 \quad z_{11} = 30 \quad z_{12} = 60 \quad m = 3$$

$$i_8 = \varphi^{-6} = 1.12^{-6} = 0.5 \quad z_{13} = 30 \quad z_{14} = 60 \quad m = 3$$

$$i_9 = i_{10} = 1 \quad z_{15} = 45 \quad z_{16} = 45 \quad m = 4$$

1.16 ПРОВЕРКА ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ

После разработки кинематической схемы привода производим проверку частот вращения шпинделя. С этой целью для каждой ступени регулирования составляем уравнение кинематической цепи, выражая все передаточные отношения через подобранные числа зубьев колес. Поскольку станок должен иметь нормальный ряд частот вращения шпинделя на холостом ходу, то при расчете привода не следует учитывать скольжение в двигателе, в режиме времени передач и т.п.

Погрешность фактических частот вращения n_{ϕ} по отношению к табличным определяем по формуле

$$\Delta n = \frac{n_m - n_{\phi}}{n_m} \cdot 100\%$$

где Δn - погрешность частоты

n_{ϕ} - фактическая частота вращения

n_m - табличная частота вращения

Нормалью Н I I-I допускается отклонение фактических частот вращения от табличных в пределах $\pm 10(\varphi - 1)\% = \pm 10(1,12 - 1) = 1,2$

$$n_1 = i_{10} * i_9 * i_8 * i_7 * i_6 * i_1 * n_{эл} = 45/45 * 45/45 * 30/60 * 30/60 * 35/55 * 1000 = 79,5 \text{ об/мин}$$

$$\Delta n_1 = (80 - 79,5) / 80 * 100\% = 0,63 < 1,2$$

$$n_2 = i_{10} * i_9 * i_8 * i_7 * i_6 * i_1 = 45/45 * 45/45 * 30/60 * 30/60 * 35/55 * 3150 = 250,5 \text{ об/мин}$$

$$\Delta n_2 = (250 - 250,5) / 250 * 100\% = -0,2 < 1,2$$

$$n_3 = i_5 * i_4 * i_1 * n_{эл} = 35/35 * 35/55 * 35/55 * 1000 = 404 \text{ об/мин}$$

$$\Delta n_3 = (400 - 404) / 400 * 100\% = -1 < 1,2$$

$$n_4 = i_3 * i_2 * i_1 * n_{эл} = 35/35 * 55/35 * 35/55 * 1000 = 1000 \text{ об/мин}$$

$$\Delta n_4 = (1000 - 1000) / 1000 * 100\% = 0 < 1,2$$

$$n_5 = i_5 * i_4 * i_1 * n_{эл} = 35/35 * 35/55 * 35/55 * 3150 = 1260 \text{ об/мин}$$

$$\Delta n_5 = (1250 - 1260) / 1250 * 100\% = 0,8 < 1,2$$

$$n_6 = i_3 * i_2 * i_1 * n_{эл} = 35/35 * 55/35 * 35/55 * 3150 = 3150 \text{ об/мин}$$

$$\Delta n_6 = (3150 - 3150) / 3150 * 100\% = 0$$

Проверка частот вращения показала, что передаточные отношения определены правильно и пары зубчатых колес выбраны верно.

1.17 ПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ И КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ НА ВАЛАХ ПРИВОДА

По картине частот вращения можно определить точные значения частот вращения всех валов, а крутящие моменты на валах привода можно определить по другой методике. Вначале определим мощность на всех валах привода, начиная от электродвигателя.

На I валу мощность будет равна

$$N_I = N_э * \eta$$

где $N_э$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт

η - коэффициент полезного действия передачи от вала электродвигателя на I-й вал и к.п.д. подшипников I вала табл.4.1. [7]

На II валу мощность определяется аналогично

$$N_2 = N_I * \eta, \text{ кВт}$$

где N_I - мощность на первом валу

Следующая мощность определяется также.

$$N_I = 7.5 * 0.99 * 0.995 * 0.99 = 7.31 \text{ кВт}$$

$$N_{II} = 7.31 * 0.99 * 0.995 * 0.99 * 0.995 = 7.27 \text{ кВт}$$

$$N_{III} = 7.27 * 0.995 * 0.99 * 0.99 * 0.99 * 0.995 = 6.99 \text{ кВт}$$

$$N_{IV} = 6.99 * 0.995 * 0.99 * 0.99 * 0.995 = 6.78 \text{ кВт}$$

$$N_V = 6.78 * 0.995 * 0.99 * 0.99 = 6.62 \text{ кВт}$$

$$N_{VI} = 6.62 * 0.995 * 0.995 * 0.995 * 0.99 = 6.45 \text{ кВт}$$

Крутящий момент на каждом из валов привода определяется по выражению

$$T_i = 9550 N_i / n_i$$

где T_i - крутящий момент на i-ом валу

N_i - мощность на i-ом валу

n_i - расчетная частота вращения на i -го вала

$$T_1 = 9550 \cdot 7.5 / 1000 = 71.6 \text{ Нм}$$

$$T_2 = 9550 \cdot 7.31 / 630 = 110.8 \text{ Нм}$$

$$T_3 = 9550 \cdot 7.27 / 315 = 220.4 \text{ Нм}$$

$$T_4 = 9550 \cdot 6.99 / 160 = 417.2 \text{ Нм}$$

$$T_5 = 9550 \cdot 6.78 / 80 = 809 \text{ Нм}$$

$$T_6 = 9550 \cdot 6.62 / 80 = 790 \text{ Нм}$$

$$T_7 = 9550 \cdot 6.45 / 80 = 769 \text{ Нм}$$

1.18 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ

Предварительно диаметры валов коробки скоростей определяют, пользуясь условным расчетом на кручение. Эту форму расчета применяют потому, что еще не определены размеры вала по длине и не могут быть вычислены изгибающие моменты.

Условие прочности на кручение:

$$T = 9550 \cdot N / n \approx 0.2 d^3 [\tau_{кр}]$$

откуда

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 [\tau_{кр}]}} \text{ , мм}$$

где d -диаметр вала, мм

T - крутящий момент на валу при расчетной частоте вращения

$[\tau_{кр}]$ - допустимое напряжение при кручении МПа.

Поскольку при этом расчете не учитывается изгиб, расчет выполняется по условным (пониженным) допускаемым напряжениям кручения $[\tau_{кр}] = (20 \dots 30) \text{ МПа}$

При этом следует иметь в виду, что допускаемое напряжение зависит от длины рассчитываемого вала: чем короче вал, тем выше допускаемое напряжение.

Полученный диаметр округляем до ближайшего значения по ГОСТ6636-69

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{110,8}{0,2 \cdot 20000}} = 0,3 \quad d=30 \text{ мм} \quad d_6 = \sqrt[3]{\frac{769}{0,2 \cdot 25000}} = 0,53 \quad d=53 \text{ мм}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{220}{0,2 \cdot 25000}} = 0,4 \quad d=40 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{417}{0,2 \cdot 20000}} = 0,47 \quad d=50 \text{ мм}$$

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{809}{0,2 \cdot 25000}} = 0,46 \quad d=48 \text{ мм}$$

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{790}{0,2 \cdot 25000}} = 0,54 \quad d=56 \text{ мм}$$

1.19 ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Модуль зубчатой передачи должен удовлетворять условию:

$$m \geq K_m \sqrt{\frac{T_{if} \cdot K_{f\beta} \cdot Y_{F1}}{z_1^2 \cdot \Psi_{bd} \cdot \sigma_{FP1}}}, \text{ мм (2.11.1.)}$$

где K_m - вспомогательный коэффициент (=13 для прямозубой передачи)

T_{if} - исходный расчетный крутящий момент на шестерне

K_{FB} - коэффициент нагрузки на шестерни (1,3.....1,5)

Y_{F1} - коэффициент, учитывающий форму зуба и выбираемый по рис 3.10 [2] в зависимости от эквивалентного числа зубьев $Z_E=Z$ (для прямозубых колес)

Z_1 - число зубьев шестерни.

ψ_{bd} -отношение ширины колеса к модулю

σ_{FP1} - допускаемое напряжение для материала шестерни, МПа

Допускаемое напряжение на изгиб:

$$\sigma_{FP} = 0.4\sigma_{FLimb} \cdot K_{FL}$$

где σ_{FLimb} -предел выносливости материала зубьев, МПа –табл. 3.13

K_{FL} - коэффициент режима нагружения и долговечности =1

Рассчитаем модуль для первой зубчатой пары

$$K_{FL}=13, T_F=71.63 \text{ Нм}, Z_1=35$$

$$Y_{F1}=3.75, K_F \beta=1.5$$

$$\Psi_{us} = \frac{b_w}{d_{w1}} = \frac{(6...8)m}{m \cdot z}$$

где b_w – ширина зубчатого венца, мм

d_{w1} – делительный диаметр, мм

m – модуль, мм

z - число зубьев шестерни

$$\Psi_{bd} = \frac{7}{35} = 0.2$$

$\sigma_{FLimb} = 2H_{HB} + 70$. Материал шестерни сталь 40Х. Твердость 217....280 НВ

Вид термообработки: нормализация.

$$\sigma_{FLimb} = 2 \cdot 217 + 70 = 504 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP} = 0.4 \cdot 504 \cdot 1 = 201 \text{ МПа}$$

$$m_1 = 13^3 \sqrt{\frac{71.6 \cdot 1.5 \cdot 3.75}{35^2 \cdot 0.2 \cdot 201}} = 2.62 \text{ мм}$$

Принимаем $m=3$

Рассчитаем модуль для зубчатой пары на II валу

$$K_m=13 \quad T_{F2}=110.8 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad Z_1=30$$

$$Y_{F1}=3.8 \quad K_{Fp}=1.3$$

$$\psi_{ed} = \frac{8}{30} = 0.27$$

Материал шестерни – сталь 40Х 217 ...280 НВ.

Вид обработки: нормализация, улучшение

$$\sigma_{FLimb} = 2 \cdot 217 + 70 = 504 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP} = 0.4 \cdot 504 \cdot 1 = 201 \text{ МПа}$$

$$m_2 = 13^3 \sqrt{\frac{110.8 \cdot 1.3 \cdot 3.8}{30^2 \cdot 0.27 \cdot 201}} = 2.91 \text{ мм}$$

Принимаем $m=3$ мм.

Рассчитаем модуль для зубчатой пары на III валу

$$K_m=13 \quad T_{F3}=220.4 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad Z_1=30$$

$$Y_{F1}=3.8 \quad K_{Fp}=1.3$$

$$\psi_{ed} = \frac{7}{30} = 0.23$$

Материал шестерни: сталь 25ХГМ HRC₃ 58 ...60

Вид термообработки: нитроцементация с автоматическим регулированием.

$$\sigma_{FLimb} = 1000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP} = 0.4 \cdot 1000 \cdot 1 = 400 \text{ МПа}$$

$$m_3 = 13^3 \sqrt{\frac{220.4 \cdot 1.3 \cdot 3.8}{30^2 \cdot 0.23 \cdot 400}} = 3 \text{ мм}$$

Принимаем $m=3$ мм.

Рассчитаем модуль для зубчатой пары на IV валу

$$K_m=13 \quad T_F=417 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad Z_1=30$$

$$Y_F=3.8 \quad K_{Fp}=1.3$$

$$\psi_{ed} = \frac{8}{30} = 0.27$$

Материал шестерни: сталь 12 ХНЗА 58 ...62 HRC₃.

Вид термообработки: цементация с закалкой $\psi_{FLimb} = 1380 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{FP} = 0.4 \cdot 1380 \cdot 1 = 562 \text{ МПа}$$

$$m_4 = 13^3 \sqrt{\frac{417 \cdot 1.3 \cdot 3.8}{30^2 \cdot 0.27 \cdot 562}} = 3 \text{ мм}$$

Рассчитаем модуль для зубчатой пары на V валу.

$$K_m=13 \quad T_F=809.4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad Z_1=45$$

$$Y_F=3.7 \quad K_{Fp}=1.3$$

$$\psi_{ed} = \frac{8}{45} = 0.17$$

Материал шестерни: сталь 25 ХГМ 58 ...60 HRC₃.

Вид термообработки: нитроцементация с автоматическим регулированием.

$$\sigma_{FLimb} = 1000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FLimb} = 1000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP} = 0.4 \cdot 1000 \cdot 1 = 400 \text{ МПа}$$

$$m = 13^3 \sqrt{\frac{809.4 \cdot 1.3 \cdot 3.7}{45^2 \cdot 0.17 \cdot 400}} = 3.96 \text{ мм}$$

Принимаем $m=4$.

Рассчитаем модуль для зубчатой пары на VI валу.

$$K_m=13 \quad T_F=790 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad Z_1=45$$

$$Y_F=3.7 \quad K_{Fp}=1.3$$

$$\psi_{ed} = \frac{8}{45} = 0.17$$

Материал шестерни: сталь 25 ХГМ 58 ...60 HRC₃.

Вид термообработки: нитроцементация с автоматическим регулированием.

$$\sigma_{FLimb} = 1000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP} = 0.4 \cdot 1000 \cdot 1 = 400 \text{ МПа}$$

$$m = 13^3 \sqrt{\frac{790 \cdot 1.3 \cdot 3.7}{45^2 \cdot 0.17 \cdot 400}} = 3.83 \text{ мм}$$

Принимаем $m=4$ мм.

1.20 УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ

Основным расчетом валов привода станков является расчет на жесткость, который сводится к определению прогибов y и углов наклона оси вала Q и сопоставлению их с допустимыми значениями.

1. Определение реакций опор в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

$$d=50 \quad b=250 \quad c=165$$

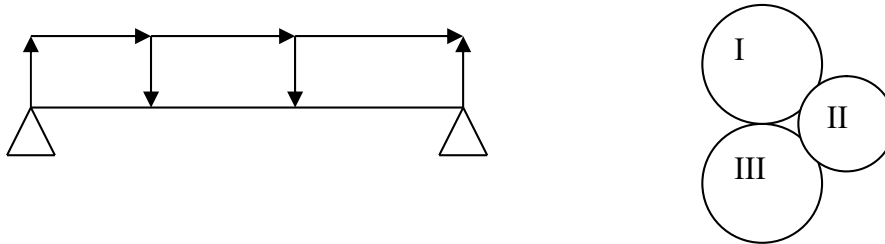


Рисунок 5 – Реакции опор в горизонтальной плоскости.

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-P \cdot a - Q(a+b) + B_x \cdot L = 0$$

$$B_x = \frac{P \cdot a + Q(a+b)}{L} = \frac{488.8 \cdot 50 + 325.9 \cdot 300}{465} = 262.8 \text{ кгс.}$$

$$B_x = 2628 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = 0.$$

$$-A_x \cdot L + P(b+c) + Q \cdot c = 0$$

$$A_x = \frac{P(b+c) + Q \cdot c}{L} = \frac{488.8 \cdot 415 + 325.9 \cdot 165}{465} = 551.9 \text{ кгс}$$

$$A_x = 5519 \text{ Н}$$

Проверка

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-A_x + P + Q - B_x = 0$$

$$-551.9 + 488.8 + 325.9 - 262.8 = 0$$

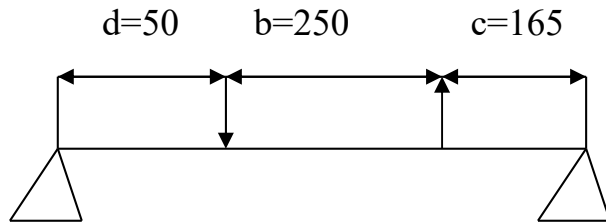


Рисунок 6 – Реакция опор в вертикальной плоскости.

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-R_1 \cdot a + R_2 \cdot (b + a) + B_y \cdot L = 0$$

$$B_y = \frac{R_1 \cdot a - R_2 \cdot (a + b)}{L} = \frac{244.4 \cdot 50 - 163 \cdot 300}{465} = -78.9 \text{ кГцс}$$

$$B_y = -789 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$-A_y \cdot L + R_1(b + c) - R_2 \cdot C = 0$$

$$-A_y = \frac{-R_1(b + c) + R_2 \cdot C}{L} = \frac{-244.4 \cdot 415 + 163 \cdot 165}{465} = -160 \text{ кГцс}$$

$$A_y = 1600 \text{ Н}$$

Проверка

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-A_y + R_1 - R_2 + B_y = 0$$

$$-160 + 244.4 - 163 + 78.9 = 0$$

Определим полную реакцию в горизонтальной и вертикальной плоскостях

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{551.9^2 + 160^2} = 574.6 \text{ кГцс} \quad A = 5746 \text{ Н}$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{262.8^2 + 78.9^2} = 274.3 \text{ кГцс} \quad B = 2743 \text{ Н}$$

2. Определим изгибающий момент в опасном сечении.

Для определения изгибающего момента необходимо построить эпюры.

$$M_{\text{и}} = A_x \cdot Q = 551.9 \cdot 50 = 27595 \quad M_{\text{и}} = B_x \cdot C = 262.8 \cdot 165 = 43362$$

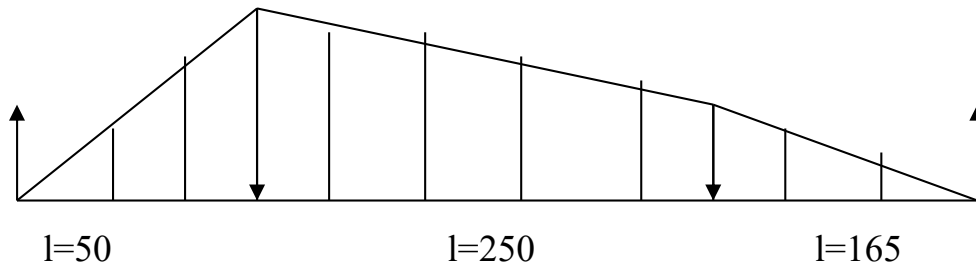


Рисунок 7. Эпюра изгибающего момента в горизонтальной плоскости.

$$M_{\text{и}} = A_y \cdot Q = 160 \cdot 50 = 8000$$

$$M_{\text{и}} = B_y \cdot C = 78.9 \cdot 165 = 13018.5$$

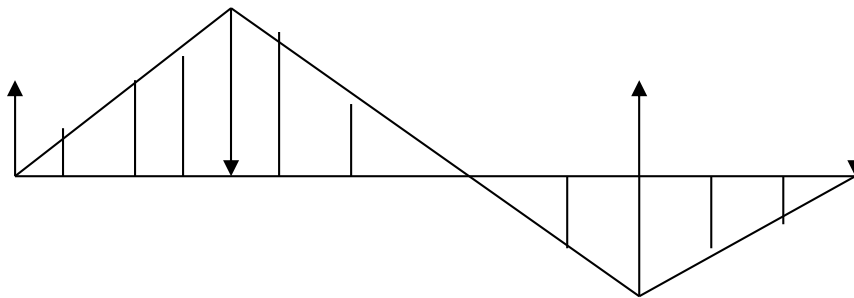


Рисунок 8. Эпюра изгибающего момента в вертикальной плоскости.

Опасное сечение в опоре В.

$$M_u = \sqrt{M_{U_x}^2 + M_{U_y}^2} = \sqrt{43362^2 + 13018.5^2} = 45274.1 \text{ кгс} \cdot \text{мм.}$$

$$M_u = 452241 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

3. Определим угол наклона упругой линии в расчетном сечении в горизонтальной плоскости.

$$\theta_{nx_p} = \frac{Q \cdot L^2}{10^6 \cdot d^4} \cdot k_\theta; \quad \theta_{nx_p} = \frac{P \cdot L^2}{10^6 \cdot d^4} \cdot k_\theta$$

где L – длина вала, мм;

d – диаметр вала;

k_θ - коэффициент, учитывающий связь между точкой приложения силы и точкой, в которой определяют деформацию.

$$\theta_{nx_q} = \frac{325.9 \cdot 46.5^2}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.19 = 0.0001 \text{ рад.}$$

$$\theta_{nx_p} = \frac{488.8 \cdot 46.5^2}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.64 = 0.00039$$

Суммарный угол наклона упругой линии в расчетном сечении в вертикальной плоскости

$$Q_{nx} = Q_{nx_q} + Q_{nx_p} = 0.0001 + 0.00039 = 0.00049 \text{ рад.}$$

4. Определим угол наклона упругой линии в расчетном сечении в вертикальной плоскости

$$\theta_{ny_{R_1}} = \frac{R_1 \cdot L^2}{10^6 \cdot d^4} \cdot k_\theta; \quad \theta_{ny_{R_2}} = \frac{R_2 \cdot L^2}{10^6 \cdot d^4};$$

$$\theta_{ny_{R_1}} = \frac{244.4 \cdot 46.5^2}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.19 = 0.00007 \text{ рад}$$

$$\theta_{ny_{R_2}} = \frac{163 \cdot 46.5^2}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.64 = 0.00017 \text{ рад.}$$

Суммарный угол наклона упругой линии в расчетном сечении:

$$\theta_{ny} = \theta_{ny_{R_1}} + \theta_{ny_{R_2}} = 0.00007 + 0.00017 = 0.00044 \text{ рад.}$$

$$\theta = \sqrt{0.00049^2 + 0.00044^2} = 0.00066$$

Допустимое значение угла наклона $[\theta] = 0.001 \text{ рад.}$

Вал не превышает это значение.

5. Определим прогиб в расчетном сечении в горизонтальной плоскости

$$y_{nx_Q} = \frac{Q \cdot L^3}{10^6 \cdot d^4} \cdot k_y \quad y_{nx_P} = \frac{P \cdot L^3}{10^6 \cdot d^4} \cdot k_y$$

$$y_{nx_Q} = \frac{325.8 \cdot 46.5^3}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.04 = 0.001 \text{ см.}$$

$$y_{nx_P} = \frac{488 \cdot 46.5^3}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.2 = 0.0068 \text{ см}$$

$$y_{nx} = 0.001 + 0.0068 = 0.0078 \text{ см.}$$

Определим прогиб в расчетном сечении в вертикальной плоскости

$$y_{my_{R_1}} = \frac{244.4 \cdot 46.5^3}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.2 = 0.003 \text{ см}$$

$$y_{my_{R_2}} = \frac{163 \cdot 46.5^3}{10^6 \cdot 6.0^4} \cdot 0.15 = 0.0018 \text{ см}$$

$$y_{ny} = 0.003 + 0.0018 = 0.0048 \text{ см.}$$

Прогиб в расчетном сечении

$$y = \sqrt{y_{nx}^2 + y_{ny}^2} = \sqrt{0.0078^2 + 0.0048^2} = 0.0083 \text{ см}$$

Допустимый прогиб валов под зубчатыми колесами равен $0.01 \div 0.03$ наименьшего модуля зубчатых колес, сидящих на этом валу.

$$y_{\max} = (0.01 \div 0.03)m,$$

где m- модуль, см

$$y_{\max} = (0.01 \div 0.03) \cdot 0.3$$

$$y_{\max} = (0.003 \div 0.009) \text{ см.}$$

Фактическое значение прогиба не превышает допустимое.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

Экономическая эффективность определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_z = \mathcal{C}_1 \cdot \frac{Q}{Q} \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{\mathcal{C}_1' - \mathcal{C}_2' - E_n(K_2' - K_1')}{P_2 + E_n} - \mathcal{C}_2, \text{ грн}$$

где Π_1 – прейскурантная цена базовых станков, грн;

Π_2 – прейскурантная цена нового станка, грн;

$E_n=0.15$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

Q_1 – производительность базового станка;

$t_{шт1}$ – штучное время обработки деталей на базовом станке;

Q_2 – производительность нового станка;

$t_{шт2}$ – штучное время обработки деталей на новом станке;

$P_1 = 1/T_{сл1}$ – срок службы базового станка;

$P_2 = 1/T_{сл2}$ – срок службы нового станка;

$$I_1' = \frac{Q}{Q_1} (Z_{см1} + Z_{а1} + Z_{рем1} + Z_{э1} + Z_{вм1}) - \text{годовые эксплуатационные издержки}$$

потребителя, грн;

$Z_{ст1}$ – заработная плата станочника, грн;

$Z_{а1}$ – амортизационные отчисления за весь срок службы станка,

грн;

$Z_{э1}$ – затраты на электроэнергию базового станка, грн;

$Z_{рем}$ – затраты на ремонт базовых станков, грн;

$Z_{вм}$ – затраты на вспомогательные материалы по базовому станку,

грн.

Годовые эксплуатационные издержки потребителя по новому станку

$$I_2' = Z_{см2} + Z_{а2} + Z_{рем2} + Z_{э2} + Z_{вм2}$$

где $Z_{ст2}$ – зарплата станочника по новому станку, грн;

$Z_{а2}$ – амортизационные отчисления за весь срок службы станка, грн;

$Z_{рем2}$ – затраты на ремонт нового станка, грн;

$Z_{э2}$ – затраты на электроэнергию нового станка, грн;

$Z_{вм2}$ – затраты на вспомогательные материалы, грн ;

Капитальные вложения по базовому станку:

$$K_1' = Q_2 / Q_1 (K_{об1} + K_{зд1} + K_{сл-об1}),$$

где $K_{об1}$ – суммарная балансовая стоимость базового станка, грн;

$K_{зд1}$ – стоимость производственного здания, грн;

$K_{сл-б1}$ – стоимость служебно-бытовых помещений, грн;

$$Q_1 = 1/T_{шт1} = 1/27 = 0.037; \quad Q_2 = 1/T_{шт2} = 1/22 = 0.045.$$

$$\alpha_n = Q_2/Q_1 = 0.045/0.037 = 1.21/$$

Срок службы базового станка – 7 лет

Срок службы нового станка – 8 лет.

$$P_1 = 1/T_{сл} = 1/7 = 0.143 \quad P_2 = 1/8 = 0.125.$$

Затраты на заработную плату станочника:

$$Z_{cm1} = \frac{C_p \cdot T_i}{K_{м.о.м}}$$

где $C_{IVp} = 1.09$ – часовая тарифная ставка рабочего 4-го разряда;

T_i – годовая трудоемкость работ на базовом станке;

$K_{м.о.}$ – коэффициент многостаночного обслуживания.

Определим число единиц оборудования, требуемого для обработки данной детали:

$$C_p = \frac{N_i \cdot T_i \left(1 + \frac{a}{100}\right)}{\Phi_{э.о} \cdot K_3}$$

где T_1 – трудоемкость обработки детали на базовом станке;

N_i – годовая программа выпуска детали, шт;

a – коэффициент потерь на переналадку оборудования;

$\Phi_{э.о}$ – годовой фонд времени работы оборудования.

$$C_p = \frac{27 \cdot 10000 \left(1 + \frac{4}{100}\right)}{60 \cdot 3904.76 \cdot 1.02} = 1.17 \quad C_{пр} = 2$$

Коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пр}} = \frac{1.17}{2} = 0.58$$

Определяем годовую трудоемкость работ, выполняемых на базовом станке:

$$T_{\text{год, ум1}} = \frac{27 \cdot 10000}{60} = 4500$$

$$З_{\text{см1}} = \frac{1.09 \cdot 4500}{1} = 4905 \text{ грн}$$

Амортизационные отчисления по базовому станку

$$З_{\text{а1}} = \frac{Ц_1 \cdot j \cdot C_{\text{пр}} \cdot a_2 \cdot T_{\text{сл1}}}{100\%}$$

где j – коэффициент, учитывающий затраты на доставку и установку станка, принимаем $j = 1.15$;

$C_{\text{пр}}$ – принятое число станков;

a_2 – 15% - годовая норма амортизации.

$$З_{\text{а1}} = \frac{34700 \cdot 1.15 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 7}{100\%} = 67243 \text{ грн}$$

Затраты на ремонт

$$З_{\text{рем1}} = З_{\text{м1}} \cdot P_{\text{м1}} + З_{\text{эл1}} \cdot P_{\text{эл1}},$$

где $З_{\text{м1}}$ и $З_{\text{эл1}}$ – затраты на единицу ремонтосложности механической и электрической части, грн.

$P_{\text{м1}}$ $P_{\text{эл1}}$ – ремонтосложность механической и электрической части

$$З_{\text{рем}} = 3000 \cdot 8 + 630 \cdot 16 = 34080 \text{ грн.}$$

Затраты на электроэнергию. Годовой расход электроэнергии:

$$W_1 = K_c \cdot P_{\text{yc}} \cdot \Phi_{\text{э.о}} \cdot K_{\text{зо}} \cdot m,$$

где P_{yc} – мощность базового станка, кВт;

m – число рабочих смен.

$$W_1 = 0.2 \cdot 24.2 \cdot 3938.076 \cdot 0.8 \cdot 2 = 30503 \text{ кВт/ч}$$

$$З_{\text{эл1}} = 0.13 \cdot 30503 = 3965.4 \text{ грн.}$$

Затраты на вспомогательные материалы принимаем в размере 460 грн на один станок.

Годовые издержки потребителя по базовому станку:

$$И_1' = \frac{0.045}{0.037} (4905 + 67243 + 34080 + 3965.4 + 460) = 134578 \text{ грн}$$

Расчеты по новому станку проведем аналогично расчетам, проведенным для базовой модели.

$$I_2' = Z_{cm2} + Z_{a2} + Z_{рем2} + Z_{вм2}.$$

Число оборудования, требуемого для обработки детали:

$$C_p = \frac{22 \cdot 10000(1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3904.76 \cdot 1.02} = 0.95 \quad C_p=1$$

Определим коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3=0.95/1=1$$

Коэффициент загрузки низкий, поэтому необходимо провести дозагрузку оборудования подобными деталями

$$\begin{array}{lcl} 22_{\text{мин}} & - & 0.95 \\ x & - & 0.8 \quad x=18.5 \end{array}$$

Определим годовую трудоемкость работ

$$T_{годшт2} = \frac{(22 + 18.5) \cdot 10000}{60} = 6750_{грн}$$

Амортизационные отчисления нового станка

$$Z_{a2} = \frac{21500 \cdot 1.15 \cdot 8 \cdot 15}{100\%} = 29670_{грн}$$

$$Z_{рем2}=3000 \cdot 10+630 \cdot 25=45750_{грн}.$$

Затраты на электроэнергию

$$W_2=0.2 \cdot 12 \cdot 3904.76 \cdot 0.82=7684.6$$

$$Z_{эл}=0.13 \cdot 7684.6=999_{грн}$$

$$I_2' = 6131 + 29670 + 45750 + 999 + 460 = 83010$$

Таблица 1.2 Показатели затрат на базовый и новый станки.

Показатели затрат	На базовые станки	На новый станок
Затраты на зар.плату станочника	4905	6131
Затраты на амортизационные отчисления	67243	29670
Затраты на ремонт	34080	45750
Затраты на электроэнергию	3965.4	999
Затраты на вспомогательные материалы	460	460
Итого	110653	83010

$$K_1' = \alpha_n (K_{об1} + K_{зд1} + K_{сл-б1})$$

$K_{об1} = \Pi_{обр} \cdot \gamma$ – суммарная балансовая стоимость оборудования

$$K_{об} = 31800 \cdot 1.15 = 36750 \text{ грн.}$$

Стоимость здания

$$K_{зд} = \Pi_{пл.зд} + p \cdot \gamma + C_{пр},$$

где $\Pi_{пл.зд}$ – стоимость 1 м³ производственного здания

p – площадь, занимаемая станком, м²

γ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь.

$$K_{зд1} = 300 \cdot 7 + 2.5 \cdot 2 = 10500 \text{ грн.}$$

Стоимость служебно-бытовых помещений

$$K_{сл-б} = \Pi_{сл-б1} \cdot p_б (N_{осн} + N_{доп}),$$

где $N_{осн}$ – число основных рабочих

$p_б$ – площадь служебно-бытовых помещений на 1-го рабочего

$$K_{сл-б1} = 300 \cdot 7 (2 + 1) = 6300 \text{ грн}$$

$$K_1' = 1.21 (36570 + 10500 + 6300) = 64577 \text{ грн}$$

Определим капитальные вложения по новому станку:

$$K_2' = K_{об2} + K_{зд2} + K_{сл-б2},$$

$$K_{об2} = 21500 \cdot 1.15 = 24725 \text{ грн}$$

$$K_{зд2} = 300 (2.7 + 1) \cdot 1.15 = 1276.5 \text{ грн}$$

$$K_{сл2} = 24725 + 1276.5 + 4200 = 30201.5 \text{ грн}$$

$$K_2' = 24725 + 1276.5 + 4200 = 30201.5 \text{ грн}$$

Определим годовой экономический эффект от внедрения нового станка в производство:

$$\mathcal{E}_2 = 34700 \cdot 1.21 + \frac{0.143 + 0.15}{0.125 + 0.15} + \frac{134578 - 83010 - 0.15(30201.5 - 64577)}{0.125 + 0.15} - 21500 = 226756 \text{ грн}$$

Определим срок окупаемости нового станка и сравним его с нормативным сроком окупаемости оборудования

Нормативный срок окупаемости определяется по формуле:

$$T_n = \frac{1}{E_n};$$

где $E_n = 0.15$ – коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$T_n = \frac{1}{0.15} = 6.67 \text{ года}$$

Срок окупаемости нового станка:

$$T_{ок} = \frac{K'_2}{\Pi_p} = \frac{30201.5}{226756} = 0.13 \text{ п } 6.67$$

Вывод: данный экономический эффект получаем за счет установления фрезерной головки, которая позволяет нам обрабатывать деталь быстрее, чем на базовых станках.

II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА И ФОРМЫ ЕГО ОРГАНИЗАЦИИ

В машиностроении различают три основные классификационные категории производства (ГОСТ 14004 – 74)

- вид производства, характеризующийся применяемым методом изготовления изделия, например, литейное, сварочное, листо – штамповочное, механосборочное и другие производства;
- тип производства, определяемый по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий; единичное, серийное или массовое;
- форма организации производства – поточная или групповая (непоточная), характеризуемая уровнем специализации рабочих мест и принципом расположения оборудования.

Тип производства предварительно определяют на начальный момент проектирования в результате анализа годовой программы производства с последующим уточнением на дальнейших этапах проектирования по мере технологической проработки и выявления признаков серийности производства деталей на отдельных участках цехов. Для предварительного определения типа производства на отдельных участках цехов в зависимости от годового объема выпуска и массы обрабатываемых деталей можно воспользоваться данными (м.№314 табл. 2.1)

$N_i = 1000$ шт, $m_{\text{дет}} = 9$ кг – тип производства – серийное.

Окончательно тип производства находят по значению коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$, который определяется как отношение всех технологических операций, подлежащих выполнению в течение месяца на

данном участке, к общему числу рабочих мест или станков, предназначенных для их выполнения,

$$K_{з.о}=O/P=O/S_{уч} \cong O/P$$

где O – число деталиеопераций, выполняемых на участке за месяц,

P – число рабочих мест или $S_{уч}$ – количество установленных станков на участке.

Среднее значение нормативного коэффициента загрузки k_z по участку цеха при двухсменной работе следует принимать: для серийного производства – $k_z = 0.75 \div 0.85$. [8]

Для определения характера серийности установлены следующие пределы значений коэффициента $k_{з.о}$ (по ГОСТ14.004-74):

Серийное производство $k_{з.о}=4-20$, т.е. за одним станком или рабочим местом закреплено от 4 до 20 операций.

При серийном производстве обязательно предлагают величину партии деталей или количество деталей в ней:

$$n=N \cdot a/\Phi,$$

где N – программа выпуска детали, шт. в год;

$a = 3, 6, 12, 24$ дня – периодичность запуска деталей в производстве или число дней, на которые необходимо обеспечить работу сборочного чеха;

$\Phi = 253 - 254$ – число рабочих дней в году;

$$n=1000 \cdot 12/254=47.24 \text{ шт.}$$

Окончательно принимаем размер партии детали $n=48$ шт.

В серийном производстве чаще всего организуют предметно-замкнутые участки параллельно-последовательной обработки деталей.

2.2. СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ

В современном машиностроении ступенчатые валы находят широкое применение. Ступенчатые валы встречаются в самых разнообразных

устройствах, начиная от механизмов редукторов и заканчивая редукторами, предназначенными для передачи мощностей в несколько сот лошадиных сил.

Валы предназначены для посадки деталей , передающих крутящий момент (шкивы, зубчатые колеса и т.д.)

В нашем случае деталь типа: ступенчатый вал является первым валом коробки скоростей вертикально- фрезерного специализированного станка с ЧПУ и предназначена для передачи крутящего момента через муфту от электродвигателя и посадки зубчатых колес , передающих крутящие моменты на следующие валы коробки скоростей.

2.3. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Технологичность конструкции – это свойство конструкции , обеспечивающее минимальные затраты на ее изготовление, ремонт и эксплуатацию.

Общим критерием технологичности детали являются абсолютные значения трудоемкости и технологической себестоимости изготовления.

Оценить показатели трудоемкости и технологической себестоимости на начальном этапе проектирования технологического процесса невозможно по причине отсутствия необходимых исходных данных.

Поэтому даем только качественную оценку признаков технологичности конструкции:

1. Определим обрабатываемость материала.

Сталь 40Х является легированной конструкционной и относится к 3-ей группе материалов. Обрабатываемость стали 40Х удовлетворительная ($K_v=0.8\div 1$). Без особых затруднений можно достичь необходимой шероховатости.

2. Поверхности , используемые как установочные базы, являются цилиндрическими и не требуют применения сложных рабочих приспособлений.
3. Принцип единства баз будет использоваться на большинстве операций.
4. Деталь имеет нормальную жесткость. Она обеспечивает возможность обработки на нормальных режимах резания.
5. Поверхность заготовки можно обрабатывать на многоинструментальных станках.
6. Деталь не требует применения дополнительного режущего инструмента и можно ограничиться применением стандартного измерительного инструмента.
7. Подход режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям более чем удобен.
8. Допуски и граничные отклонения на размеры соответствуют стандартам.
9. Коэффициент использования заготовки

$$K_{и.з}=q/Q$$

где q – масса детали, кг

Q – масса заготовки, кг

$$K_{и.з}=9.0/11.9=0.76>0.6.$$

Все выше перечисленное дает нам возможность считать конструкцию детали технологичной.

2.4. ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и формируют технологические условия на изготовление. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения напусков и припусков, повышения точности размеров и параметров расположения поверхностей усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки, но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки заготовки, повышается коэффициент использования материала. Заготовки простой конфигурации дешевле, так как не требуют при изготовлении сложной и дорогой технологической оснастки, однако такие заготовки требуют последующей трудоемкой обработки и повышенного расхода материала.

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного количества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки связан с конкретным технико-экономическим расчетом себестоимости готовой детали, выполняемым для заданного объема годового выпуска с учетом других условий производства.

Каждый из выбранных методов получения заготовки для экономического анализа должен удовлетворять ряду условий, а именно обеспечивать:

- свойства заготовки, необходимые для выполнения деталью своих служебных функций при заданных условиях эксплуатации;
- возможность получения заготовок из заданного материала и заданной конструкции;

- производительность изготовления заготовок с учетом заданной программы выпуска.

Если этим условиям удовлетворяют несколько методов (литье, горячая штамповка, прокат) и тем более несколько способов в рамках каждого из этих методов, необходимо выбрать наиболее экономичный вариант. При этом используют два критерия экономической целесообразности:

- стоимость изготовления заготовки;
- коэффициент использования заготовки (КИЗ).

Стоимость одной заготовки, получаемой отливкой или горячей штамповкой

$$C = \frac{C_B}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_n \cdot (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} \text{ грн} \quad (3.4.1)$$

Для заготовок, получаемых из проката

$$C = \frac{C_B}{1000} Q - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000}; \quad (3.4.2)$$

где C_B - базовая стоимость изготовления 1т заготовок, грн;

Q и q - масса соответственно заготовки и готовой детали, кг;

K_T, K_M, K_C, K_B, K_n – коэффициенты, учитывающие соответственно класс точности, материал, группу сложности, массу заготовки, программу выпуска;
 $S_{отх}$ – стоимость 1т. стружки, грн.

Коэффициент использования заготовки

$$\eta = q / Q, \quad (3.4.3)$$

где q – масса детали, кг; Q – масса заготовки, кг.

Для расчета Q надо знать материал, размеры детали и суммарные припуски на обработку, которые выбирают для отливок из стали – по ГОСТ 2009 – 55; горячештамповочных – по ГОСТ 2505-74, заготовок из проката – по ГОСТ 2590-71.

С учетом назначения и конструкции детали предпочтение отдаем методам получения заготовок – горячая штамповка и прокат.

Экономически обосновать целесообразность использования одного из трех способов получения заготовок:

- 1) штамповка на молотах;
- 2) штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах;
- 3) заготовки из проката.

Штамповка на молотах. Молоты различных конструкций применяют для горячей штамповки преимущественно в открытых штампах. Штамповка на молоте экономически целесообразна в серийном производстве. Наиболее распространены паровоздушные молоты двойного действия. При штамповке на молотах возможно регулирование энергии удара, слабые удары могут быть нанесены с повышенной частотой. Деформирование в одном ручье осуществляется за несколько ударов. Большие в скорости деформации при штамповке на молотах благоприятно сказываются на заполнении сложного рельефа штампа.

Молоты имеют малый КПД (не более 30%). Они неэкономичны в эксплуатации при изготовлении мелких и средних поковок. Высокая стоимость молотых установок связана с использованием котельных или компрессорных станций и громоздких фундаментов.

Штамповку на молотах характеризует невысокая производительность труда, невысокая точность размеров поковок (допуск достигает нескольких миллиметров), большой расход металла на напуски от штамповочных уклонов вследствие ограниченного применения выталкивателя.

Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах.

Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) вытеснили молоты и получили распространение в серийном, крупносерийном и массовом производстве поковок сложной формы массой до нескольких сот килограммов. Они отличаются более стоимостью, но приспособлены для высокомеханизированного и автоматизированного производства поковок, допускают эксцентричное расположение ручьев в штампе, снабжены нижним и верхним выталкивателями. Нерегулируемый конец рабочего хода КГШП не позволяет деформировать заготовку в одном ручье за несколько проходов.

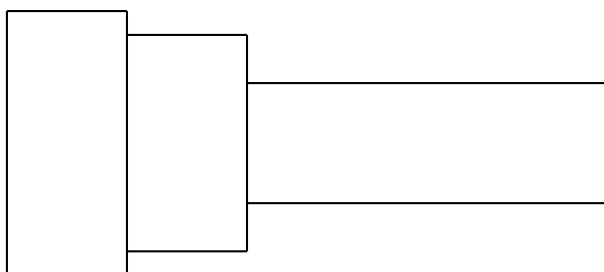
Скорость в момент начала деформации этих прессов не превышает 0.6 ...0.8 м/с.; усилие составляет 6.2 ...120 МН.

При штамповке на КГШП получают поковки, более близкие по форме к готовой детали, с более точными размерами, чем при штамповке на молотах. Более совершенная конструкция штампов обеспечивает меньшую величину смещения половин штампа, уменьшение припусков (на 20 ...30%), напусков, штамповочных уклонов (в 2 ...3 раза), допусков и как следствие – увеличение коэффициента использования металла.

Производительность штамповки повышается примерно в 1.4 раза за счет сокращения числа ударов в каждом ручье до одного. Себестоимость поковок снижается на 10 ...30% за счет уменьшения расхода металла и эксплуатационных затрат.

К числу недостатков КГШП относятся их высокая себестоимость, меньшая универсальность, худшее заполнение глубоких полостей, более сложная конструкция, эксплуатация штампов.

А)



Б)



Рисунок 9

а) – эскиз штамповочной заготовки

б) – эскиз заготовки из проката.

Согласно ГОСТ 2505-74 и ГОСТ 2590-71, ГОСТ 7417-71 устанавливаем припуски и рассчитываем массу заготовки Q , полученной каждым способом.

Для горячештамповочных заготовок, получаемых штамповкой на молотах по ГОСТ 2505-74, принимаем припуск на сторону для диаметров заготовки до 120 мм, масса заготовки 9 кг, нормального класса точности, припуск на сторону $z=3.4$ мм. Припуск на длинновые размеры принимаем 3 мм.

Масса заготовки определяется

$$Q = V \cdot \rho,$$

где V – объем заготовки, см^3 ;

$\rho = 7.83 \text{ г/см}^3$ - плотность материала заготовки

$$Q = 1568.1 \cdot 7.83 = 12.278 \text{ кг.}$$

Для горячештамповочных заготовок, получаемых штамповкой на прессе ГОСТ 2505-74, принимаем припуск на сторону для диаметров заготовки до 120 мм, масса заготовки до 10 кг. нормального класса точности припуск на сторону $Z=2.5$. Припуск на длинновые размеры принимаем 3 мм.

Масса заготовки определяется:

$$Q = V \rho,$$

где V – объем заготовки, см^3

ρ – плотность материала заготовки, г/см^3

$$Q = 1522 \cdot 7.83 = 11.9 \text{ кг.}$$

Для заготовок, получаемых из прутка, согласно ГОСТ 2590-71 выбираем стандартный диаметр прутка нормальной точности, т.е. $\varnothing 120$ мм $L=520$ мм.

Определяем массу прутка

$$Q = \frac{3.14}{4} (12^2 \cdot 52) \cdot 7.83 = 46025 = 46 \text{ кг.}$$

Определим стоимость заготовок и коэффициент использования заготовки, получаемых каждым способом.

Стоимость заготовки, получаемой горячей штамповкой

$$C = \frac{C_B}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_n - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000},$$

где C_B – базовая стоимость изготовления 1т. заготовок, грн.

Q и q – массы соответственно заготовки и готовой детали, кг.

K_T, K_M, K_C, K_B, K_n – коэффициенты, учитывающие соответственно класс точности, материал, группу сложности, массу заготовки, программу выпуска.

$S_{отх}$ – стоимость 1т стружки, грн.

$$C = \frac{350}{1000} \cdot 12.3 \cdot 1 \cdot 1.21 \cdot 0.7 \cdot 0.87 \cdot 1 - (12.3 - 9) \cdot \frac{14}{1000} = 3.11 \text{ грн}$$

Коэффициент использования заготовки

$$\eta = 9 / 12.3 = 0.732$$

Стоимость заготовки, получаемой прокатом

$$C = \frac{343}{1000} \cdot 46 - (46 - 9) \cdot \frac{14}{1000} = 15.26 \text{ грн}$$

Коэффициент использования заготовки

$$\eta = 9 / 46 = 0.2$$

Стоимость заготовки, получаемой на КГШП

$$C = \frac{350}{1000} \cdot 11.9 \cdot 1 \cdot 1.21 \cdot 0.7 \cdot 0.87 - 1 - (11.9 - 9) \cdot \frac{14}{1000} = 3.02 \text{ грн}$$

Коэффициент использования заготовки

$$\eta = 9 / 11.9 = 0.76$$

Данные расчета сведем в таблицу 2.1.

Показатель	Обозначение	Единица	Вариант		
			молот	КГШП	Пруток
Припуск на сторону	z	мм	3.4	2.5	1.0
Масса заготовки	Q	Кг	12.3	11.9	46
Базовая цена 1т заготовок	C _б	Грн.	350	350	343
Коэффициенты	K _т	-	1	1	-
	K _м	-	1.21	1.21	-
	K _с	-	0.7	0.7	-
	K _в	-	0.87	0.87	-
	K _п	-	1	1	-
Стоимость 1т стружки	S _{отх}	грн.	14	14	14
Стоимость 1т заготовки	C	грн.	3.11	3.02	12.3
Коэф. использ. заготовки	η	грн	0.73	0.76	0.2

Дальнейшие расчеты проводим только применительно к вариантам 1-молот и 2-КГШП, так как $C_2 < C_1 < C_3$ и $\eta_2 > \eta_1 > \eta_3$.

Рассчитаем годовую экономию по стоимости заготовок

$$\mathcal{E}_r = (C_1 - C_2) \Pi,$$

где C_1 и C_2 – стоимость одной заготовки, изготовленной соответственно на молотах и КГШП, грн.

Π – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_r = (3.11 - 3.02) \cdot 1000 = 90 \text{ грн.}$$

Определим годовую экономию материала:

$$M_1 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1} \cdot n,$$

где q – масса детали, кг;

η_1 и η_2 – коэффициент использования заготовки соответственно при 1 варианте – молот и 2-м варианте – КГШП.

Π – годовая программа выпуска деталей, шт в год.

$$M_1 = \frac{9(0.76 - 0.73)}{0.76 \cdot 0.73} \cdot 1000 = 486.6 \text{ кг}$$

Спроектируем горячештампованную заготовку для детали – вал. Материал детали сталь 40 X ГОСТ 4543-71, масса детали $q = 9$ кг, годовая программа выпуска $N_i = 1000$ шт.

С учетом конструкции детали выбираем для изготовления заготовки штамповку на кривошипном горячештамповочном прессе. В связи с этим выбираем одну плоскость разъема штампа: по продольной оси детали.

В соответствии с ГОСТ 7505-89 устанавливаем характеристики поковки: класс точности – T_2 – нормальной точности, группа стали – М2 (0.35 ... 0.65% и 2 ... 5% содержания углерода и легирующих элементов), степень сложности согласно коэффициента

$$C = G_{\Pi} / G_{\Phi},$$

где G_{Π} и G_{Φ} – массы соответственно поковки и простой фигуры, в которую вписывается поковка, кг

$$C = 11.9 / 15.1 = 0.79.$$

Так как коэффициент $C = 0.63 \dots 1.0$, следовательно, поковка относится к С, первой группе сложности. Поверхность разъема штампа – Π .

В соответствии с ГОСТ 2505-74 на обрабатываемые поверхности назначаем припуски с учетом массы и характеристик поковки, размеров и шероховатости детали после обработки: на размер $\varnothing 112$ – 3.0 мм, $\varnothing 75$ – 3.0 мм, $\varnothing 55$ – 3.0 мм, L39 – 2.5 мм, L 96 – 2.5 мм, L 511 – 3 мм (припуски указаны на сторону).

Устанавливаем штамповочные уклоны:

Наружные уклоны $3^{\circ} \dots 5^{\circ}$. Штамповочные радиусы К 5.0.

Определим номинальные размеры поковки:

$$D_1 = 112 + 2 \cdot 3 = 118 \text{ мм}$$

$$L_2 = 57 + 2 \cdot 2.5 = 62 \text{ мм}$$

$$D_2 = 75 + 2 \cdot 3 = 81 \text{ мм}$$

$$L_3 = 511 + 2 \cdot 3 = 517 \text{ мм}$$

$$D_3 = 55 + 2 \cdot 3 = 61 \text{ мм}$$

$$L_1 = 39 + 2 \cdot 2.5 = 44 \text{ мм}$$

Расчетная масса штамповочной заготовки – 11.9 кг.

2.5 СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ

План обработки поверхности включает в себя количество технологических переходов, последовательность этих переходов, методы обработки поверхностей.

На содержание плана оказывает влияние ряд факторов:

1. Требования к точности размеров и к точности взаимного расположения осей и поверхностей. Чем эти требования выше, тем больше требуется переходов. Сравнительно часто размеры, связывающие поверхности или оси, имеют широкие допуски, и их можно обеспечить за один переход.
2. Требования к качеству поверхности. Если метод окончательной обработки обеспечивает требуемую точность размера, но не обеспечивает качество поверхности, то в план обработки дополнительно вводят 1-2 перехода, таких как: тонкое шлифование, притирка, супер-финиш полирование, упрочняющие методы и т.д.
3. Наличие и характер термической обработки. Известно, что цементация, азотирование, закалка, отпуск и другие методы приводят к потере уже достигнутых показателей точности. Для восстановления утраченной точности необходимо вводить дополнительно 1-2 перехода.

4. Требования к точности установочных технологических баз. Если поверхность выполняет в технологическом процессе роль установочной базы, то число переходов ее обработки увеличивается. Обычно дополнительные переходы вводятся после черновой термической обработки.
5. требования к показателям качества исходной заготовки. Чем выше требования к точности: размеров, формы, взаимного расположения поверхностей заготовки, тем меньше требуется переходов для достижения соответствующих показателей качества детали.

Указанные факторы влияют в основном на установление числа переходов. Для оценки достаточности этого числа можно воспользоваться понятием «требуемое уточнение», значение которого рассчитывается по формуле:

$$E_i = T_{zi} / T_{di}, \quad (3.5.1)$$

где T_{zi} – допуск на i – й параметр исходной заготовки;

T_{di} – допуск по чертежу для того же i -го параметра готовой детали.

На каждом j -м переходе обеспечивается частное уточнение i -го параметра

$$E_{ij} = T_{i(j-1)} / T_{ij}, \quad (3.5.2)$$

где $T_{i(j-1)}$ и T_{ij} – соответственно технологические допуски, обеспечиваемые на предшествующем $(j-1)$ и данном j -м переходе. Если после обработки заготовки по намеченному плану обеспечивается выполнение условия:

$$\prod_{i=1}^n E_{ij} \geq E_i, \quad (3.5.3)$$

то общее число переходов $j=k$ следует считать достаточным, а вариант плана обработки поверхностей – приемлемым. Выполнение данного условия может обеспечиваться в одинаковой мере различными планами. Окончательно выбранный план должен не только удовлетворять условию, но и учитывать особенности типа

производства, наличие и возможности технологического оборудования, принципы обеспечения минимальных затрат на обработку детали.

Составим план обработки поверхности $\varnothing 40$ к6.

1. Согласно рабочего чертежа выясняем технические требования на обработку

$$T_{d1}=0.016\text{мм}; \quad T_{Ra3}=0.8 \text{ мкм.}$$

2. Установим допуски T_{d3} и T_{Ra3} для поверхности исходной заготовки

$$T_{d3}=es_3 - ei_3 = 1.9 - (-1.0) = 2.9 \text{ мм} = 2900 \text{ мкм}$$

$$T_{Ra3}=50 \text{ мкм.}$$

3. Рассчитаем требуемое уточнение

$$E_d = \frac{T_{d3}}{T_{d1}} = \frac{2900}{16} = 181; \quad E_{Ra} = \frac{T_{Ra3}}{T_{Ra1}} = \frac{50}{0.8} = 62.5$$

4. Назначим технологические переходы для обработки рассматриваемой поверхности. Точность и шероховатость, обеспечиваемые различными методами обработки, приведены в [6].

Переход первый – обтачивание черновое, обеспечивающее

$$T_{d1}=250 \text{ мкм} \quad \text{и} \quad T_{Ra1}=12.5 \text{ мкм.}$$

Уточнения

$$E_{d1} = \frac{2900}{250} = 11.6; \quad E_{Ra1} = \frac{50}{12.5} = 4.$$

Второй переход – обтачивание получистовое, в результате которого $T_{d2}=160$ мкм и $T_{Ra2}=3.2$ мкм.

$$E_{d2} = \frac{250}{160} = 1.56 \quad E_{Ra2} = \frac{12.5}{3.2} = 3.91.$$

Для рассматриваемой детали термообработка необходима и, следовательно, достижение требуемой точности размера $\varnothing 40(\frac{+0.008}{-0.008})$ путем проведения чистового и тонкого обтачивания становится нецелесообразным, т.к. достигнутая точность в результате проведения термообработки будет утрачена. После термообработки деталь необходимо обрабатывать абразивным инструментом.

Третий переход – предварительное шлифование, обеспечивающее $T_{d3}=62$ мкм, $T_{Ra3}=1.6$ мкм.

$$E_{d3}=\frac{130}{62}=2.1 \quad E_{Ra3}=\frac{3.2}{1.6}=2$$

Четвертый переход – получистовое шлифование, в результате которого $T_{d4}=25$ мкм и $T_{Ra4}=0.8$ мкм.

$$E_{d4}=\frac{62}{25}=2.48 ; \quad E_{Ra4}=\frac{1.6}{0.8}=2$$

Пятый переход – чистовое шлифование, в результате которого $T_{d5}=16$; $T_{Ra5}=0.8$ мкм

$$E_{d5}=\frac{25}{16}=1.56 \quad E_{Ra5}=\frac{0.8}{0.8}=1$$

Шестой переход – шлифование тонкое, обеспечивающее $T_{d6}=11$ мкм; $T_{Ra6}=0.8$ мкм.

$$E_{d6}=\frac{16}{11}=1.45 \quad E_{Ra6}=\frac{0.8}{0.8}=1.$$

При этом:

$$\prod_{j=1}^6 E_{di} = 11.6 \cdot 1.56 \cdot 2 \cdot 2.48 \cdot 1.56 \cdot 1.45 = 203$$

$$\prod_{j=1}^6 E_{Rai} = 4 \cdot 3.91 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 = 62.56$$

Таким образом, после шести переходов точность размера $\varnothing 40_{jsb}(\frac{+0.008}{-0.008})$ и шероховатость $Ra=0.8$ мкм обеспечивается, так как суммарные уточнения больше требуемых, т.е. имеется запас точности.

Данные расчета сводим в таблицу.

Таблица 2.2 План обработки поверхности

Поверхность, размер	Параметры заготовки мкм		Параметры детали мкм		Требуемые уточнения		Технологические переходы	Показатели качества на j-м переходе		Частные уточнения на j-м переходе	
	T _{дз}	T _{Раз}	T _{да}	T _{Рад}	E _d	E _{Ра}		T _{dj}	T _{Рaj}	E _{dj}	E _{Рaj}
Поверхность $\varnothing 40_{\text{к6}} \left(\begin{smallmatrix} +0.008 \\ -0.008 \end{smallmatrix} \right)$	2900	50	16	0.8	181	62.5	Обтачивание				
							-черновое	250	12.5	11.6	4
							-получистовое	160	3.2	1.56	3.91
							Шлифование				
							-предваритель- ное	62	1.6	2.1	2
							-получистовое	25	0.8	2.48	2
							-чистовое	16	0.8	1.56	1
							-тонкое	11	0.8	1.45	1

203 62.56

Для остальных поверхностей детали данный расчет приведен таблично, с учетом того, что все поверхности будем рассматривать как наружные гладкие цилиндрические.

Все данные приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Планы обработки детали.

Поверхность, размер	Параметры заготовки, мкм		Параметры детали мкм		Требуемые уточнения		Технологические переходы	Показатели качества на j-м переходе		Показатели уточнения на j-м переходе	
	T _{дз}	T _{Раз}	T _{дл}	T _{Рад}	E _d	E _{Ra}		T _{di}	T _{Rai}	E _{di}	E _{Rai}
Поверхность $\phi 45h9(-0.016)$	2900	50	16	0.8	181	62.5	Обтачивание -черновое -получистовое Термообработка Шлифование -предварительное -получистовое -чистовое -тонкое	250 160 62 25 16 11	12.5 3.2 1.6 0.8 0.8 0.8	11.6 1.56 2.1 2.48 1.56 1.45	4 3.91 2 2 1 1
										203	62.56
Поверхность $\phi 45e9(\frac{-0.050}{-0.112})$	2900	50	62	1.6	46.7	31.25	Обтачивание -черновое -получистовое Термообработка Шлифование предварительное -получистовое	250 160 62 25	12.5 3.2 1.6 1.6	11.6 1.56 2.1 2.48	4 3.91 2 1
										94.2	31.28
Поверхность $\phi 112d11(\frac{-120}{-390})$	2900	50	270	3.2	10.7	15.625	Обтачивание -черновое получистовое	540 220	12.5 3.2	5.3 2.4	4 3.91
										12.72	15.64

Продолжение таблицы 2.3

Поверхность, размер	Параметры заготовки мкм		Параметры детали мкм		Требуемые уточнения		Технологические переходы	Показатели качества на J- м переходе		Показатели уточнения на J- м переходе	
	T _{dз}	T _{Раз}	T _{дд}	T _{Рад}	E _d	E _{Ра}		T _{di}	T _{Rai}	E _{dj}	E _{Raj}
Поверхность Ø75к6(±0.0095)	2900	50	19	0.8	152.6	62.5	Обтачивание				
							-черновое	460	12.5	6.31	4
							получистовое	190	3.2	2.43	3.91
							Термообработка				
							Шлифование				
							предварительное	46	1.6	4.4	2
							получистовое	30	0.8	1.54	2
							-чистовое	19	0.8	1.58	1
										164	62.56
Поверхность Ø55кБ($\frac{+0.015}{+0.002}$)	2900	50	13	0.8	223	62.5	Обтачивание				
							-черновое	300	12.5	9.67	4
							получистовое	190	3.2	1.58	3.91
							Термообработка				
							Шлифование				
							предварительное	46	1.6	4.13	2
							получистовое	30	0.8	1.54	2
							-чистовое	19	0.8	1.58	1
							-тонкое	13	0.8	1.46	1
Поверхность Ø50hb(-0.016)	2900	50	16	0.8	181	62.5	Обтачивание				
							-черновое	250	12.5	11.6	4
							получистовое	160	3.2	1.56	3.91
							Термообработка				
							Шлифование				
							предварительное	62	1.6	2.1	2
							получистовое	25	0.8	2.48	2
							-чистовое	16	0.8	1.56	1
							-тонкое	11	0.8	1.45	1
										203	62.56

2.5 НАЗНАЧЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ПРИПУСКОВ И РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

Величины операционных припусков используются при расчете операционных исполнительных размеров, обеспечиваемых на каждой операции технологического процесса. Эти размеры необходимы для наладки и настройки станков, выбора режущего инструмента, расчета режимов резания и оформления технической документации.

Величину операционных припусков можно рассчитать по формулам, учитывающим конкретные условия выполнения операций, или выбрать по нормативным источникам, в которых приведены опытно-статические значения этих припусков.

Припуск назначается на каждую поверхность обрабатываемой детали.

Общим припуском z_0 на обработку называется слой металла, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки.

Операционный припуск z_i – слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции. Если операция состоит из нескольких технологических периодов, то необходимо рассчитать припуски z_{ji} , удаляемые на каждом j -м технологическом переходе i -ой операции.

При этом операционный припуск:

$$z_i = \sum_{j=1}^k z_{ji} \quad (3.6.1)$$

где k – общее число технологических переходов для обработки поверхности на i -й операции.

Операционный припуск может принимать значения: номинальное z_i^H , минимальное $z_i^{\min}$, максимальное $z_i^{\max}$.

Значения $z_i^{\min}$ задаются в нормативных таблицах. При известных $z_i^{\min}$ можно рассчитать:

$$z_i^H = z_i^{\min} + Td_{i-1} \quad (3.6.2)$$

$$z_i^{\max} = z_i^H + Td_i \quad (3.6.3)$$

где Td_i и Td_{i-1} соответственно технологические допуски, обеспечиваемые на данной и предшествующей операции.

Расчет операционных исполнительных размеров следует начинать с последней операции, на которой обеспечивается размер, проставленный для рассматриваемой поверхности на рабочем чертеже детали.

Для наружных цилиндрических поверхностей значения номинальных размеров рассчитывают по формуле

$$d_{i-1} = d_i + z_i^H \quad (3.6.4)$$

При механической обработке заготовок все промежуточные операционные исполнительные размеры должны иметь расположение допуска в металл. Предельные отклонения размеров окончательно обработанной поверхности имеют знаки и значения, проставленные на рабочем чертеже детали.

Правильность проведения расчетов проверяется по формуле:

$$z_i^{\max} - z_i^{\min} = Td_{i-1} + Td_i \quad (3.6.5)$$

$$d_{заг}^H - d_{\partial} = z_o^H \quad (3.6.6)$$

Если проверка показала правильность расчетов, то все операционные исполнительные размеры и исполнительный размер заготовки необходимо указать, округлив их до того знака после запятой, с которым указаны заданные на них предельные отклонения.

Назначим операционные припуски, рассчитаем исполнительные размеры для каждой операции, рассчитаем исполнительный размер заготовки для поверхности $\varnothing 40k6 \begin{pmatrix} +0.008 \\ -0.008 \end{pmatrix}$.

1. Установим согласно значения минимальных припусков
 $z_1^{\min}=2.00\text{мм}$, $z_2^{\min}=0.55\text{мм}$, $z_3^{\min}=0.85\text{мм}$, $z_4^{\min}=0.3\text{мм}$, $z_5^{\min}=0.1\text{мм}$,
 $z_6^{\min}=0.06\text{мм}$.

2. Рассчитаем номинальные припуски по формуле 3.6.2.

$$Z_1^H=2.0+1.0=3\text{мм}$$

$$Z_2^H=0.55+0.25=0.8\text{мм}$$

$$Z_3^H=0.85+0.160=1.01\text{мм}$$

$$Z_4^H=0.3+0.062=0.362\text{мм}$$

$$Z_5^H=0.1+0.025=0.125\text{мм}$$

$$Z_6^H=0.06+0.016=0.076\text{мм}$$

3. Рассчитаем номинальные значения размеров для каждой операции и для исходной заготовки

$$d_6=40$$

$$d_5=40+0.076+0.016-0.008=40.084\text{мм}$$

$$d_4=40.084+0.125=40.209\text{мм}$$

$$d_3=40.209+0.362=40.571\text{мм}$$

$$d_2=40.571+1.01=41.581\text{мм}$$

$$d_{\text{заг}}=42.381+3=45.381\text{мм}$$

4. Рассчитаем максимальные значения операционных припусков по ф.3.6.3.

$$z_1^{\max}=3+1.9+0.25=5.15\text{мм}$$

$$z_2^{\max}=0.8+0.16=0.96\text{мм}$$

$$z_3^{\max}=1.01+0.062=1.072\text{мм}$$

$$z_4^{\max}=0.362+0.025=0.387\text{мм}$$

$$z_5^{\max}=0.125+0.016=0.141\text{мм}$$

$$z_6^{\max}=0.076+0.011=0.087\text{мм}$$

5. Проверим правильность расчета по формуле

$$z_i^{\max} - z_i^{\min} = Td_{i-1} + Td_i$$

$$5.15-2=3.15=2.9+0.25=3.15$$

$$0.96 - 0.55=0.41=0.25+0.16=0.41$$

$$1.072-0.85=0.222=0.16+0.062=0.222$$

$$0.387-0.3=0.087=0.062+0.025=0.087$$

$$0.141-0.1=0.041=0.025+0.016=0.041$$

$$0.087-0.06=0.027=0.016+0.011=0.027$$

Условие удовлетворяется.

6. Проверим правильность расчета по формуле 3.3.6.

$$45.381=40+5.381=3+0.8+1.01+0.362+0.133+0.076=5.381$$

Проверка подтвердила правильность расчета.

Все полученные данные внесем в таблицу.

Таблица 2.4. Исходные данные и расчетные значения припусков и операционных размеров для обработки поверхности Ø40к6.

План обработки элементарной поверхности	Предельные отклонения		Допуск на обработку	Номинальный припуск	Номинальный диаметр	Исполнительный размер	Предельные припуски	
	es	ei					$z_i^{\min}$	$z_i^{\max}$
Поверхность Ø40к6 ^{+0.008} _{-0.008}) Заготовка	+1900	-1000	2900	-	45.381	45.381 ^{+1.9} _{-1.0}	-	-
Обтачивание -черновое	0	-250	250	3000	42.381	42.381 _{-0.25}	5150	2000
-получистовое	0	-160	160	800	41.581	41.581 _{-0.16}	960	550
Шлифование -предварительное	0	-62	62	1010	40.571	40.571 _{-0.062}	1072	850
-получистовое	0	-25	25	362	40.209	40.209 _{-0.025}	387	300
-чистовое	0	-16	16	125	40.084	40.084 _{-0.016}	141	100
-тонкое	+5	-6	11	76	40	40 ^{+0.008} _{-0.008}	87	60

Для всех остальных поверхностей данный расчет проведем таблично, и результаты расчета сведем в таблицу 3.5. Для поверхностей, имеющих резьбу, поверхности рассматриваем как наружные главные цилиндрические.

Таблица 2.5 Исходные данные и расчетные значения припусков и операционных размеров для обработки поверхностей.

План обработки элементарной поверхности	Предельные отклонения		Допуск на обработку	Номинальный припуск	Номинальный диаметр	Исполнительный размер	Предельные припуски	
	es	ei					$z_i^{\min}$	$z_i^{\max}$

Поверхность Ø45hb(-0.016)								
Заготовка	+1900	-1000	2900	-	50.631	50.631 ^{+1.9} _{-1.0}	-	-
Обтачивание								
-черновое	0	-250	250	3300	47.331	47.331 _{-0.25}	5450	2300
-получистовое	0	-160	160	750	46.581	46.581 _{-0.16}	910	500
Шлифование								
-предварительное	0	-62	62	1010	45.571	45.571 _{-0.062}	1072	850
-получистовое	0	-25	25	362	45.209	45.209 _{-0.025}	387	300
-чистовое	0	-16	16	125	45.084	45.084 _{-0.016}	141	100
-тонкое	+5	-6	11	76	45	45 _{-0.016}	87	60
Поверхность Ø45e9(^{-0.050} _{-0.112})								
Заготовка	+1900	-1000	2900	-	50.631	50.631 ^{+1.9} _{-1.0}	-	-
Обтачивание								
-черновое	0	-250	250	3300	47.331	47.331 _{-0.25}	5450	2300
-получистовое	0	-160	160	750	46.581	46.581 _{-0.16}	910	500
Шлифование								
-предварительное	0	-62	62	1010	45.571	45.571 _{-0.062}	1072	850
-получистовое	+10	-15	15	362	45	45 ^{-0.050} _{-0.112}	387	300

План обработки элементарной поверхности	Предельные отклонения		Допуск на обработку	Номинальный припуск	Номинальный диаметр	Исполнительный размер	Предельные припуски	
	es	ei	Tdi	z _i ^H	d _i ^H	d _i	z _i ^{min}	z _i ^{max}
Поверхность Ø112d11(⁻¹²⁰ ₋₃₉₀)								
Заготовка	+1900	-1000	2900	-	118.14	118.14 ^{+1.9} _{-1.0}	-	-
Обтачивание								
-черновое	0	-540	540	4800	113.34	113.34 ₋₅₄₀	7240	3800
-получистовое	-20	+200	220	1140	112	112 ⁻¹²⁰ ₋₃₉₀	1360	600
Поверхность Ø75jsb(⁺ _{-0.0095})								
Заготовка	+1900	-1000	2900	-	80.924	80.924 ^{+1.9} _{-1.0}	-	-
Обтачивание								
-черновое	0	-460	460	3900	77.025	77.025 _{-0.46}	6260	2900
-получистовое	0	-190	190	1010	76.014	76.014 _{-0.19}	1120	550
Шлифование								
-предварительное	0	-46	46	796	75.219	75.219 _{-0.046}	985	759
-получистовое	0	-30	30	130	75.0885	75.0885 _{-0.03}	176	100
-чистовое	-9	+10	19	79	75	75(⁺ _{-0.0095})	109	60

Поверхность Ø55kb ^(+0.015 +0.002) Заготовка	+1900	-1000	2900	-	61.536	61.536 ^{+1.9 -1.0}	-	-
Обтачивание -черновое	0	-300	300	3900	57.456	57.456 ^{-0.3}	6100	2900
- получистовое	0	-190	190	850	56.606	56.606 ^{-0.13}	1040	550
Шлифование -предварительное	0	-46	46	1040	55.566	55.566 ^{-0.06}	1086	850
-получистовое	0	-30	30	346	55.22	55.22 ^{-0.03}	376	300
-чистовое	0	-19	19	130	55.09	55.09 ^{-0.019}	149	100
-тонкое	+7	-8	13	79	55	55 ^{+0.015 +0.002}	92	60
Поверхность Ø50hb ^(-0.016) Заготовка	+1900	-1000	2900	-	60.631	60.631 ^{+1.9 -1.0}	-	-
Обтачивание -черновое	0	-250	250	3300	52.331	52.331 ^{-0.25}	5450	2300
- получистовое	0	-160	160	750	51.581	51.581 ^{-0.16}	910	500
Шлифование -предварительное	0	-62	62	1010	50.571	50.571 ^{-0.062}	1072	850
-получистовое	0	-25	25	362	50.209	50.209 ^{-0.025}	387	300
-чистовое	0	-16	16	125	50.084	50.084 ^{-0.016}	141	100
-тонкое	+8	-7	11	76	50	50 ^{-0.016}	87	60

2.7 РАСЧЕТО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Расчетно-аналитический метод определения припусков базируется на анализе факторов, влияющих на припуск, который определяется с учетом составляющих его элементов. Метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполненным технологическим переходам обработки данной поверхности, и суммированием для определения общего припуска операционных исполнительных размеров.

Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку.

При последовательной обработке противолежащих поверхностей припуск на поверхность:

$$z_i^{\min} = (R_z + h)_i + \Delta E_{i-1} + E_i \quad (3.7.1)$$

При параллельной обработке противоположных поверхностей двухсторонний припуск:

$$2z_i^{\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \Delta E_i + E_i] \quad (3.7.2)$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей двухсторонний припуск:

$$2z_i^{\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta E_{i-1}^2 + E_i^2}] \quad (3.7.3)$$

где $R_{z_{i-1}}$ – высота неровностей профиля поверхности на предшествующей (i-1) операции или переходе;

h_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхности, обработанной на той же предшествующей (i-1) операции;

ΔE_{i-1} – суммарное отклонение расположения поверхности, а в ряде случаев отклонение формы (изогнутость оси, бочкообразность и другие) поверхности на (i-1) операции ;

E_i – погрешность установки заготовки на выполняемой i-й операции или i-м переходе.

Нормативные материалы и расчетные формулы, необходимые для определения элементов : R_z, h ; ΔE минимального припуска $Z^{\min}$ приведены в [6].

Рассчитаем аналитическим методом минимальные операционные припуски $z_i^{\min}$ для наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 40jsb \begin{smallmatrix} +0.008 \\ -0.008 \end{smallmatrix}$.

1. Выберем нормативные и расчетные значения элементов минимальных операционных припусков.

2. Нормативные значения R_z и h для паковок выбираем по [6].

$R_{z_i}=160$ мкм; $h_i=200$ мкм.

Рассчитаем суммарное отклонение расположения поверхностей по формуле:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta k l)^2 + (0.25 \cdot Td_{заг})^2}$$

где Δk – кривизна на 1 мм паковок типа валов, мкм;

l – длина обработки поверхности, мм;

$Td_{заг}$ – допуск на размер заготовки, мкм;

$$\Delta E = \sqrt{(0.15 \cdot 72)^2 + (0.25 \cdot 2900)^2} = 125 \text{ мкм}$$

После выполнения чернового точения $\Delta E_{заг}$ уменьшается до значения:

$$\Delta E_1 = \Delta E_{заг} \cdot k_y$$

где k_y – коэффициент уточнения [6].

$$\Delta E_1 = 125 \cdot 0.06 = 7.5 \text{ мкм}$$

После полустачетного точения ΔE_2 уменьшится до

$$\Delta E_2 = 7.5 \cdot 0.05 = 0.375 \text{ мкм}$$

Пройдя термообработку, заготовка приобретает коробление:

$$\Delta E_{m.o.} = \Delta k \cdot l$$

где Δk – кривизна на 1 мм, мкм табл.16 [6]

l – длина обработки, мм

$$\Delta E_{m.o.} = 1.5 \cdot 72 = 108 \text{ мкм}$$

После предварительного шлифования ΔE_3 определяется

$$\Delta E_3 = \Delta E_{m.o.} \cdot k_y$$

где k_y – коэффициент уточнения при предварительном шлифовании табл.8.9 [6]

$$\Delta E_3 = 108 \cdot 0.03 = 3.24 \text{ мкм}$$

После полустачетного шлифования $\Delta E_4=0$.

Значение погрешности установки E_i , так как обработка вала на всех операциях выполняется в центрах.

2. Рассчитаем минимальные значения припуска для всех технологических переходов по формуле 3.7.3.

-для тонкого шлифования

$$z_6^{\min}=2(5+5)=20 \text{ мкм}$$

-после чистового шлифования

$$z_5^{\min}=2(15+15)=60 \text{ мкм}$$

-после получистового шлифования

$$z_4^{\min}=2(20+20+2.25)=84.5 \text{ мкм}$$

-после предварительного шлифования

$$z_3^{\min}=2(125+120+1.8)=493.6 \text{ мкм}$$

-после получистового точения

$$z_2^{\min}=2(250+240+36)=1052 \text{ мкм}$$

-после чернового точения

$$z_1^{\min}=2(160+200+600)=1920 \text{ мкм}$$

Рассчитаем номинальные припуски по формуле 6.2.

$$z_6^H=0.02+0.01=0.03 \text{ мм}$$

$$z_5^H=0.060+0.016=0.076 \text{ мм}$$

$$z_4^H=0.0845+0.025=0.11 \text{ мм}$$

$$z_3^H=0.4936+0.062=0.556 \text{ мм}$$

$$z_2^H=1.052+0.16=1.212 \text{ мм}$$

$$z_1^H=1.920+0.25=2.17 \text{ мм.}$$

Рассчитаем операционные исполнительные размеры, используя формулу 6.4

-для тонкого шлифования

$$d_6^H=40 \text{ мм}$$

-для чистового шлифования

$$d_5^H=40+0.031=40.031 \text{ мм}$$

-для получистового шлифования

$$d_4^H=40.031+0.076=40.107 \text{ мм}$$

-для предварительного шлифования

$$d_3^H=40.107+0.11=40.217 \text{ мм}$$

-для получистового точения

$$d_2^H=40.217+0.556=40.773 \text{ мм}$$

-для чернового точения

$$d_1^H = 40.773 + 1.212 = 41.985 \text{ мм}$$

-для заготовки

$$d_{\text{заг}}^H = 41.985 + 2.17 = 44.155 \text{ мм.}$$

Округляем эти значения d_i^H до знака после запятой, с которым задан допуск Td_i :

$$d_6^H = 40 \text{ мм}, d_5^H = 40.1_{-0.016} \text{ мм}, d_4^H = 40.2_{-0.015} \text{ мм}, d_3^H = 40.5_{-0.062} \text{ мм},$$

$$d_2^H = 41_{-0.16} \text{ мм}, d_1^H = 42_{-0.25} \text{ мм}, d_{\text{заг}}^H = 45.3_{-1.0}^{+1.9} \text{ мм.}$$

5. Рассчитаем общий номинальный припуск на обработку поверхности :

$$z_0^H = d_{\text{заг}}^H - (d_6^H + esd_6) = 44.16 - (40 + 0.008) = 4.152 \text{ мм}$$

6. Рассчитаем номинальные припуски по формуле 3.6.3.

-тонкое шлифование

$$z_6^{\text{max}} = 0.031 + 0.011 = 0.042 \text{ мм}$$

-чистовое шлифование

$$z_5^{\text{max}} = 0.076 + 0.016 = 0.092 \text{ мм}$$

-получистовое шлифование

$$z_4^{\text{max}} = 0.11 + 0.025 = 0.135 \text{ мм}$$

-предварительное шлифование

$$z_3^{\text{max}} = 0.556 + 0.062 = 0.618 \text{ мм}$$

-получистовое точение

$$z_2^{\text{max}} = 1.112 + 0.16 = 1.272 \text{ мм}$$

-черновое точение

$$z_1^{\text{max}} = 2.17 + 0.25 = 2.42 \text{ мм.}$$

Данные расчета сведем в таблицу 7.1.

Для всех остальных поверхностей данный расчет выполняем таблично

2.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Определение режима резания состоит в выборе по заданным условиям обработки (т.е. технологических требований к чистоте и точности обрабатываемой поверхности, конструкции режущего инструмента и материала его режущей части, физико-механических свойств обрабатываемого материала, его стойкости и геометрических параметров режущей части) самого выгодного сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих наименьшую трудоемкость и себестоимость выполнения операции при наиболее полном использовании режущих свойств инструмента и эксплуатационных возможностей станка.

Режимы резания устанавливаются в следующем порядке:

- 1) Вначале определяем глубину резания t в мм и число проходов.
- 2) Выбираем подачу S в мм/об.
- 3) Определяем скорость резания V в м/мин и соответствующее ей число оборотов n в минуту, допустимые заданным периодам стойкости режущего инструмента.
- 4) По выбранной глубине резания, подаче и скорости резания определяем усилие и мощность, необходимую для резания.
- 5) Проверяем возможность осуществления выбранного режима резания на заданном станке по его эксплуатационным данным.
- 6) Корректируем выбранный режим по станку в соответствии с его паспортными данными.
- 7) После проверки и корректировки режима резания по станку определяем основное технологическое время обработки.

Операция: токарная.

На данной операции выполняется черновое точение, выполненное за 2 прохода, точение канавки, получистовое точение.

Оборудование токарно-винторезный станок с ЧПУ модель 16K20Ø3C5.

Точение черновое: точить поверхности Ø42.381_{-0.25}, Ø47.331_{-0.25}, Ø47.331^{0.5}_{-0.25}, Ø52.331_{-0.25}, Ø57.456_{-0.3}, Ø77.025_{-0.46}.

Глубина обработки

1-й проход: 2.5; 2.5; 2.5; 2.5; 2.1; 3.8.

2-й проход: 1.6; 1.6; 1.6; 1.6; 0.9; 0.8.

Выбираем режущий инструмент: резец контурный из первого сплава Т15К6 с $\varphi=93^\circ$ ГОСТ 18870-73.

Выбираем подачу согласно [6].

$$S_0=0.8 \text{ мм/об}$$

Определим скорость резания.

Скорость резания определяем по наименьшей глубине, соответственно для двух проходов:

$$V = \frac{C_v}{T_m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v, \text{ м/мин}$$

где T – стойкость инструмента, мин

t – глубина резания, мм

S – подача резания, мм/об

C_v , m , x_v , y_v – коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания [6]

K_v – поправочный коэффициент.

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = k_c \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$$

где k_{mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

k_{nv} – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности;

k_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала;

k_r – коэффициент, характеризующий группу стали по обработке;

n_v – показатель степени;

σ_s – предел прочности обрабатываемого материала, МПа.

$$V_1 = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 3.8^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.85 = 136 \text{ м/мин}$$

$$V_2 = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 0.9^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.85 = 170 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}$$

где V – скорость резания, м/мин

D – диаметр обработки, мм

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 136}{3.14 \cdot 75} = 577 \text{ об/мин}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 170}{3.14 \cdot 40} = 1353 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка для 1-го и 2-го проходов частота вращения шпинделя n=400 об/мин.

Проведем перерасчет скорости резания по принятой частоте вращения шпинделя.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

где D – диаметр детали, мм;

n – частота вращения, об/мин;

V - скорость резания, м/мин.

$$V_1 = \frac{3.14 \cdot 75 \cdot 400}{1000} = 94.2 \text{ м/мин}$$

$$V_2 = \frac{3.14 \cdot 40 \cdot 400}{1000} = 50.2 \text{ м/мин}$$

Определим силу резания:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n k_p, \text{ Н}$$

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 4.6^1 \cdot 0.8^{0.75} \cdot 94.2^{-0.15} = 5836 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 4.6^1 \cdot 0.8^{0.75} \cdot 50.2^{-0.15} = 2273 \text{ Н}$$

Определим мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

$$N_1 = \frac{5836 \cdot 94.2}{1020 \cdot 60} = 8.9 \text{ кВт} < N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{2273 \cdot 50.2}{1020 \cdot 60} = 1.87 \text{ кВт} < N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$$

Определим основное технологическое время обработки:

$$T_0 = \frac{\Sigma L}{n \cdot S_0} \cdot l, \text{ мин}$$

где T_0 – основное технологическое время обработки

ΣL – суммарная длина обработки с учетом величины врезания и перебега, мм

S_0 – подача, мм

l – число проходов

$$T_0 = \frac{(219 + 79 + 13 + 53 + 79 + 54 + 2 + 3)}{400 \cdot 0.8} = 1.76 \text{ мин}$$

Точение канавки:

Точить 2 канавки: глубина канавки – 0.75 мм,

ширина канавки – 4.0 мм.

Инструмент: канавочный резец из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 18874-73.

Выбираем подачу согласно табл.11[6].

$$S = 0.12 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^{x_v}} k_v, \text{ м/мин}$$

где V – скорость резания, м/мин

T – стойкость резца, мин

S – подача, мм/об.

$$V = \frac{23.7}{60^{0.25} \cdot 0.12^{0.66}} 1 = 34.3 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 34.3}{3.14 \cdot 32.5} = 283 \text{ об/мин}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 34.3}{3.14 \cdot 76.04} = 143.7 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка принимаем: $n=140$ об/мин.

Определим силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0.75^{1.0} \cdot 0.12^{0.75} \cdot 34.3^{-0.15} = 264 \text{ Н}$$

Определим мощность резания:

$$N = \frac{264 \cdot 34.3}{1020 \cdot 60} = 0.15 \text{ кВт} < N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$$

Определим основное технологическое время заготовки:

$$T_0 = \frac{1.25 + 1}{140 \cdot 0.12} + \frac{1.007 + 1}{140 \cdot 0.12} = 0.254 \text{ мм}$$

Получистовое точение:

Точить поверхности: $\varnothing 41.581_{-0.16}$, $\varnothing 46.581_{-0.16}$, $\varnothing 46.581_{-0.16}$, $\varnothing 51.581_{-0.16}$, $\varnothing 56.606_{-0.13}$, $\varnothing 76.014_{-0.19}$.

Глубина резания: 0.85; 0.85; 0.85; 0.34; 0.42; 0.56.

Металлорежущий инструмент: резец контурный из сплава Т15К6 ГОСТ 18870-73.

Выбираем подачу согласно [6].

$$S_0 = 0.144 \text{ мм/об.}$$

Определим скорость резания:

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.85^{0.15} \cdot 0.144^{0.2}} = 280 \text{ м/мин}$$

Определим скорость вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{3.14 \cdot 76.01} = 1173.2 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка принимаем $n=1000$ об/мин.

Определим скорость резания при назначенной частоте вращения:

$$V = \frac{3.14 \cdot 76.01 \cdot 1000}{1000} = 238.7 \text{ м/мин}$$

Определим силу и мощность резания:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0.85^{1.0} \cdot 0.144^{0.75} \cdot 238.7^{-0.15} = 174.8 \text{ Н}$$

$$N_{рез} = \frac{174.8 \cdot 238.7}{1020 \cdot 60} = 0.68 \text{ кВт} < N_{дв} = 10 \text{ кВт}$$

Определим основное время обработки:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{407}{1060 \cdot 0.144} = 2.8 \text{ мин}$$

Операция: фрезерная.

Фрезерование шпоночного паза. Станок 6Р11.

Инструмент – шпоночная двузубая фреза из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 9140-78.

Выбираем подачу по таб. 38 [6].

Осевое врезание на глубину шпоночного паза – 0.01 мм.

Продольное движение или фрезерование шпоночного паза – 0.028 мм/зуб.

Определим скорость резания по формуле:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} k_v$$

где D – диаметр фрезы, мм

T – стойкость фрезы, мм

t – глубина фрезерования, мм

S_z – подача на 1 зуб фрезы

B – ширина фрезерования, мм

Z – число зубьев фрезы

m, x, y, u, p, C_v – коэффициенты и показатели степени по таб. 39 [6].

$$V = \frac{12 \cdot 6^{0.3}}{80^{0.26} \cdot 6^{0.3} \cdot 0.028^{0.25} \cdot 16^0 \cdot 2^5} = 9.4 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 13.4}{3.14 \cdot 9.4} = 498 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка принимаем n=400 об/мин.

Рассчитаем скорость по принятой частоте:

$$V = \frac{3.14 \cdot 60 \cdot 400}{1000} = 7.5 \text{ м/мин}$$

Определим силу и мощность резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} k_{mp}$$

где S_z – подача на 1 зуб фрезы

D – диаметр фрезы, мм

t – глубина фрезерования, мм

B – ширина фрезерования, мм

Z – число зубьев фрезы

n – частота вращения фрезы, об/мин

$$P_z = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 6^{0.86} \cdot 0.028^{0.72} \cdot 16^1 \cdot 2}{60^{0.86} \cdot 400^0} = 1662 \text{ Н}$$

$$N_{рез} = \frac{1662 \cdot 1662}{1020 \cdot 60} = 0.2 \text{ кВт} < N_{дв} = 5.5 \text{ кВт}$$

Определим основное технологическое время:

$$T_0 = \frac{\Sigma L}{S_M} = \Sigma \frac{l + l_1}{S_z \cdot n \cdot z}$$

$$T_0 = \frac{6 + 1}{400 \cdot 0.01 \cdot 2} + \frac{63}{400 \cdot 0.028 \cdot 2} = 3.9 \text{ мин}$$

2.9 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

В условиях серийного производства техническое нормирование на станочные работы устанавливается методом технического расчета по нормативам режимов резания и нормативам времени, исходя из типового содержания операции, рассчитанной до приемов или комплексов приемов.

Установление технически обоснованных норм времени по материалам справочной литературы требует разработанного технологического процесса по операциям и переходам в паспортных данных станков.

При заданном содержании операции, технических условий на обработку, инструменте и станке определение технически обоснованной нормы времени на станочную работу производится в такой последовательности:

1. Анализируется и корректируется в соответствии с конкретными производственными условиями разработанный технологический процесс нормируемой операции.

2. Для каждого перехода в соответствии с нормативными и паспортными данными станка устанавливается самый выгодный режим работы оборудования, при котором достигается более высокая производительность труда.

3. На основании установленного режима работы оборудования рассчитывается основное время для каждого перехода.

4. Для каждого перехода устанавливается содержание вспомогательной операции.

5. По нормативам в зависимости от вида обработки и группы станков определяется время на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности.

6. Определяется норма штучного времени.

7. В зависимости от условий выполнения работы устанавливается содержание подготовительно-заключительной работы.

В состав нормы штучного времени входит основное время; вспомогательное; время на обслуживание рабочего места; время на отдых и естественные надобности.

Норма штучного времени рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}, \text{ мин}$$

где $T_{шт}$ - штучное время, мин

T_o - основное (технологическое) время, мин

$T_{всп}$ - вспомогательное время, мин

$T_{обс}$ - время на обслуживание рабочего места, мин

$T_{отд}$ - время на отдых и естественные надобности, мин.

Для подетальной калькуляции штучно-калькуляционного времени на 1шт определяется по формуле

$$T_{ш-к} = T_{шт} + T_{п-з} / n_{ш} ; \text{ мин}$$

где $T_{ш-к}$ - штучно-калькуляционное время, мин

$T_{шт}$ - норма штучного времени, мин

$T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин

$n_{ш}$ - число деталей в партии; шт.

Определим норму штучного времени на операцию:
токарная. Станок 16K20Ф3С5.

Основное технологическое время $T_o = 4,814$.

Вспомогательное время:

$$T_v = T_{ву} + T_{мв}, \text{ мин}$$

где $T_{ву}$ - время на установку и снятие детали, мин

$T_{мв}$ - время, связанное с выполнением вспомогательных ходов, мин.

Время на установку и снятие детали составляет:

-0,39мин(деталь устанавливается в центре).

Ускоренный подвод на длине- 0,04мин.

Ускоренный отвод- 0,04мин.

Поворот резцовой головки- 0,02мин.

Установочное перемещение-0,1мин.

Всего вспомогательное время

$$T_{всп} = 0,39 + (0,04 + 0,04 + 0,02 + 0,1 \cdot 4 + 0,04 + 0,02 + 0,04) = 0,99.$$

Время на обслуживание рабочего места и время на отдых составляет 10% от оперативного времени

$$T_{обсл} + T_{отд} = 10\% T_{опер} = 10\% (T_o + T_{всп})$$

$$T_{\text{обсл}} + T_{\text{отд}} = 10 \% (4,814 + 0,99) = 0,58 \text{ мин.}$$

Штучное время равно

$$T_{\text{шт}} = 4,814 + 0,99 + 0,56 = 6,36 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время равно 13 мин [5].

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{ш-к}} = 6,36 + 13/48 = 1,72 \text{ мин}$$

Определим норму штучного времени на операцию:

Фрезерная. На данной операции выполняется фрезерование шпоночного паза. Станок вертикально-фрезерный модели 6Р11.

Основное (технологическое) время $T_o = 3,9$ мин.

Вспомогательное время состоит из времени на установку детали - 0,29 мин, время на управление станком 0,6 мин, переключение чисел оборотов и смена инструмента; времени на контрольные измерения - 0,18 - измерение калибром

$$T_{\text{всп}} = 0,29 + 0,6 + 0,18 = 1,07 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых составляет 6% от оперативного

$$T_{\text{обсл}} + T_{\text{отд}} = 6 \% (T_o + T_{\text{всп}}) = 6 \% (3,9 + 1,07) = 0,3 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени равна:

$$T_{\text{шт}} = 3,9 + 1,07 + 0,3 = 5,27 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время включает в себя: время на наладку станка и установку специального приспособления - 15,3 мин; время на установку фрезы - 2 мин; установку упора - 3,0 мин; время на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу после работы - 7 мин

$$T_{\text{п-з}} = 15,3 + 2 + 3 + 7 = 27,3 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{ш-к}} = 5,27 + 27,3/48 = 2,9 \text{ мин.}$$

III ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

Исходные данные: годовая программа N=100000 шт.

Марка материала –сталь 40Х ГОСТ4543-72.

Масса черновая- 11.9кг. Масса чистовая-9.0кг.

Режим работы- двухсменный.

Таблица 3.1. Маршрутная технология.

Операция	Оборудование	t _{шт.мин}
Фрезерно- центровальная	2Г942	0.88
Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	6.41
Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	1.93
Фрезерная	6Р13	7.39
Фрезерная	6Р13	2.36
Сверлильная	2А554	5.69
Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	5.52
Фрезерная	6Р82Г	2.33
Шлифовальная	3М151Ф2	3.41
Шлифовальная	3М151Ф2	3.53
Шлифовальная	3М151Ф2	3.42

3.1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И ЕЕ МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Таблица 3.2. Производственная программа.

Наименование детали	Штучное время, $t_{шт.ч}$	Программа	
		В штуках	В нормо-часах
Вал	1.12	100000	112000

$$t_{\Sigma}=0.88+6.41+1.39+7.39+2.36+5.69+5.52+2.33+3.41+3.53+3.42=0.72$$

$$N_{н-ч}=N_{шт} \cdot t_{\Sigma}$$

где $N_{н-ч}$ - программа в нормо-часах;

$N_{шт}$ - годовая программа выпуска;

t_{Σ} - штучное время изготовления одной детали.

$$N_{н-ч}=100000 \cdot 1.12=112000 \text{ н-ч.}$$

Таблица 3.3. Расчет потребности в основных материалах и их стоимости.

Наименование детали	Наименование	ГОСТ	Расход		Плановая цена за 1 т,	Стоимость на программу, тыс. грн	Отходы		Цена 1 т отходов, грн.	Стоимость отходов	Итого стоимость материалов за вычетом отходов, тыс. грн.
			На единицу, кг	На программу, т			На единицу, кг	На программу, т			
вал	Ст 40Х	4543-72	11.9	1190	1009.4	100940	2.9	290	125	12500	88440

Плановая цена образуется из прейскурантной цены материалов, плюс транспортно-заготовительные расходы в размере 2-3% прейскурантной цены

$$Ц_{пл}=Ц_{пр}+3\% Ц_{пр}$$

где $Ц_{пл}$ -цена плановая;

$Ц_{пр}$ -цена прейскурантная

$$Ц_{пл}=980+0.03 \cdot 980=1009.4 \text{ грн}$$

Определяем коэффициент использования материала по детали:

$$K_{им}=m_{чист}/ m_{чер};$$

где $m_{чист}$ - чистовая масса, кг;

$m_{черн}$ - черновая масса, кг

$$K_{им}=9/11.9=0.76.$$

3.2. РЕЖИМ РАБОЧЕГО УЧАСТКА И ФОНДЫ ВРЕМЕНИ

Номинальный фонд времени работы оборудования $\Phi_{ном}=4184\text{ч.}$

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования

$$\Phi_{э.о}=\Phi_{ном} (1-0.01 K_{п}),$$

где $K_{п}$ - коэффициент потерь на ремонт оборудования, $K_{п}=6\%$

$$\Phi_{э.о}=4154 (1-0.01 \cdot 6)=3904.76\text{ч.}$$

3.3. РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ УЧАСТКА

Стоимость основных производственных фондов участка рассчитывается по следующим основным группам:

1. Здание
2. Производственное оборудование

3. Инструмент и приспособление

4. Производственный и хозяйственный инвентарь.

Для определения стоимости производственного оборудования необходимо рассчитать его количество C_p

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n T_i N (1 + \frac{a}{100})}{\Phi_{э.о.} \cdot K_в}$$

где T_i – трудоемкость изделия, ч;

N – программа выпуска, шт;

$\Phi_{э.о.}$ – годовой эффективный фонд времени, ч;

$K_в$ – коэффициент выполнения норм, $K_в=102$;

Q – потеря времени на переналадку оборудования $Q=4\%$

1. Фрезерно-центровальная

$$C_p = \frac{0.88 \cdot 100000 \cdot (1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3907.96 \cdot 1.02} = 0.38 \quad C_p=1$$

где C_p – расчетное количество оборудования;

$C_{пр}$ – принятое количество оборудования

$$K_3 = 0.38 / 1 = 0.38.$$

2. Токарная с ЧПУ

$$C_p = \frac{10.7 \cdot 100000 \cdot (1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3907.96 \cdot 1.02} = 4.6 \quad C_p=5$$

3. Фрезерная

$$C_p = \frac{9.75 \cdot 100000 \cdot (1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3907.96 \cdot 1.02} = 4.2 \quad C_p=5$$

4. Сверлильная

$$C_p = \frac{5.69 \cdot 100000 \cdot (1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3904.76 \cdot 1.02} = 2.47 \quad C_p=3$$

5. Фрезерная

$$C_p = \frac{5.52 \cdot 100000 \cdot (1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3904.76 \cdot 1.02} = 2.4 \quad C_p=3$$

6. Шлифовальная

$$C_p = \frac{10.36 \cdot 100000 \cdot (1 + \frac{4}{100})}{60 \cdot 3904.76 \cdot 1.02} = 4.5 \quad C_p=5$$

Таблица 3.4 Расчет количества оборудования и его стоимость.

Наименование оборудования (станков)	Модель	Количество оборудования		Коэффициент загрузки	Цена по прейскуранту		Мощность эл. двигателя, кВт	
		Расч.	Прин.		Одного станка	Всех	Одного	Всех
Фрезерно-центровальный	2Г942	0.38	1	0.38	6800	6800	3	3
Токарный	16К20Ф3	4.6	5	0.85	23125	115625	11	55
Фрезерный	6Р13	4.2	5	0.82	7.100	35500	3.8	19
Сверлильный	2А554	2.43	3	0.82	45.900	47700	4.5	13.5
Фрезерный	2Р82Р	2.4	3	0.8	12700	38100	3	9
Шлифовальный	3М151Ф2	4.5	5	0.9	20100	100500	8	40
Всего			22			344225		139.5

Коэффициент загрузки оборудования по участку

$$K_{згр}=18.51/22=0.84$$

Для определения амортизационных отчислений необходимо рассчитать балансовую стоимость оборудования, т.е. кроме цены приобретения нужно учесть затраты на вставку в размере 5% и установку в размере 10% стоимости оборудования по прейскуранту

$$БС_{обор}=Ц_{обор}=15\% Ц_{обор}$$

где $Ц_{обор}$ – цена оборудования, грн.

$$БС_{обор}=34225+0.15 \cdot 34225=395858.8 \text{ грн.}$$

Стоимость инструмента и приспособлений, относящихся к основным фондам, определяется укрупнено и принимаем 5% балансовой стоимости производственного оборудования участка

$$С_{пр \text{ и } инст}=5\% БС_{обор}$$

$$С_{пр \text{ и } инст}=5\% 395858.8 =19792 \text{ грн.}$$

Стоимость производственного инвентаря принимается в размере 2% балансовой стоимости производственного инвентаря, а стоимость хозяйственного инвентаря определяется из расчета 100 грн на каждого рабочего и 25 грн на каждого ИТР.

$$С_{пр \text{ инв}}=2\% \cdot 395858.8=7917 \text{ грн.}$$

$$С_{хоз.инв.}=45 \cdot 100+250 \cdot 2=5000 \text{ грн.}$$

$$С_{инв}=5000+7917=12917 \text{ грн.}$$

Определим стоимость здания

$$V_{зд}=1.1 \cdot S_{уч} \cdot H$$

где H-высота цеха, H =6м

$$S_{уч}=33 \cdot 12=396 \text{ м}^2$$

$$V_{зд}=1.1 \cdot 396 \cdot 6=2613.6 \text{ м}^3$$

Цена за 1 м²=300 грн

$$С_{зд}=300 \cdot 2613.6=784.08 \text{ тыс.грн.}$$

Таблица 3.5. Основные фонды участка, их структура и амортизационные отчисления

Группы основных фондов	Первоначальная стоимость тыс.грн	Удельный вес %	Общая норма амортизации %	Сумма годовых амортизационных отчислений, грн
Здания	784.08	65%	5	39204
Производственное оборудование	395.856	33%	15	59.378
Инструменты и приспособления	19.792	1	20	3958.4
Производственный и хозяйственный инвентарь	12.91	1	15	1937.6
Всего	1212.6	100%		

3.4. ТРУД И ЗАРОБОТНАЯ ПЛАТА

Численность основных рабочих R_0 на нормированных работах по каждой профессии рассчитывается по формуле

$$R_0 = \frac{\sum_1^6 T_i N}{\Phi_{э.р.} \cdot K_{\theta} K_{м.о.}}$$

где $\Phi_{э.р.}$ - годовой эффективный фонд времени рабочего – 1860 ч.

$K_{м.о.}$ - коэффициент многостаночного обслуживания

1. Фрезеро-центровальщик

$$R_{01} = \frac{0.88 \cdot 100000}{1860 \cdot 60 \cdot 1.02} = 0.77 \quad R_{01}=1$$

2.Токари

$$R_{02} = \frac{10.7 \cdot 100000}{113832} = 9.39$$

R₀₂=10 чел

3. Фрезеровщик

$$R_{03} = \frac{9.75 \cdot 100000}{113832} = 8.56$$

R₀₃=9 чел

4. Сверлильщик

$$R_{04} = \frac{5.69 \cdot 100000}{113832} = 4.99$$

R₀₄=5 чел

5. Фрезеровщик

$$R_{05} = \frac{5.52 \cdot 100000}{113832} = 4.84$$

R₀₅=5 чел

6.Шлифовальщик

$$R_{06} = \frac{10.36 \cdot 100000}{113832} = 8.9$$

R₀₆=10 чел

Перечень профессий вспомогательных рабочих:

- | | |
|-----------------------------------|----|
| 1.Наладчик | -1 |
| 2.Слесарь по ремонту оборудования | -1 |
| 3.Контролер | -2 |
| 4. Транспортный рабочий | -2 |

Таблица 3.6. Сводная ведомость численности рабочих

Наименование профессии	Форма оплаты	Количество рабочих чел.	В том числе					
			По сменам		По разрядам			
			I	II	3	4	5	6
Основные рабочие	Сдельная							
Фрезеро-центровальщик		1	1	-		+		
Токари		10	5	5		+		
Фрезеровщики		9	5	4		+		
Сверлильщики		5	3	2		+		
Фрезеровщики		5	3	2		+		
Шлифовальщики		9	5	4			+	
Итого		39						
Вспомогательные рабочие	Повременная							
Наладчик		1	1				+	
Слесарь по ремонту оборудования		1	1				+	
Контролер		2	1	1				+
Транспортный рабочий		2	1	1	+			
Всего		6						

Определим средний тарифный коэффициент для вспомогательных рабочих по формуле:

$$K_{\text{тар.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^m k_i R_{\text{в}i}}{R_{\text{с}}}$$

где m- количество разрядов вспомогательных рабочих;

k_i - тарифный коэффициент i-го разряда;

$R_{\text{в}i}$ - количество вспомогательных рабочих;

$$K_{\text{в}i} = \frac{(2 \cdot 1.7) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 1.36)}{6} = 1.35$$

Расчет фонда заработной платы.

Тарифный фонд заработной платы

$$З_{сд} = \sum_{i=1}^6 N_i \sum_i P_i$$

где N_i – количество операций в технологическом процессе;

P_i – расценка на операцию, грн.

$$P_i = C_i \cdot T_i$$

где C_i – часовая тарифная ставка соответствующего разряда;

T_i – трудоемкость i -й операции

1. Фрезеро- центровальщик	$P_1 = 1.09 \frac{0.88}{60} = 0.016$
2. Токарь	$P_2 = 1.09 \frac{6.41}{60} = 0.116$
3. Токарь	$P_3 = 1.09 \frac{1.93}{60} = 0.0351$
4. Фрезеровщик	$P_4 = 1.09 \frac{7.39}{60} = 0.134$
5. Фрезеровщик	$P_5 = 1.09 \frac{2.36}{60} = 0.043$
6. Сверлильщик	$P_6 = 1.09 \frac{5.69}{60} = 0.103$
7. Токарь	$P_7 = 1.09 \frac{2.33}{60} = 0.042$
8. Фрезеровщик	$P_8 = 1.09 \frac{5.32}{60} = 0.097$
9. Шлифовальщик	$P_9 = 1.24 \frac{3.41}{60} = 0.07$
10. Шлифовальщик	$P_{10} = 1.24 \frac{3.53}{60} = 0.073$
11. Шлифовальщик	$P_{11} = 1.24 \frac{3.42}{60} = 0.071$

Тарифный фонд заработной платы основных рабочих

$$З_{сд} = (0.016 + 0.116 + 0.0351 + 0.134 + 0.043 + 0.103 + 0.042 + 0.097 + 0.07 + 0.073 + 0.071) \cdot 100000 = 80010 \text{ грн.}$$

Таблица 3.7 Определение расценок по операциям.

Наименование детали	Наименование операции	Норма времени на 100 шт. в ч.	Разряд работ	Часовая тарифная ставка, грн/ч	Расценка за 100 шт. грн.
Вал	Фрезерно- центровальная	1.46	4	1.09	1.59
	Токарная	10.68	4	1.09	11.64
	Токарная	3.22	4	1.09	3.51
	Фрезерная	12.32	4	1.09	13.43
	Фрезерная	3.93	4	1.09	4.28
	Сверлильная	9.48	4	1.09	10.33
	Токарная	3.88	4	1.09	4.23
	Фрезерная	9.2	4	1.09	10.02
	Шлифовальная	5.68	5	1.24	7.04
	Шлифовальная	5.88	5	1.24	7.29
	Шлифовальная	5.7	5	1.24	7.07
Итого		71.43			80.43

Тарифный фонд заработной платы вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$З_{пов} = C_1 \cdot K_{тар.ф} \cdot \Phi_{э.р.} \cdot R_v$$

где C_1 – часовая тарифная ставка первого разряда, грн/ч;

R_v – численность вспомогательных рабочих, чел.

$$C_1 = 0.73 \text{ грн./ч.}$$

$$З_{\text{пов}} = 0.73 \cdot 1.35 \cdot 6 \cdot 1860 = 10998.18 \text{ грн.}$$

Планируемые доплаты и дополнительная заработная плата принимаются в размерах:

а) при технически обоснованных нормах времени 30% тарифного фонда основных рабочих

$$Д_{з. \text{ I ок}} = 0.3 \cdot 80010 = 24003 \text{ грн.}$$

б) премии вспомогательным рабочим составляют 20% $З_{\text{пов}}$.

$$\text{П.в.р.} = 0.2 \cdot 10998.18 = 2199.6 \text{ грн.}$$

в) доплаты к часовому фонду (за работу в ночное время) составляют 2% тарифного фонда заработной платы рабочих;

г) дополнительная заработная плата, входящая в фонд дневной заработной платы (кормящим матерям и подросткам) составляет 1% часового фонда заработной платы;

д) дополнительная заработная плата, включаемая в фонд годовой заработной платы (оплата отпусков, оплата выполнения государственных обязанностей) составляет 10% дневного фонда заработной платы.

Не включается в фонд заработной платы, но учитывается при расчете среднего уровня заработной платы премии из фонда материального обеспечения, размер которых составляет 5% фонда годовой заработной платы рабочих.

Фонд заработной платы инженерно-технических работников определяется их численностью и должностными окладами согласно штатному расписанию.

Премии и выплаты из фонда материального поощрения ИТР определяется в размере 25% их фонда годовой заработной платы.

Таблица 3.8. Расчет фондов заработной платы

Наименование показателей	Основные рабочие	Вспомогательные рабочие	Всего
1.Тарифный фонд заработной платы	80010	10998.18	91008.18
а)премии сдельщикам	24003	-	-
б)премии повременщикам	-	2199.6	-
в)доплаты к часовому фонду	1600.2	219.96	
2.Итого фонд часовой зар.платы	105613.2	13417.74	119030.9
г)дополнительная зар.плата	1056.13	13417.74	-
3.Итого фонд дневной зар.платы	106669.3	13551.9	120212.2
д)дополнительная зар.плата	10666.9	1355.19	
4.Итого фонд годовой заработной платы	117336.2	14907.12	330260.3
Премии из фонда материального поощрения	5866.8	745.36	
Численность	39	6	45

рабочих			
Средняя заработная плата 1-го рабочего			
1) в год	3159	2608.75	5767.8
2) в месяц	263	217.395	240.2

Таблица 3.9 – Расчет фондов заработной платы ИТР.

Должность	Численность чел.	Месячный оклад	Сумма месячных окладов	Годовой фонд
Мастер	1	200	200	2400
Технолог	1	190	190	2280
Всего	2	390	390	4680

Таблица 3.10 – Сводная ведомость по труду и заработной плате.

Категория работающих	К-во человек	Тарифный фонд ЗП и по окладам	Доплаты и дополнительная ЗП	Фонд годовой ЗП	Премии из ФМП	Средняя ЗП в месяц 1- го человека
Основные рабочие	39	80010	37326.2	117336.2	5866.8	263
Вспомогательные рабочие	6	10998.18	3908.94	14907.12	745.355	217.395
ИТР	2	390	-	4680	1170	243.75
Всего	47	91398.18	41236.14	136923.3	7782.15	241.38

Определение производственного труда на участке одного работающего
и одного рабочего:

$$n_{\text{раб}} = \frac{\sum T_i N_i}{R_0 + R_{\text{с}} + R_{\text{ИТР}}} = \frac{1.22 \cdot 100000}{39 + 6 + 2} = 2382.98 \text{ н-ч}$$

$$n_p = \frac{\sum T_i N_i}{R_0 + R_{\text{с}}} = \frac{1.22 \cdot 100000}{39 + 6} = 2488.9 \text{ н-ч}$$

3.5 СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ

Себестоимость годового выпуска продукции определяется всеми затратами участка на протяжении года по следующим статьям прямых и косвенных затрат.

А. Прямые затраты.

1. Основные материалы (за вычетом реализуемых отходов) и покупные полуфабрикаты.
2. Основная заработная плата основных рабочих.
3. Дополнительная заработная плата основных рабочих.
4. Отчисление на социальное страхование основных рабочих.

Б. Косвенные затраты.

5. По содержанию и эксплуатации оборудования.

6. Цеховые расходы

Статья 1. См. табл. , графа 14.

$C_m = 88440000$ грн.

Статья 2. См. табл. , графа 3.

Основные рабочие – 80010 грн.

Статья 3. См. табл. , графа 4.

Дзп=37326.2 грн.

Статья 4. Отчисление на социальное страхование.

Отч. с/с=37.5 % (З год.ф.+Пр ФМП)

$$\text{Отч. с/с} = 0.375(117336.2 + 5866.8) = 40204.1 \text{ грн.}$$

Косвенные затраты определяются составлением годовых смет расходов по содержанию и эксплуатации оборудования.

Статья 1. Содержание оборудования и других рабочих мест.

- Затраты на силовую электроэнергию.

$$З_{с.э.э.} = S_k \cdot N_{дв} \cdot m \cdot \Phi_{э.о.} \cdot K_3$$

где S_k – стоимость 1 кВт·ч;

$N_{дв}$ – мощность электродвигателей всех станков.

$$З_{с.э.э.} = 0.13 \cdot 139.5 \cdot 3904.76 \cdot 0.84 = 59482.8$$

- Затраты на воду для производственных нужд.

Стоимость $1 \text{ м}^3 = 0.69$ грн.

$$Q_в = \frac{q_в \cdot S \cdot \phi_{э.о.} \cdot n}{1000}$$

где $q_в$ – часовой расход воды на 1 станок , $q_в = 0.6 \text{ м}^3/\text{ч}$;

S-количество станков;

n –коэффициент полезного действия.

$$Q_в = \frac{0.6 \cdot 22 \cdot 3904.76 \cdot 0.86}{1000} = 44326.8 \text{ м}^3$$

$$З_в=0.69 \cdot 4432.8=30585.6 \text{ грн.}$$

Затраты на вспомогательные материалы на 1 станок – 400 грн.

$$З_{всп}=22 \cdot 400=8800 \text{ грн.}$$

Статья 2. Заработная плата основных и дополнительных вспомогательных работ, см. табл . графа 5, отчисление на социальное страхование

$$О_{с.с.}=0.375 (14907.12+745.353)=5869.68 \text{ грн.}$$

Статья 3. Текущий ремонт оборудования и дорогостоящих инструментов. Укрупнено для оборудования 3% БС_{обор}, а для инструментов – 5% БС_{инс}.

$$З_з=0.03 \cdot 395858.8+0.05 \cdot 19792=12865.3 \text{ грн.}$$

Статья 4. Амортизация оборудования, дорогостоящих инструментов. См. табл. графа 5.

$$З_4=A_{обор}+A_{инст.}$$

$$З_4=59378+3958.4=63036.4 \text{ грн.}$$

Статья 5. Возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся инструментов. Укрупнено исходя из затрат в сумме 100 грн на одного производственного рабочего

$$З_5=10 \cdot 39=3900 \text{ грн.}$$

Статья 6. Прочие расходы. В размере 5% суммы расходов по статьям 1-5 данной сметы

$$З_6=0.05(184539.8)=9226 \text{ грн.}$$

Таблица 3.11. Смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования

Наименование статей расходов	Сумма, грн.
1.Содержание оборудования и рабочих мест	
а)затраты на силовую электроэнергию	59482.8
б)затраты на воду	30585.6
в)затраты на вспомогательные материалы	8800
2.Заработная плата основная и дополнительная вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием оборудования, отчисления на соц.страхование.	5869.68
3.Текущий ремонт оборудования	12865.3
4.Амортизация производственного оборудования и инструментов	63036.4
5.Возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся инструментов	3900
6.Прочие расходы	9226
Итого	193756.8

Распределение расходов по содержанию и эксплуатации оборудования на себестоимость единицы изделия производится следующим образом:

а) на участках с одинаковым уровнем модернизации – пропорционально тарифной заработной плате основных рабочих по формуле:

$$\%PO = \frac{P_{об}}{З_{сд}} \cdot 100\%$$

где % РО – процент расходов по содержанию и эксплуатации оборудования;

$P_{об}$ – сумма расходов по содержанию и эксплуатации оборудования (см. табл.)

$$\%PO = \frac{193756.8}{80010} \cdot 100\% = 242\%$$

Размер расходов по содержанию и эксплуатации оборудования, приходящихся на единицу изделия $P_{об.дет.}$ определяется следующим образом.

$$P_{об.дет.} = \frac{\%PO}{100} \sum_1^6 P_i$$

$$P_{об.дет.} = \frac{242}{100} \cdot 0.8 = 1.94$$

Составим смету цеховых расходов.

Статья 1. В данную статью включается фонд годовой заработной платы ИТР (табл. графа 5) с отчислением на социальное страхование.

$$\Phi_{год.ЗП} = 4680 \text{ грн.}$$

$$O_{с/с} = 0.375 \cdot (4680 + 1170) = 2193.75 \text{ грн.}$$

$$З_{ст1} = 4680 + 2193.75 = 6873.75 \text{ грн.}$$

Статья 2. Содержание зданий и инвентаря.

Затраты на электроэнергию

$$S_{э.э} = \frac{S_k \cdot q \cdot \Phi_{э.э} \cdot F}{103}$$

где $q=20$ кВт – норма расхода электроэнергии на освещение в час

$$S_{э.э} = \frac{0.13 \cdot 20 \cdot 3904.76 \cdot 396}{103} = 4020.34 \text{ грн.}$$

Затраты на воду для бытовых нужд

$$S_{в.б.} = S_{м.в.} \cdot R_0 \cdot 68$$

Для хозяйственных нужд норма – 28 л.

На одного рабочего норма – 40 л.

1 м³ питьевой воды = 0.8 грн

$$S = 0.8 \cdot (39+6) \cdot 68 = 2448 \text{ грн.}$$

Затраты на пар для отопления

$$C = H_{р.т.} \cdot T_{от} \cdot V \cdot \Pi_{от} \cdot 10^{-6}$$

где $H_{р.т.}=20$ ккал/ч – расход тепла на 1 м³ здания;

$T_{от}$ - 4320- количество часов в отопительном периоде;

$\Pi_{от}$ -2.54- стоимость горячей воды 1 м³

$$C = 20 \cdot 4320 \cdot 2613.6 \cdot 2.54 \cdot 10^{-6} = 578.086 \text{ грн.}$$

Вспомогательный материал определяется в размере 3 % первоначальной стоимости здания

$$C_{в.м.} = 0.03 \cdot 784080 = 23522.4 \text{ грн.}$$

$$C_{т.ч.}=29916.026 \text{ грн.}$$

Статья 3. Текущий ремонт зданий и инвентаря. Затраты определяются в размере 2% балансовой стоимости зданий и инвентаря

$$C_{т.3}=0.02(784080+12917)=15939.9$$

Статья 4. Амортизация зданий и инвентаря

$$C_{т.4}=A_{зд}+A_{инв}=39204+1937.6=41141.6 \text{ грн.}$$

Статья 5. Расходы на опыты, исследования и изобретательство принимаются в размере 20 грн в год на одного работающего

$$C_{т.5}=20 \cdot 47=940 \text{ грн.}$$

Статья 6. Расходы на охрану труда планируются в размере 30 грн на 1 работающего в год

$$C_{т.6}=30 \cdot 47=1410 \text{ грн.}$$

Статья 7. Прочие расходы принимаются в размере 5% суммы расходов по статьям 1-6 сметы

$$C_{т.7}=0.05 \cdot 96874.1=4843 \text{ грн.}$$

Таблица 3.12. Смета цеховых расходов

Наименование статей расходов	Сумма, грн
Содержание цехового персонала	6873.7
Содержание зданий и инвентаря	29916.026
Текущий ремонт зданий и инвентаря	15839.58
Амортизация зданий и инвентаря	41141.6

Расходы на опыты и рациональные предложения	940
Расходы на охрану труда	1410
Прочие расходы	4843
Всего	101064

Распределение цеховых расходов на себестоимость отдельных долей

$$\% \text{ЦР} = \frac{Ц_p}{З_{сд}} \cdot 100\%$$

где %ЦР – процент цеховых расходов

Ц_р – сумма цеховых расходов по смете, грн.

$$\% \text{ЦР} = \frac{101064}{80010} \cdot 100 = 126\%$$

$$Ц_{р.дет.} = \frac{126}{100} \cdot 1.12 = 1.41 \text{ грн.}$$

После определения расходов по всем статьям необходимо составить калькуляцию себестоимости единицы продукции .

Таблица 3.13 Калькуляция себестоимости продукции.

Наименование статей расходов	Валы	
	Всего расходов на программу, тыс. грн.	На единицу продукции, грн.
Основные материалы (за вычетом отходов)	88440	0.88
Основная заработная плата основных рабочих	80010	0.8

Дополнительная заработная плата основных рабочих	37.326	0.37
Отчисления на социальное страхование	46.201	0.46
Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования	193.756	1.93
Цеховые расходы	101.064	1.01
Итого	546	5.45

1. Расходы по основным материалам за вычетом отходов, приходящихся на одно изделие. Определяются делением итоговой таб. графа 12 на программу в штуках соответствующих деталей.

2. Основная заработная плата, приходящаяся на одно изделие, представляет собой суммарную расценку по операциям.

3. Отчисления на социальное страхование на одно изделие определяется аналогично расчетам на всю программу.

Таблица 3.14 Техничко-экономические показатели.

Наименование показателей	Единица	Показатель
А. Абсолютные		
1. Годовой выпуск продукции:		
а) в натуральном выражении (номенклатура)		
Валы	шт	100000
б) по трудоемкости	н-ч	112000
2. Производственная площадь участка	м ²	396
3. Количество установленного оборудования	шт	22

4.Стоимость основных средств	грн	944225
5.Установленная мощность оборудования	кВт	139.5
6.Годовой расход электроэнергии	кВт	59482.8
7.Численность работающих- всего	чел	47
в том числе рабочих	чел	45
из них основных рабочих	чел	39
8.Общий фонд заработной платы	грн	91398.18
Б Относительные		
9. Производительность труда		
а) на одного работающего	н-ч	2382
б) одного рабочего	н-ч	2488
10. Коэффициент использования металла		0.76
11. Средняя заработная плата рабочих в месяц	грн	241.3
12. Себестоимость продукции		
а) одной детали	грн	5.45
б) всего выпуска	грн	545
13. Процент расходов по содержанию оборудования	%	242
14. Процент цеховых расходов	%	126
15. Фондоотдача	н-ч	112
16. Объем продукции 1 м ² площади	н-ч	282
17. Техническая вооруженность труда	тыс.грн	20.1
18. Энерговооруженность труда	кВт*г/чел	1256.6

IV ОХРАНА ТРУДА

4.1. СТАНОК ФРЕЗЕРНЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ, СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ С ЧПУ

Фрезерно-вертикальный специализированный станок с ЧПУ в соответствии с ГОСТ 12.2.009-80 имеет защитное устройство, ограждающее зону обработки.

Он имеет блокировки:

- 1) включающие возможность обработки при незакрепленных деталях или при неправильном их положении;
- 2) не допускающие самопроизвольных перемещений подвижных элементов станка
- 3) установка и съем деталей возможна только в зоне загрузки-выгрузки

Расстояние между наиболее выступающими частями соседних станков в опасной зоне должно быть не менее 500 мм.

Поскольку выполнение этого требования невозможно, опасная зона должна иметь ограждения.

4.2. РАБОЧАЯ ЗОНА

Удобство рабочей позы, близость оператора к органам контроля и управления требуют, чтобы рабочее место было не случайным, а составляло с конструкцией станка единый комплекс.

При конструировании рабочего места были учтены общие принципы. Рычаги, рукоятки, кнопки, выключатели и другие органы управления

сконструированы так, что они легко доступны для оператора и манипулировать ими легко.

Органы управления расположены так, что они хорошо видны и доступны, а также в затруднительных условиях, например в случае опасности, автоматически обеспечивается правильное движение. Органы управления по конструкции и по форме приспособлены к реактивным движениям человеческого организма.

4.3. РАЗРАБОТКА ВНУТРЕННЕЙ ПЛАНИРОВКИ УЧАТКА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ, САНИТАРНЫХ И ПОЖАРНЫХ ТРЕБОВАНИЙ.

Планировкой непосредственно у рабочего места предусмотрены места для хранения тары с заготовками и готовой продукции, стеллажи для хранения технологической документации и инструмента.

Расстояние между станками соответствует «Нормам технологического проектирования машиностроительных заводов» и обеспечивает безопасную работу на станках и обслуживание оборудования.

При разработке планировки предусматривается организация проходов, обеспечивающих свободный допуск ко всем рабочим местам и которые являются путями эвакуации личного состава на случай чрезвычайной ситуации.

Площадь производственного участка обеспечивает выполнение требований минимального объема 15 м^3 на одного рабочего и минимальной производственной площади 4.5 м^2 на одного рабочего.

4.4 ОБЩИЕ ЭРГОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА»

С целью обеспечения максимальной эффективности труда при проектировании оборудования учитываем эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места: пульта управления, средств отображения информации, органов управления, кресла, вспомогательного оборудования.

4.4.1 Рабочее место оператора.

При взаимном расположении элементов рабочего места в дипломном проекте учитываем:

- 1) рабочую позу человека-оператора;
- 2) пространство для размещения человека-оператора;
- 3) возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- 4) возможность обзоров элементов рабочего места;
- 5) возможность ведения записей, размещение документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Взаимное расположение элементов рабочего места обеспечивает возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования.

При размещении органов управления выполнены следующие эргономические требования:

- 1) органы управления расположены в зоне досягаемости;
- 2) органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, сгруппированы таким образом, что действия оператора осуществляются слева направо и сверху вниз;

3) расположение органов управления обеспечивает равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора.

Органы управления, применяемые только для технического обслуживания и регулирования, размещаются отдельно от остальных органов управления.

4.4.2 Рычаги управления.

При конструировании рычагов управления их размеры согласованы с размерами и особенностями захвата руки. Решающими факторами явились особенности движений руки оператора в зависимости от вида выполняемых движений.

Рычаги управления устанавливаются на рабочем месте так, что их рукоятки при любом положении рычага находятся в пределах зоны досягаемости моторного поля оператора с учетом требований безопасности по ГОСТ12.2.003-74.

Рычаги управления установлены так, что при их перемещении исключается возможность случайного включения(выключения) смежного рычага.

4.4 .3. Ручки.

Предусмотрена высота ручек, которая обеспечивает достаточную поверхность захвата. Поверхность ручки имеет насечку для более надежного захвата.

4.4.4. Кнопки и тумблеры.

Расстояние от кнопок и тумблеров до других органов управления составляет 20 мм.

4.4.5. Пульты и приборные панели

Пульт является основным рабочим местом оператора и обеспечивает удобное и достаточное по размерам рабочее место для оператора, свободный подход к нему и рациональное размещение на пульте средств управления.

Панели, на которых кроме органов управления располагаются индикаторы, смонтированы так, что зрительные индикаторы занимают центральную часть, а органы управления находятся на периферии для того, чтобы ручки не загромождали зрительно воспринимаемые объекты.

4.5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТИРУЕМОГО УЧАСТКА

Проектируемый участок специализируется на обработке деталей типа корпусных. На участке высокий уровень автоматизации и механизации. Широко применяются станки с ЧПУ, установки для снятия заусенцев, а также другое прогрессивное оборудование. При контроле готовой детали применено электронное оборудование.

Работы на проектируемом оборудовании выполняются согласно ГОСТ 12.1.005-76 ОСВТ, относятся к средней категории с затратами энергии от 172 до 232 Дж. Температура окружающего воздуха в холодный и переходный период 18...20⁰С согласно ГОСТ 12.1.005-76 ОСВТ. Относительная влажность воздуха 40 ...60%. В теплый период года температура на участке составляет 20 ...22⁰С. Скорость движения воздуха в холодный и переходный период 0.3 м/с; в теплый период 0.5 м/с.

Таблица 4.1.- Метеорологические условия в рабочих помещениях участка, ГОСТ 12.1.005-76

Сезон года	Категория работ	Температура воздуха, С	Относительная влажность	Скорость воздуха
Холодный переходный период	средней тяжести	18 ...20	40 ...60	0.2
Теплый период	средней тяжести	20 ...23	40 ...60	0.5

4.6. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО УЧАСТКА

Проектируемый участок согласно СН 245-71 относится к пятому классу, его санитарно-защитная зона составляет небольшую площадь. Площадь, на которой расположен участок, имеет относительно ровную поверхность, обеспечивающую безопасность движения людей и транспортных средств.

4.7. ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ УЧАСТКА

В различных технологических процессах возможно действие опасных производственных факторов, определяемых ГОСТ 12.0.003- 74 ОСВТ. Эти факторы следующие:

- 1) движущие механизмы и подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся и вращающиеся режущие элементы;
- 2) действие на тело человека СОЖ;
- 3) действие на тело человека стружки, образовавшейся в результате обработки и имеющей высокую температуру;

- 4) наличие опасного уровня напряжений в электрических цепях;
- 5) наличие опасностей, связанных с эксплуатацией металлорежущего инструмента на различном оборудовании, имеющемся на проектируемом участке.

4.8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

На проектируемом участке предусмотрены соответствующие мероприятия по устранению имеющихся опасностей. К ним относятся:

- 1) применение защитных кожухов для ограждения шлифовальных кругов в соответствии с ГОСТ 12.2002-74 ССБТ.
- 2) применение на фрезерных и токарных станках передвижных защитных экранов с наличием в них смотровых окон, надежно защищающих рабочих и находящихся около рабочих мест посторонних лиц от отлетающей стружки и СОЖ;
- 3) применение на токарных станках резцов с профилями, способствующими дроблению стружки, а также использование специальных устройств – стружколомателей;
- 4) выбор соответствующей планировки оборудования с ЧПУ, в следствие чего шланги для подвода жидкости от гидравлических систем подведены с задних и боковых сторон станка;
- 5) использование зажимных устройств с вращающимися движениями, обтекаемых форм, без выступающих частей, что исключает возможность травмирования обслуживающего персонала;
- 6) применение для удаления стружки от станков следующих приспособлений: крючков, щеток;
- 7) предусмотрено централизованное изготовление СОЖ по рецептуре, согласованной с органами санитарного надзора.

4.9. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

К мероприятиям, обеспечивающим электробезопасность на проектируемом участке, отнесем наличие таких мер:

- 1) использование заземления металлических конструктивных частей оборудования, шкафов, а также пультов управления, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции и замыкания;
- 2) предусмотрена блокировка электрооборудования и станков с вводными выключателями так, чтобы при включенном положении нельзя было открыть дверцу;
- 3) предусмотрены сигнальные знаки «молнии» на всех дверях, крышках, кожухах электрооборудования и четкой надписи «заземление» на станине возле винта заземления;
- 4) применение средств индивидуальной защиты от электротравматизма (клещи, рукавицы);
- 5) применение изолирующих деревянных подставок к металлорежущему оборудованию;
- 6) заключение проводов, питающих электрическую аппаратуру, в защитные трубки, а подвижные установки в гибкие рукава, снабженные уплотнениями против проникновения масла.

Расчет заземления.

Сопротивление одного стержневого трубчатого заземлителя, вертикально установленного в землю, определяется по формуле

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi lT} \left(\ln \frac{2lT}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + lT}{4t - lT} \right)$$

где R_T - сопротивление одиночного заземлителя; Ом

ρ – удельное сопротивление грунта; Ом;

l_T - длина стержня (трубы) , мм.

$$R_T = \frac{2 \cdot 10}{2 \cdot 3.14 \cdot 500} \left(\ln \frac{2 \cdot 500}{0.15} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 250 + 500}{4 \cdot 250 - 500} \right) = 60 \text{ Ом}$$

Количество заземлителей определяется по формуле :

$$n = \frac{R_T}{R_n \cdot \eta_T};$$

где n - количество заземлителей, шт;

R_T - сопротивление одиночного заземлителя, Ом

R_n - сопротивление заземляющего устройства по нормам;

η_T – коэффициент использования стержневых заземлителей =0.63

$$n = \frac{60}{4 \cdot 0.63} = 23.8 \text{ шт}$$

Принимаем количество заземлителей, равное 20 шт.

Параллельное соединение заземлителей осуществляется стальными полосами прямоугольного сечения не менее 4×12 мм или круглого сечения диаметром не менее 6 мм, которые находясь в земле, в то же время являются заземлителями.

Суммарную длину всех полос можно определить по формуле

$$l_n = 1.05 a n;$$

где l_n – суммарная длина всех полос, см;

a – расстояние между заземлителями, см;

n – количество заземлителей, шт.

$a=21 \text{ м}$

$a=800 \text{ см}$

$$l_n = 1.05 \cdot 800 \cdot 20 = 16800 \text{ см.}$$

Сопротивление соединительных полос определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ln} \ln \cdot \frac{2l_n}{Bt_n}$$

где R_n – сопротивление соединительных полос, Ом;

B – ширина полосы, см;

t_n – глубина заложения полосы, см

$$R_n = \frac{2 \cdot 10^4}{2 \cdot 3.14 \cdot 16800} \cdot \ln \cdot \frac{2 \cdot 16800}{6 \cdot 80} = 0.8 \text{ Ом}$$

Сопротивление прямоугольного контурного заземления, состоящего из заземлителей и соединительных полос, определяется по формуле:

$$R_k = \frac{R_t \cdot R_n}{R_t \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_t \cdot n};$$

где R_k – сопротивление прямоугольного контурного заземления, Ом;

R_t – сопротивление заземленного одиночного заземлителя, Ом;

R_n – сопротивление заземленных соединительных полос, Ом;

η_n – коэффициент использования соединительных полос;

η_t – коэффициент использования заземлителей;

n – количество заземлителей, шт.

$$R_k = \frac{60 \cdot 0.8}{60 \cdot 0.32 + 0.8 \cdot 0.63 \cdot 20} = 0.6 \text{ Ом}$$

$$R_k \leq R_n$$

В последние годы , в качестве вертикальных стержней (электропроводов) находят применение стальные прутки диаметром 10 ...20 мм и длиной от 2.5 до 10 м.

Мероприятия по обеспечению освещенности.

На проектируемом участке предусмотрены следующие мероприятия по обеспечению освещения:

- 1) естественное освещение через окна, так называемое боковое освещение. Общее освещение с равномерным расположением ламп люминесцентного освещения;
- 2) местное освещение лампами накаливания с целью обеспечения нормального освещения на рабочих местах в соответствии с требованиями СН и П2-4-70;
- 3) предусмотрено аварийное освещение;
- 4) предусмотрено наличие отражателей у ламп.

Таблица 4.2. Освещенность на рабочих местах.

Характеристика работ	Размер объекта различия	Разрез зрительной работы	Освещенность	
			Комбинированное освещение	Общее освещение
Высокая точность	0.1...0.3	2	5000	400
Точная	0.3...1.0	3	4000	350
Малой точности	1.0...10	4	350	150
Грубая	более 10	5	100	100

4.10. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

На проектируемом участке в целях обеспечения температурного режима предусмотрены следующие мероприятия:

- 1) предусмотрены воздушные завесы у входных дверей, через которые идет транспортное сообщение;
- 2) предусмотрена естественная и механическая вентиляция;
- 3) предусмотрено в теплое время года проветривание через фрамуги, расположенные на высоте 1.8 м;
- 4) применение централизованной системы воздушного отопления совместно с приточными вентиляционными системами.

4.11. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ШУМОМ, ВИБРАЦИЯМИ И ЗАПЫЛЕННОСТЬЮ.

Технический процесс в машиностроении сопровождается широким внедрением разнообразного оборудования, транспортных средств. Все это привело к тому, что человек подвергается воздействию шума высокой интенсивности. Шум оказывает вредное воздействие на весь организм, а также на центральную нервную систему. Не малый вред наносят вибрации и запыленность. Для борьбы с этими негативными явлениями на проектированном участке предусматривается:

- 1) применение при монтаже оборудования балансирования отдельных узлов, а также своевременный ремонт оборудования;
- 2) применение средств индивидуальной защиты от вибрации согласно ГОСТ.12.4.024-76 ССБТ;
- 3) применение вибропоглощающих резиновых прокладок под гидросистемы станков с ЧПУ;

- 4) применение средств индивидуальной защиты от шума согласно 12.4.024-76 ССБТ;
- 5) применение СОЖ для обеспечения чистоты рабочей зоны от запыленности частицами абразива;
- 6) применение средств индивидуальной защиты от общих производственных загрязнений, а также применение рабочей специальной одежды.

Таблица 4.3. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны в производственных помещениях.

Наименование вещества	Фактическая концентрация	ПДК мг/м ³	Класс опасности
Керосин	120	300	4
Окись углерода	12	20	4
Пыль стали	6	6	4
Пыль абразива	5	6	4
Пары масла	5	5	4

Таблица 4.4. Уровни звука и звукового давления.

Рабочие	Шкала С								Уровни звука, дБА
	Уровни звукового давления в октавных полосах								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Допустимые уровни	99	98	86	85	75	78	76	74	80

Фактические уровни	98	98	85	84	75	76	74	72	80
-----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Бытовые и вспомогательные помещения.

Проектом участка предусмотрено наличие бытовых и вспомогательных помещений, таких как: гардеробные, умывальные, душевые, туалеты, помещения для отдыха, кладовая для инвентаря, медицинский пункт, а также наличие мест для курения и пункты питания.

4.12. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ СОСТОЯНИЕ УЧАСТКА

Процесс обработки механическим методом относят к категории Д, то есть не пожароопасное производство согласно СН и П.2.01.02-85. Производственное здание построено из негорючих материалов, согласно СН и ПЗ-Н2-72 имеет вторую степень огнестойкости. Проектом предусмотрены профилактические мероприятия, направленные на предупреждение возможных пожаров вследствие загорания промышленных обтирочных материалов или загорания электропроводки при коротком замыкании. Например, предусмотрено устройство молниеотвода, а также имеются специальные железные ящики для материалов. Наряду с этими применено заземление металлических частей оборудования, и отдельно стоящих электрических устройств, которые могут оказаться под напряжением.

Предусмотрены мероприятия по предотвращению распространения огня, это такие как:

- 1) устройство автоматической пожарной сигнализации;
- 2) пожарные водопроводы с пожарными кранами, располагаются в специальных шкафах, снабженных специальными рукавами длиной 20 м с пожарным стволом СН и П 2.01.02-85;

3) первичные средства пожаротушения согласно отраслевых норм в следующих количествах:

огнетушители ОХП-10 - 10 шт

ОУ -2 - 20 шт

ОУ -8 - 4 шт.

Железные лопаты и ящики с песком в количестве 11 шт. на цех площадью 6640 м².

Таблица 4.5. Степени огнестойкости строительных конструкций.

Основные строительные конструкции	Степень огнестойкости	
	Группа возгораемости	Предел огнестойкости
Несущие стены, колонны	несгораемые	2.0
Плиты, перегородки и другие конструкции	несгораемые	0.75
Внутренние перегородки, лестничные клетки	трудно сгораемые	0.25
Брандмаузеры	несгораемые	2.5

4.13. ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА

- Мероприятия по технике безопасности при проведении спасательных и других неотложных работ в очаге поражения.

Массовые разрушения и пожары на объектах, повреждение цепей коммунально-энергетического хозяйства, радиоактивные заражения вызовут необходимость личного состава формирования строго соблюдать меры безопасности и режимы радиационной защиты при проведении спасательных и других неотложных работ.

Перед началом работ в очаге поражения необходимо внимательно осмотреть разрушения зданий и сооружений, установить опасные и поврежденные места. Запрещается без надобности проникать в разрушенные здания и сооружения, угрожающие обвалом. При необходимости подходить к таким зданиям и сооружениям только с наименее опасной стороны, внимательно прислушиваться к характерному шороху и потрескиванию, которые указывают на возможность обрушения поврежденных конструкций. Конструкции зданий, угрожающие обвалом, подлежат обрушению или креплению.

При выполнении работ на высоте необходимо применять страхующие средства. Такие участки с целью уменьшения опасности следует оградить и обозначить специальными знаками. Работающим бойцам формирований по спасению людей из полуразрушенных и завалов необходимо организовать надежную страховку. Не допускать проведение работ в завалах одиночными бойцами.

Для работ на электролиниях назначить подготовленных для этих целей людей. Всякое исправление электропроводки необходимо проводить после ее отключения от источников питания. При ремонте электрических линий нельзя касаться проводов и соединенных с ними металлических переплетов.

При проведении спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в условиях плохой видимости и ночью организуется освещение участков работ и подземных путей, условными световыми знаками обозначаются места отрывки котлованов, зоны возможных обвалов и другие участки, опасные для прохода и движения транспорта.

Безопасность работ при радиоактивном заражении требует строгого соблюдения установленного режима радиационной защиты, который регламентирует максимально-допустимое время нахождения людей в зараженных районах, включая время нахождения в пути движения из района поражения и обратно, а также время отдыха в противорадиационных укрытиях.

Строгое соблюдение всего комплекса мероприятий по обеспечению безопасности при проведении спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ позволит сохранить работоспособность личного состава формирований, исключить потери людей и обеспечить своевременное выполнение всего комплекса работ.

Заключение.

В процессе работы над дипломным проектом объектом исследования являлся специальный фрезерно-сверлильный станок с ЧПУ, который предназначен для обработки корпусных деталей с нормальным показателем точности.

В результате работы был спроектирован многооперационный фрезерно-сверлильный станок, повышена его производительность и внедрение в серийное производство.

В процессе работы были применены стандартные методы расчета основных технических характеристик станка, рассчитаны припуски на обработку поверхностей, определены режимы резания. Также была разработана технология обработки вала, выбрано технологическое оборудование и вспомогательный инструмент, спроектирован участок механической обработки вала.

В итоге проведенной работы достигнута экономическая эффективность за счет внедрения в производство станка.

Перечень источников

1. Анурье В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. -5-е изд., перераб. и доп –М. Машиностроение, 1980.-559 с., ил.
2. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование : Учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 1991,- 382с.: ил.
3. Проников А.С. Расчет и конструирование металлорежущих станков.- М.: Высшая школа, 1967. – 431 с.
4. Пуш В.Э. Конструирование металлорежущих станков. – М. :Машиностроение, 1977.- 390 с.
5. Обработка металлов резанием : Справочник технолога / А.А.Панов, В.В. Аникин и др ; -М.: Машиностроение . 1988.- 736 с.; ил.
6. Справочник технолога- машиностроителя. В 2-х т. /Под ред А.Г. Косиловой – М.: Машиностроение, 1986. 496 с.,ил.
7. Методические рекомендации по курсовому проектированию /А.А. Николаев.- Запорожье: машиностроительный институт. 1984 – 82 с.
8. Методические указания, примеры и задачи к практическим занятиям по проектированию механосборочных цехов /Сост. В.И.Цыпак.- Запорожье : ЗМИ, 1990.- 115 с.

