

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2021 г.

Проектирование участка механической обработки детали «Стержень»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2021.164.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
профессор
_____ Б.А. Решетников
_____ 2021 г.

Автор работы
студент группы ДО – 516
_____ И.А. Хоманова
_____ 2021 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2021 г.

Челябинск,
2021

Аннотация

Хоманова, И.А. Проектирование участка механической обработки детали «Стержень». – Челябинск: ИОДО, 2021. – 74 с: 26 ил. Библиография литературы – 15 наименований, чертежей формата А2 – 1 лист, А1 – 8 листов, 62 листа карт технологического процесса.

В выпускной квалификационной работе спроектирован участок механической обработки детали «Стержень». Методом размерного анализа определены размеры заготовки, благодаря чему сведены к минимуму припуски на механическую обработку. Спроектированы приспособление для фрезерования паза, прибор для контроля резьбы, резбонарезная головка.

В разделе планировка участка приведены расчёты количества оборудования, количества производственных и вспомогательных рабочих. Для годового объёма выпуска деталей рассчитаны транспортные средства, склад заготовок, склад готовых деталей, подъёмно-транспортное оборудование, транспортирование стружки, а так же была выполнена рациональная планировка участка механического цеха, рассмотрены мероприятия по охране труда.

					15.03.05.2021.164.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование участка механической обработки детали «Стержень»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Хоманова					Д	4	74
Провер.	Решетников							
Реценз.								
Н. конт.	Микерина							
Утр.	Виноградов					ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) ИОДО Кафедра «ТТиС» Группа ДО-516		

Содержание

Введение.....	6
1 Общая часть.....	8
1.1 Назначение и описание работы узла, агрегата, машины	8
1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней.....	8
2 Технологическая часть	10
2.1 Анализ технологичности детали	10
2.2 Анализ действующего технологического процесса.....	13
2.2.1. Анализ документации действующего технологического процесса	13
2.2.2. Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки.....	13
2.2.3. Выводы из анализа и предложения по разработке проектного технологического процесса.....	14
2.3 Разработка проектного технологического процесса изготовления детали.....	15
2.3.1 Выбор вида и метода получения заготовки.....	15
2.3.2. Разработка маршрута, плана операций и переходов проектного технологического процесса.....	15
2.3.3. Выбор оборудования для реализации технологического процесса	24
2.3.4. Размерный анализ проектного технологического процесса.....	25
2.3.5. Расчет режимов резания и норм времени.....	38
3 Конструкторская часть.....	49
3.1 Проектирование станочного приспособления для фрезерования лы- сок.....	49
3.1.1 Теоретическая схема базирования.....	49
3.1.2 Проектирование схемы приспособления.....	49
3.1.3 Разработка и расчет конструкции зажимного приспособления.....	50
3.1.4 Компоновка приспособления.....	52
3.2 Проектирование контрольного приспособления для контроля пара- метров резьбы.....	53
3.2.1 Разработка схемы замера.....	53
3.2.2 Компоновка приспособления.....	53
3.2.3 Расчет приспособления на точность.....	54
3.3 Расчет и проектирование резьбонарезной головки.....	54
4 Планировка участка.....	61
4.1. Разработка планировки и описание работы участка механической обработки	61
4.2. Описание мероприятий по охране труда.....	72
Заключение.....	75
Библиография.....	76

Введение

В настоящее время предъявляются особые требования к проектированию промышленных предприятий, к срокам и качеству выполнения проектных работ. Проектирование становится сферой, аккумулирующей новейшие научные достижения и преобразующей их в действующие производственные силы. От того, насколько быстро и качественно совершенствуется этот процесс, зависит, во многом, эффективность производства и темпы научно-технического прогресса.

Основой проекта участка, цеха и завода в целом является детально разработанная технологическая часть, что отводит главную роль инженеру-технологу при проектировании машиностроительного производства. Но круг задач, стоящих перед инженером-технологом, не ограничивается только умением проектировать технологические процессы. В настоящее время испытывается потребность в гибких технологиях, в способности к оперативной перестройке производственного механизма. Процесс функционирования современного цеха, предприятия является в высшей степени динамичным, что и определяет основные требования к решениям при формировании структуры и конструкций производственных зданий.

Изготовление деталей типа «Стержень» представляет собой сложную и трудоемкую отрасль производства в машиностроении.

Целью проекта является то, что технология изготовления при серийном производстве должна обеспечивать высокую долговечность передач и максимальное снижение трудоемкости, а наиболее совершенные технологические процессы с использованием автоматизации труда должны повысить производительность и качество изготавливаемых деталей.

При крупносерийном производстве принятый тип заготовки должен обеспечить минимальные припуски на последующую механическую обработку поверхностей, к которым конструкцией детали предъявляются специальные технические требования. Точность изготовления заготовки в этом случае должна обеспечивать минимальное колебание припусков на механическую обработку, что позволяет наиболее полно проявить все достоинства высокопроизводительного автоматического и полуавтоматического оборудования: минимальное штучное время обработки; стабильная высокая точность изготавливаемых деталей, не зависящая от субъективных факторов (исполнителя); возможность многостаночного обслуживания станков операторами низкой квалификации.

Высокие темпы развития машиностроительной промышленности неразрывно связаны с разработкой, проектированием и изготовлением новых видов оборудования. К такому оборудованию относятся токарные станки, на которых могут обрабатываться детали типа крышка.

Спад в отечественном машиностроении и резкое падение объемов промышленного производства были, прежде всего, вызваны изношенностью и отсталостью материально-технической базы и станочного парка предприятий станкостроения и машиностроения, недостатком квалификационного персонала и возможностей для его подготовки. В машиностроении четко обозначилась тенденция к производству изделий малыми сериями, при которой обострился вопрос обеспечения загрузки производственных мощностей. При продвижении новых

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

изделий, технологий и оборудования предприятия машиностроения и металлообработки также сталкиваются с такой проблемой, как острый дефицит инвестиций и капиталовложений в эту отрасль.

Российская станкоинструментальная отрасль пережила глубокий спад: для полноценного возвращения на рынок потребуется время. Сейчас отечественные производители находят очень удачные технические решения, и способны выпускать станки и оборудование мирового класса. Но их стоимость зачастую выше импортных аналогов. В большинстве случаев потребитель выбирает более дешевый зарубежный станок, выпускающийся серийно.

Одна из тенденций станкостроения – создание гибких, программно-управляемых ОЦ с возможностью последующей автоматизации производства. Современные станки ведущих зарубежных компаний обеспечивают колоссальную производительность при высокой точности. К сожалению, в номенклатуре отечественных производителей значительную долю по-прежнему занимают широкоуниверсальные станки с ручным управлением. Правда, в последние годы разработаны новые модели российских фрезерных и токарно-фрезерных ОЦ с ЧПУ Siemens, Heidenhain и Fanuc. Так, рязанский станкостроительный завод выпустил новый многоцелевой вальцефрезерный станок модели РТ311Ф5 с ЧПУ Sinumerik 840D для точения и фрезерования ручья валиков. Один из факторов, сдерживающих развитие отечественного станкостроения – низкая стоимость нормо-часа рабочего-станочника [14].

Современные обрабатывающие центры – инновационный, технологически емкий, высокопроизводительный и наиболее дорогостоящий вид оборудования. Проблема обновления станочного парка – остро стоит перед большинством отечественных машиностроительных предприятий.

Бесспорный лидер в области производства ОЦ – Япония. Так, заводы Mori Seiki Co, Ltd выпускают в месяц до 700 ОЦ. Охвачены все производственные ниши: от простой токарной обработки до обработки сложных корпусных деталей.

Актуальность: повысить конкурентоспособность на мировом рынке, так как за счет внедрения нового современного оборудования значительно сокращаются затраты на изготовление и производство деталей, повышается качество продукции.

Целью работы является проектирование участка механической обработки детали «Пробка».

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать технологический процесс изготовления детали «Стержень»;
- спроектировать специальное приспособление для обработки детали «Пробка»;
- спроектировать режущий инструмент для обработки детали «Стержень»;
- разработать специальное контрольное приспособление;
- разработать планировку участка.

Объект работы – участок механической обработки деталей типа «Стержень».

Предмет работы – процесс разработки участка механической обработки деталей типа «Стержень».

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 Общая часть

1.1 Назначение и описание работы узла, агрегата, машины

Деталь входит в узел регулятора, предназначен для установки в него деталей, которые обеспечивают герметичность на определенном давлении.

Основными базовыми поверхностями детали «Стержень» в соответствии с рисунком 2, являются наружный диаметр $\varnothing 32f9$, $\varnothing 16f9$ и торец. По этим поверхностям деталь устанавливается в узле. Функциональными поверхностями являются резьбы M10-6H, M14x1,5-6e в соответствии с рисунком 1.

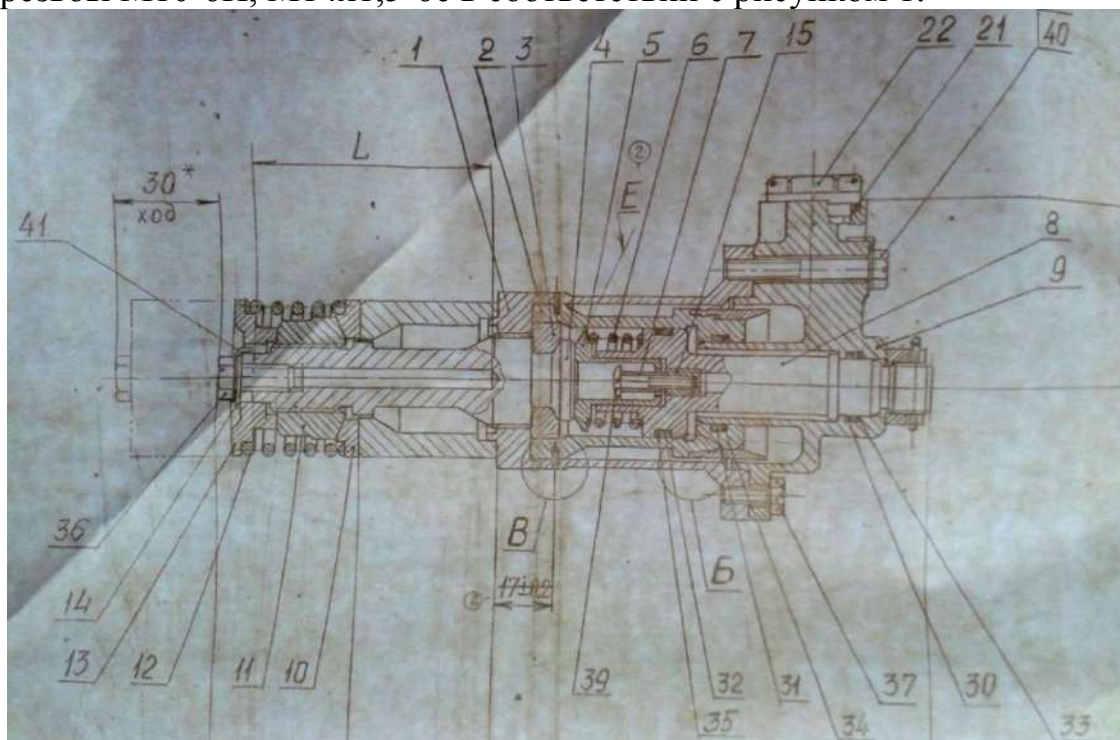


Рисунок 1 – Фрагмент узла

1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней

Рассмотрев назначение детали в узле, проведем анализ на соответствие требований чертежа детали требованиям ее назначения в соответствии с рисунком 2.

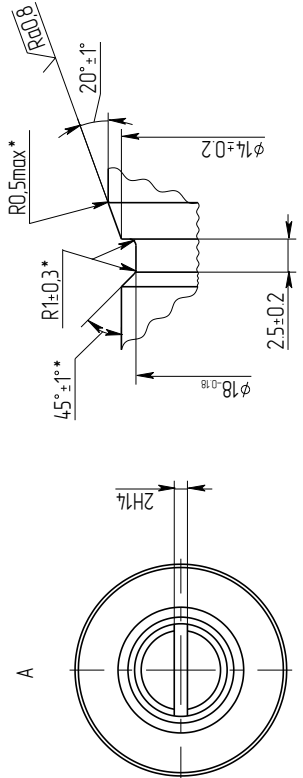
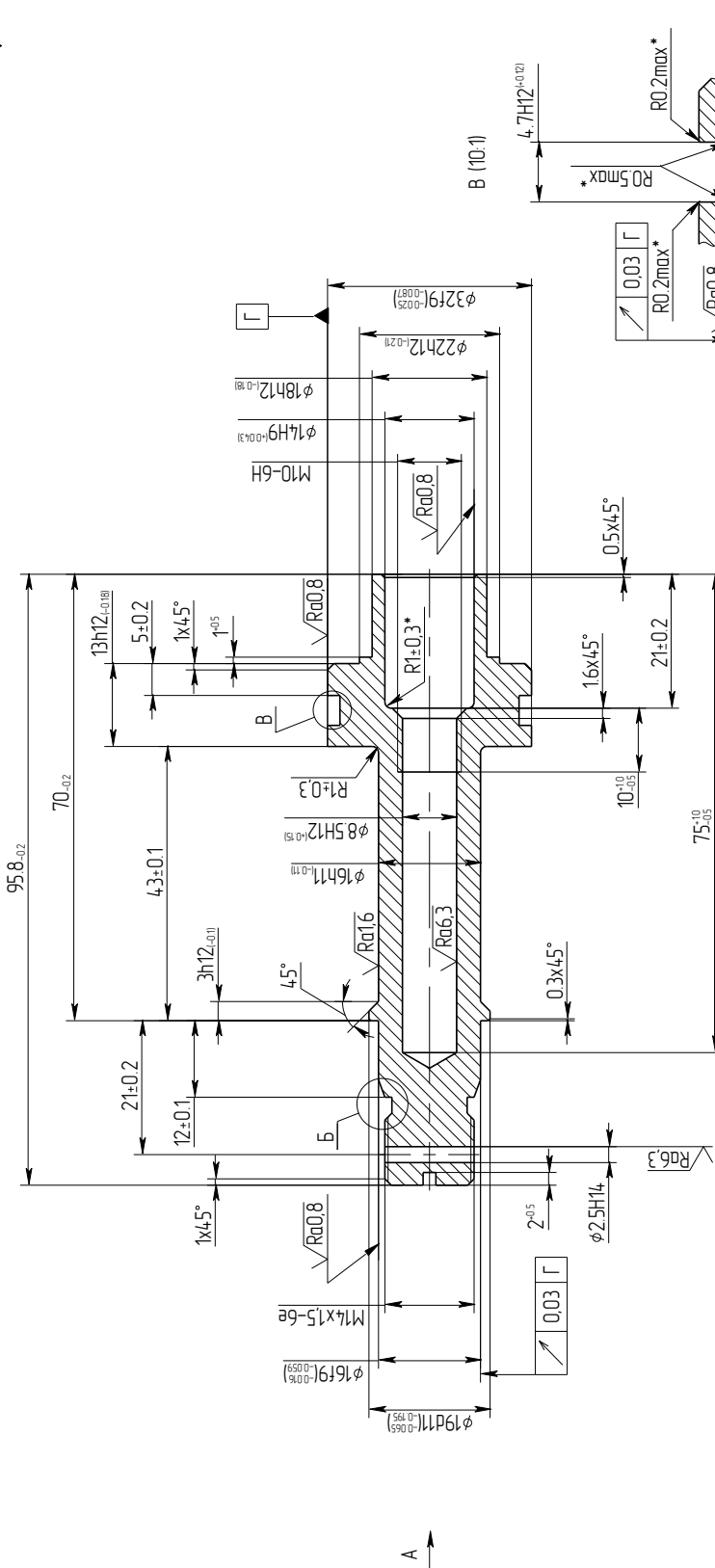
С целью избегания перекоса резьбы, обеспечения собираемости задан допуск биения 0,015 мм. Для обеспечения герметичности поверхности канавки и торца задано торцевое биение, так как здесь устанавливается резиновое уплотнительное кольцо.

Центральное отверстие $\varnothing 2,5$ служит для протока топлива.

Деталь «Стержень» изготавливаются из материала Сталь 09X16H4Б ГОСТ 5949-75.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

√ Ra3.2 (✓)



1. 37.5...44.5 HRC
2. Стабилизировать.
3. Покрытые: Хим. Лас.
4. Маркировать Ч и клеймить К на бирке.
- 5* Размеры обеспечить инструментом

Рисунок 1 – Деталь "Стержень"

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.164.000.ПЗ

Лист

9

Выводы по части один

В первом разделе квалификационной работы описано служебное назначение детали и узел, в который она входит, проведен анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения, проведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий, описаны задачи проектирования.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2 Технологическая часть

2.1 Анализ технологичности детали

В результате анализа технологичности детали (см. рисунок 2), не выявлено возможных трудностей обеспечения параметров шероховатости поверхностей, размеров, форм и расположения поверхностей. Требования точности заданы обосновано. В целом деталь технологична, простая конфигурация детали, возможность применения высокопроизводительных технологических методов, возможность нормального входа и выхода режущего инструмента, на поверхностях резьбы предусмотрены канавки для выхода инструмента.

В качестве материала принята сталь 09Х16Н4Б ГОСТ 5632-72.

Химический состав материала приведен в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Химический состав

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Nb
0.08 0.12	- до 0.6	до 0.5	4 - 4.5	до 0.015	до 0.03	15 - 16.5	0.05 - 0.15

Сталь 09Х16Н4Б, твердость которой по Бринеллю - 321 МПа, одна из самых востребованных в агрессивных средах. Сталь мартенситного класса.

Детали из стали 09Х16Н4Б могут эксплуатироваться длительное время при максимальной температуре +650оС. Их интенсивное окисление (окалинообразование) происходит при показании термометра 850°С выше 0°. Наибольшая коррозионная стойкость материала наступает после закаливания с низким отпускком (до +400°С). Произведенные из этого сплава изделия имеют отличные технические характеристики. Их предел прочности варьируется от 931 МПа до 1180 МПа. Пропорциональность некоторых закаленных или отпускных элементов достигает 980 МПа. У наиболее прочных деталей максимальное относительное удлинение на разрыв достигает 13%, а сужение варьируется в пределах от 35% до 45%.

В ходе анализа технологического процесса выявлены следующие недостатки:

- для нарезания резьбы используются резьбовые резцы;
- использование универсального оборудования;
- применение универсальной оснастки;

Для устранения существующих недостатков предлагается:

- применить для нарезания резьбы резьбонакатную головку;
- применить для закрепления заготовок специальное приспособление;
- использовать для контроля резьбы специальный прибор.

2.2 Анализ действующего технологического процесса

2.2.1 Анализ документации действующего технологического процесса

Чертежа детали представлен в масштабе 1:1 и выполнен на листе формата А1. Содержит все необходимые размеры, технические требования, допуски формы, расположение поверхностей, выносные элементы и местные разрезы, которые дают полное представление о форме детали. Выполнен в соответствии ЕСКД.

Чертеж заготовки представлен в масштабе 1:1 и выполнен на листе формата А1. Выполнен в соответствии ЕСКД.

Маршрутная карта (МК) технологического процесса МК оформлена в соответствии с ГОСТ 3.1105-74, с несущественными недостатками, т.к. не содержит информацию о трудозатратах (Тп.з; Тшт) на все входящие операции механической обработки детали «Стержень».

Операционные карты технологического процесса «Пробка» заполнены в соответствии с ГОСТ 3.1404-74. Операционная карта содержит информацию индивидуально для каждой механической обработки. В нее входит применяемый инструмент (вспомогательный, режущий, мерительный), приспособление, режимы резания, нормы времени, содержание перехода (установить, закрепить, снять деталь), инструкция по технике безопасности.

В карте эскиза изображены все проекции, сечения, разрезы которые дают полную информацию о всех обрабатываемых поверхностях и их размерах которые должны быть обработаны на данной операции. Обозначение шероховатости поверхности размещено на карте в правом верхнем углу по ГОСТ 2.309-73. На эскизах обозначение опор, зажимов и установочных устройств имеют условное изображение в соответствии с ГОСТ 3.1107-81.

2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

В существующем технологическом процессе в основном используются стандартные трехлачковые патроны, а также приспособления, имеющиеся при станке. Для обработки паза в детали применяется специальное приспособление с ручным зажимом.

Одновременно с выбором оборудования и приспособления для каждой операции выбирается необходимый режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемых точности и класса чистоты обработанной поверхности.

Применение того или иного типа инструмента и материала его режущей части зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки, режимов и условий работы; материала обрабатываемой детали, её размера и конфигурации; требуемых точности и класса чистоты обработки; вида производства.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

В качестве режущего инструмента в заводском технологическом процессе используется универсальный стандартный.

При выборе и установлении метода обработки наряду с режущим инструментом указывается измерительный инструмент, необходимый для измерения детали в процессе её обработки.

В серийном производстве с частой повторяемостью деталей одних и тех же размеров применяется в основном специальный жёсткий измерительный инструмент – калибры и шаблоны, а также измерительные машины, который значительно облегчают и ускоряют принцип замера.

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида и размера измеряемой поверхности и требуемой точности.

На рисунках 3,4,5 показаны оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в действующем технологическом процессе.



Рисунок 3 – Станок ТВ-320



Рисунок 4 – Трёхкулачковый патрон

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Рисунок 5 – Резцы, используемые в действующем технологическом процессе

2.2.3 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного технологического процесса

В базовом технологическом процессе применяется универсальное оборудование. Так как производство серийное, то выгоднее использовать станки с ЧПУ на всех операциях, что позволяет сократить производственные площади и обслуживающий персонал. Станки с ЧПУ легко переналадить на выпуск сходной продукции. Применение станков с ЧПУ позволит работать на участке рабочим с меньшей квалификацией, чем на оборудовании базового технологического процесса.

На современном этапе развития машиностроения большое значение придается прогрессивной технологической обработке, обеспечивающей высокое качество изделия.

Базовый ТП позволяет с достаточной вероятностью получать качественные детали, отвечающие всем требованиям чертежа. Однако применение ручных операций, увеличивают трудоемкость обработки и затраты на изготовление детали. За счет применения станочных приспособлений с ручным зажимом соответственно увеличивает вспомогательное время.

Применение средств механизации контрольных операций в заводском технологическом процессе не предусмотрено. Все слесарные операции выполняются вручную и на верстаках.

Для повышения эффективности и производительности в качестве приспособлений можно использовать пневматические приспособления, что значительно сократит время на установку и снятие детали, а значит уменьшит цикл обработки детали в целом.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2.3 Разработка проектного технологического процесса изготовления детали

2.3.1 Выбор вида и метода получения заготовки

В общем случае при выборе вида заготовки определяющими факторами являются материал детали и тип производства [5].

Исходя из требований чертежа, материалом детали является сталь 09Х16Н4Б, поэтому возможными способами получения заготовки являются: прокат сортовой круглого сечения $\varnothing 35$ мм по ГОСТ 19903-74, свободная ковка или штамповка. Для данного типа производства (среднесерийное) принимаем прокат, так как применение заготовки из штамповки хотя и повышает КИМ, но в тоже время повышает и себестоимость детали.

Точность получения заготовок из прутка: размеров – по 15-му качеству, шероховатость – Ra 25.

Схематично заготовка показана на рисунке 6.

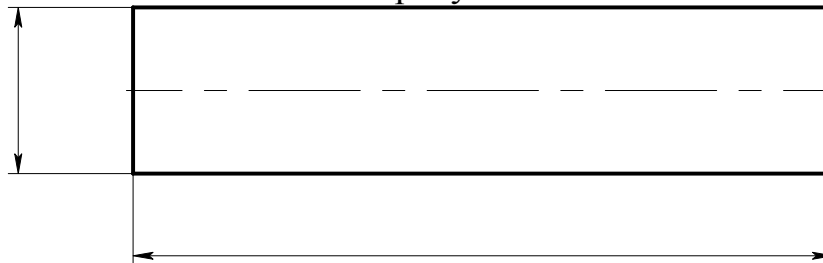


Рисунок 6 – Форма заготовки

Величина дефектного слоя у проката составляет 0,5 – 1,0 мм.

2.3.2 Разработка маршрута, плана операций и переходов проектного технологического процесса

2.3.2.1 Разработка последовательности обработки поверхностей детали

Последовательность обработки поверхностей детали приведена в таблице 2.
Таблица 2 – Последовательность обработки детали «Стержень»

Порядок операций	Последовательность обработки детали	
	Базовые поверхности	Содержание операции
1	$\varnothing 35$ и левый торец размера $95_{-0,2}$ (черновая поверхность заготовки)	Черновая подрезка правого торца размера $95_{-0,2}$ Сверление отверстия $\varnothing 8.2$ Зенкерование отверстия $\varnothing 8.5$ Растачивание отверстий $\varnothing 14$ и $\varnothing 9,75$ Черновое обтачивание $\varnothing 33$

Продолжение таблицы 2

2	Ø32 и правый торец размера 95 _{-0,2} (черновая поверхность заготовки)	Черновая подрезка левого торца размера 95 _{-0,2} Черновая обработка поверхностей Ø17, Ø20, Ø16.5, Ø15, левый торец размера 13, левый и правый торцы размера 3,2
3	Ø17 и левый торец размера 95 _{-0,2}	Получистовая и чистовая обработка поверхностей Ø32f9, получистовое и чистовое растачивание Ø14H9, радиус R1±0.3, левый торец размера 10±0.1, размеры: 75, 0.5x45 ⁰ , 1.6x45 ⁰ , резьба M10-6H
4	Ø33 и правый торец размера 95 _{-0,2}	Подрезка левого торца размера 95 _{-0,2} , Получистовая и чистовая обработка Ø16h11, Ø19d11, Ø16f9, левый торец размера 12±0.1, радиусы R1±0.3, R0.5, левый торец размера 10±0.1, размеры: 95 _{-0,2} , 3.2, 2.5±0.2, 0.3x45 ⁰ , 1x45 ⁰ , поверхность 45 ⁰ ±6', 45 ⁰ ±1', 20±1', резьба M14-6e
5	Ø16h11 и левый торец размера 95 _{-0,2}	Получистовая и чистовая обработка: правого торца размера 13h12, поверхности Ø18, Ø22, Ø32, Ø28.1, радиусов R0.5, R0.2, точить 2 фаски 1x45 ⁰ , получение размеров 5±0.2, 1 ^{+0,5} , 4.7H12
6	Ø16 и правый торец размера 65h12	Фрезерование паза шириной 2H14, и глубиной 2±0,125
7	Паз 2H14 и Ø14	Сверление отверстия Ø2,5

2.3.2.2 Выбор способов обработки и количества переходов

Расчетный метод.

Расчётный метод используется для определения количества переходов при обработке наружной поверхности $\varnothing 28,1h8_{-0,033}$, Ra0,8.

Определяем величину уточнения по диаметральной точности и шероховатости поверхности [4]:

$$E_{\text{д}}^{\varnothing} = \frac{T_3}{T_{\text{д}}}; \quad E_{\text{д}}^{\text{Ra}} = \frac{Ra_3}{Ra_{\text{д}}};$$

где T_3 – допуск заготовки для данной поверхности (IT12 – 0,25 мм.);

$T_{\text{д}}$ – допуск детали;

Ra_3 – шероховатость заготовки (Ra25);

$Ra_{\text{д}}$ – шероховатость детали;

$$E_{\text{д}}^{\varnothing} = \frac{0,25}{0,033} = 7,58$$

$$E_{\text{д}}^{\text{Ra}} = \frac{25}{0,8} = 31,25$$

Выбираем способы обработки которые позволяют обеспечить заданную точность данной поверхности – к6, Ra0,8: точение тонкое 6 кв., Ra0,63; шлифование чистовое 6 кв., Ra0,63.

Принимаем в качестве способа окончательной обработки точение тонкое, которое позволяет обеспечить 7 кв. и Ra0,63.

Определяем допуск предшествующего перехода [4]:

$$T_{i-1} = \frac{z_n}{2 \dots 4},$$

где $z_n = 0,1$ – номинальный припуск для шлифования чистового [5];

$$T_{i-1} = \frac{0,1}{2 \dots 4} = 0,05 \dots 0,025$$

Принимаем $T_{i-1} = 0,027$ (IT8).

Определяем величину уточнения, которую обеспечивает точение тонкое [4]:

$$E_i = \frac{T_{i-1}}{T_{\text{д}}};$$

$$E_i = \frac{0,027}{0,033} = 0,82$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

В качестве первого способа обработки наружной поверхности принимаем точение черновое, которое обеспечивает IT12, Ra25.

Допуск точения $T_1 = 0,25$.

Определяем величину уточнения

$$E_1 = \frac{T_3}{T_1},$$

где T_3 – допуск заготовки для данной поверхности;

T_1 – допуск, обеспечиваемый способом обработки на первом переходе (операции).

$$E_1 = \frac{0,25}{0,25} = 1,0.$$

Проверка:

$$(E_i \cdot E_1) \geq E_d^{\circ};$$

$$0,82 \cdot 1,0 = 0,82 < 7,58$$

Условие не выполняется. Назначаем промежуточные способы обработки, начиная от окончательного способа обработки с учетом принятого значения T_{i-1} .

По принятому значению $T_{i-1} = 0,027$ назначаем точение чистовое и определяем величину уточнения, которую обеспечит данный способ

$$E_2 = \frac{0,25}{0,027} = 9,26$$

Проверка:

$$E_i \cdot E_1 \cdot E_2 \geq E_d^{\circ};$$

$$0,82 \cdot 1,0 \cdot 9,26 = 7,59 > 7,58$$

Условие выполняется.

Проверка по обеспечению шероховатость поверхности:

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{Pчист}}}{Ra^{\text{Pчист}}} - \text{точение};$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{1,6}{0,63} = 2,5397;$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{Pполу}}}{Ra^{\text{Pчист}}} - \text{точение тонкое};$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{6,3}{1,6} = 3,9375;$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{Pполу}}}{Ra^{\text{Pчист}}} - \text{точение чистовое};$$

$$E_{\text{полу}}^{Ra} = \frac{25}{6,3} = 3,968;$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$E_{\text{полу}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{черн}}}{Ra^{\text{полу}}} - \text{точение получистовое};$$

$$E_{\text{черн}}^{Ra} = \frac{25}{25} = 1;$$

Проверка:

$$(E_{\text{чист}}^{Ra} \cdot E_{\text{чист}}^{Ra} \cdot E_{\text{полу}}^{Ra} \cdot E_{\text{черн}}^{Ra} \geq E_{\text{Д}}^{Ra};$$

$$2,5397 \cdot 3,9375 \cdot 3,968 \cdot 1 = 39,68 > 31,25$$

Условие выполняется.

Таким образом, для обработки наружной поверхности $\varnothing 28,1h8$, Ra0,8 необходимы следующие способы обработки и количество переходов:

- точение черновое: $T_1 = 0,25$ (h12), Ra 25;
- точение получистовое: $T_2 = 0,13$ (h11), Ra 12,5;
- точение чистовое: $T_2 = 0,1$ (h8), Ra 3,2;
- точение тонкое: $T_3 = 0,05$ (h7), Ra 1,6;

Табличный метод.

Для всех остальных поверхностей детали способы обработки и количество переходов выбираем по рекомендации [5] и заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Выбор количества переходов для обработки поверхностей

№ п/п	Поверхность	Наименование	Квалитет допуска	Шероховатость, Ra, мкм.
1	95 _{-0,2} Левый торец Ra3,2	Торцевое точение: черновое	14	50
		получистовое	12	25
		чистовое	11	3,2
	Правый торец Ra3,2	Торцевое точение: черновое	14	50
		получистовое	12	25
		чистовое	11	3,2
2	Ø19d11 Ra3,2	Обтачивание: Получистовое	12	12,5
		чистовое	11	3,2
3	Ø16f9 Ra3,2	Обтачивание: черновое	12	25
		получистовое	11	12,5
		чистовое	9	3,2

Продолжение таблицы 3

4	Ø16h11 Ra3,2	Обтачивание: Получистовое чистовое	12 11	12,5 3,2
5	Ø13,75 (под резьбу) Ra3,2	Обтачивание: черновое получистовое нарезание резьбы резцом	12 11 10	25 12,5 3,2
6	Ø8,5H12 Ra3,2	Растачивание: черновое получистовое чистовое	14 12 11	50 25 3,2
7	Ø8.75 (под резьбу) Ra3,2	Растачивание: черновое получистовое нарезание резьбы резцом	12 11 11	25 12,5 12,5
8	Ø14H9 Ra0,8	Растачивание: черновое получистовое чистовое тонкое	12 11 9 9	25 12,5 3,2 0,8
9	Ø18h12 Ra12,5	Обтачивание: черновое	12	12,5
10	Ø22h12 Ra12,5	Обтачивание: черновое	12	12,5
11	Ø16f9 Ra0,8	Обтачивание: черновое получистовое чистовое тонкое	12 11 10 9	25 12,5 3,2 0,8
12	0,5x45 ⁰ Ra3,2	Обтачивание: получистовое	11	12,5
13	1,6x45 ⁰ Ra12,5	Обтачивание: получистовое	11	12,5
14	0,3x45 ⁰ Ra12,5	Обтачивание: получистовое	11	12,5
15	Ø11,8h12 Ra3,2	Обтачивание: Черновое Получистовое чистовое	12 12 11	12,5 6,3 3,2
16	R0.5, 20 ⁰ Ra312,5	Обтачивание: черновое получистовое	12 11	25 12,5

Продолжение таблицы 3

17	45 ⁰ Ra12,5	Обтачивание: черновое получистовое	12 11	25 12,5
18	12±0,1 Ra12,5	Обтачивание правого торца по п.19: Обтачивание левого торца: черновое получистовое	12 11	25 12,5
19	70 _{-0,2} Ra12,5	Обтачивание правого торца по п.1 Обтачивание левого торца: черновое получистовое	12 11	25 12,5
20	∅2,5H14 Ra6,3	Зенкерование отверстия	14	6,3
21	3h12 Ra12,5	Обтачивание: черновое	12	25
22	21±0,2 Ra12,5	Обтачивание: черновое получистовое	12 11	25 12,5
23	43±0,1 Ra12,5	Обтачивание левого торца по п.19 Обтачивание правого торца черновое получистовое	12 11	25 12,5
24	75±0,5 Ra12,5	Обтачивание: черновое получистовое	12 11	25 12,5
25	5±0,2 Ra12,5	Обтачивание: черновое получистовое	12 11	25 12,5
26	1 ^{+0,5} Ra12,5	Обтачивание: черновое получистовое	12 11	25 12,5
27	13h12 Ra3,2	Обтачивание левого торца по п.23 Обтачивание правого торца: Черновое Получистовое чистовое	12 11 10	25 6,3 3,2

2.3.2.3 Формирование операций и технологического маршрута обработки детали

Формирование операций занесем в таблицу 4.

Таблица 4 - Формирование операций

№ операции	Код	Наименование операции, мод. оборудования	Содержание операции
05	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 600	Позиция I
			Подрезка правого торца размера 95
			Позиция II
			Сверление отверстия $\varnothing 8,2$
			Позиция III
			Зенкерование отверстия $\varnothing 8,5H12$
			Позиция IV
			Черновое растачивание $\varnothing 14H9$
			Позиция V
			Растачивание отверстия $\varnothing 9,75$ под резьбу
			Позиция VI
Точение черновое $\varnothing 33$			
10	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 600	Позиция I
			Подрезка левого торца размера 95
			Позиция II
			Точение черновое $\varnothing 17h12$ Точение черновое $\varnothing 20d11$ Точение черновое $\varnothing 16,5h12$ Точение черновое $\varnothing 15$
			Позиция III
15	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 600	Позиция I
			Растачивание получистовое и чистовое $\varnothing 14H9$ Радиус $R1 \pm 0,3$, фаски $1,6 \times 45^0$, фаски $0,5 \times 45^0$
			Позиция II
			Точение получистовое и чистовое $\varnothing 32f9$
			Позиция III
Нарезание резьбы M10-6H			

Продолжение таблицы 4

20	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 600	Позиция I
			Подрезка левого торца размера 95 Точение чистовое $\varnothing 16h11$, Точение чистовое $\varnothing 19d11$, Точение чистовое $\varnothing 16f9$, Точение получистовое $\varnothing 14\pm 0,2$ Точение получистовое $\varnothing 11,8h12$ Точение черновое конуса $45^{\circ}\pm 1^{\circ}$ Точение черновое конуса $45^{\circ}\pm 6'$ Точение черновое конуса $20^{\circ}\pm 1^{\circ}$ Точение получистовое радиуса R0,5 Точение получистовое радиуса R1 $\pm 0,3$ Точение получистовое $\varnothing 13,75$ под резьбу
			Позиция II
			Нарезать резьбу M14x1.5-6e
25	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 600	Позиция I
			Точение получистовое $\varnothing 18h12$ Точение получистовое $\varnothing 22h12$ Точение получистовое и чистовое $\varnothing 32f9$
			Позиция II
			Точение получистовое $\varnothing 28,1$ Точение получистовое радиуса R0,5 Точение получистовое радиуса R0,2
30	4260	Фрезерная, мод. 6P12	Фрезерование паза 2H14
35	4214	Сверлильная с ЧПУ, мод. 2H135Ф2	Позиция I
			Сверление отверстия $\varnothing 2,3$
			Позиция II
			Зенкерование отверстия $\varnothing 2,5$
40	0108	Слесарная, верстак слесарный	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок.
45	0260	Контрольная	Контроль размеров, полученных на предыдущих операциях

2.3.3 Выбор оборудования для реализации технологического процесса

Современным аналогом токарно-винторезного станка 16К20 или 1К62 является универсальный токарный станок QTN-100MY, показанный на рисунке 7. Данное оборудование производства фирмы Mazak Nexus, разработанное в Швеции, предназначено для обработки заготовок из металла, пластика и древесины. Представляет соответствующие условия резки для экономичной обработки всех обычно применяемых материалов, начиная с алюминия и его сплавов, цветных металлов и заканчивая высокопрочными сталями.

Станок характеризуется оптимальным диапазоном оборотов, позволяющим применять оснастку из быстрорежущей стали, а также металлокерамики.



Рисунок 7 – Токарно-винторезный станок NEF600

Технические характеристики токарного станка приведены в таблице 5

Таблица 5 – Технические характеристики NEF600

Максимальный диаметр устанавливаемой детали через станину, мм	600
Максимальный диаметр обточки через станину, мм	600
Максимальный диаметр обточки через поперечные салазки, мм	490
Быстрый ход (X), мм	398
Продольное перемещение (Z), мм	1250
Мощность привода (40/100% цикла нагрузки), кВт	37/28
Диапазон скорости главного шпинделя, об/мин	0-3 500
Максимальная скорость держателя инструмента, об/мин	4500
Система Управления	CELOS, HEIDENHAIN CNC PILOT 64

2.3.4 Размерный анализ проектного технологического процесса

На данном этапе выполняем размерный анализ разработанного технологического процесса по методике проф. Матвеева В.В. [6].

Преобразование и кодирование чертежа детали

Преобразованный чертёж детали в первой и во второй проекциях приведен на рисунках 8 и 9.

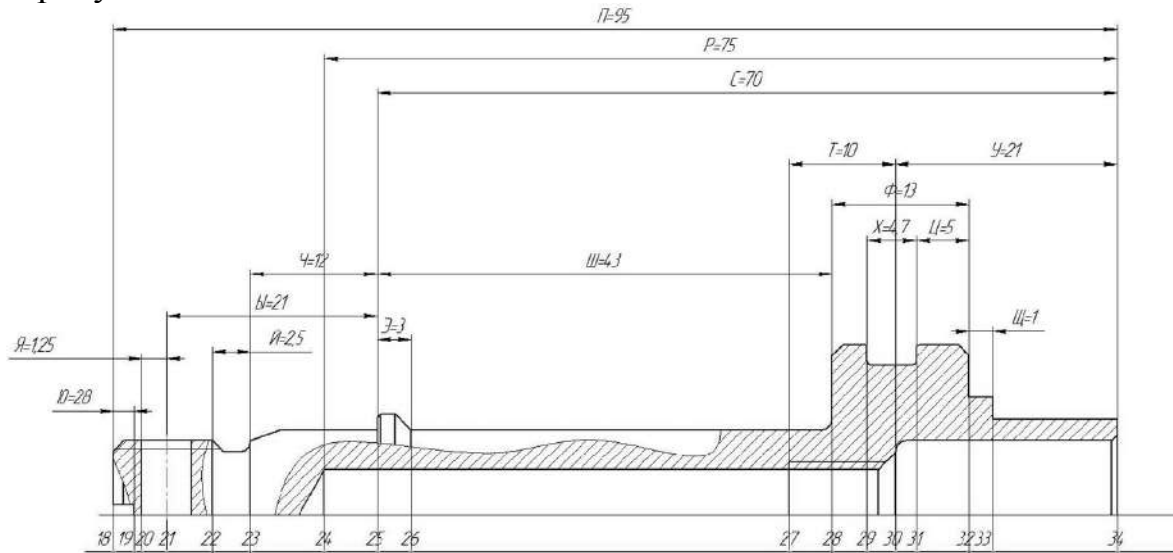


Рисунок 8 – Преобразованный чертёж детали в первой проекции

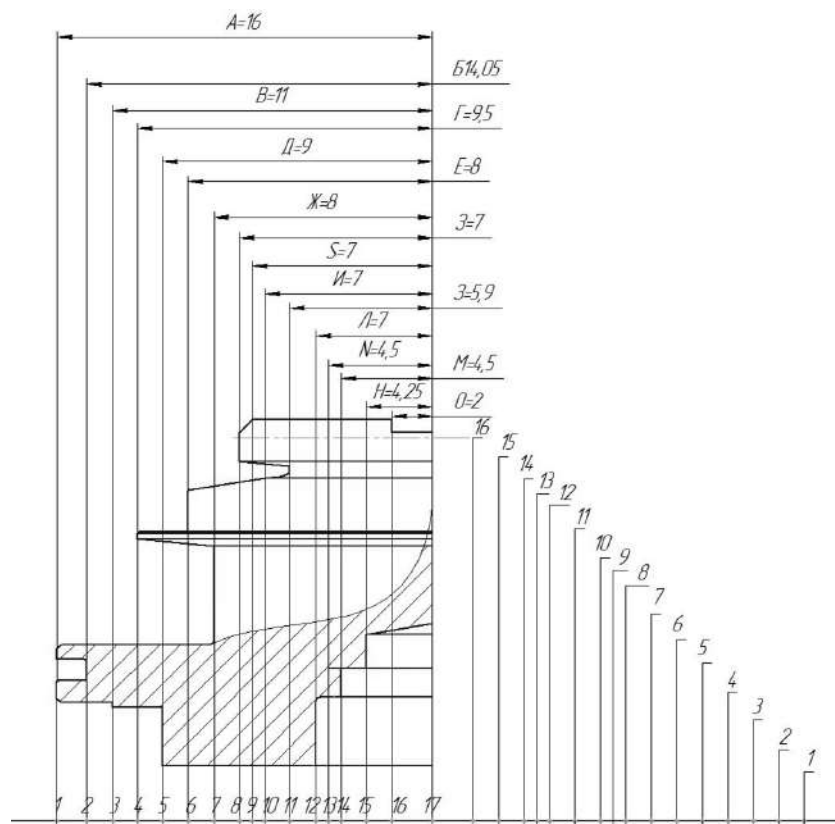


Рисунок 9 – Преобразованный чертёж детали во второй проекции

Для технологической обработки детали «Стержень» необходимо составить маршрут обработки, в соответствие с таблицей 6.

Таблица 6 – Технологический маршрут обработки детали

№ и наименование операции	Эскиз	Допуски и технические требования, мм
00 Заготовительная		$TP^0 = 0,74$ $T2A^0 = 1,1$ $\pm 1^0, 33^0 = 1,0$
05 Токарная с ЧПУ I позиция		$TP^{5(1)} = 0,35$ $\pm 1^0, 33^{5(1)} = 0,2$
05 Токарная с ЧПУ II позиция		$TP^{5(2)} = 0,12$ $T2H^{5(2)} = 0,18$ $\textcircled{C} 1^0, 13^{5(2)} = 0,1$
05 Токарная с ЧПУ III позиция		$TP^{5(3)} = 0,30$ $T2H^{5(3)} = 0,12$ $\textcircled{C} 1^0, 13^{5(3)} = 0,12$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2021.164.000.ПЗ

Лист

26

Продолжение таблицы 6

<p>05 Токарная с ЧПУ IV позиция</p>		<p>$Ty^{05(4)} = 0,21$ $T2J^{05(4)} = 0,15$</p>
<p>05 Токарная с ЧПУ V позиция</p>		<p>$TГ^{5(5)} = 0,15$ $T2M^{5(5)} = 0,15$</p>
<p>05 Токарная с ЧПУ VI позиция</p>		<p>$T2A^{05(6)} = 0,45$</p>
<p>10 Токарная с ЧПУ I позиция</p>		<p>$TГ^{10(1)} = 0,55$</p>

Продолжение таблицы 6

<p>10 Токарная с ЧПУ II позиция</p>		<p>$TЧ^{10(2)}=0,10$ $TЭ^{10(2)}=0,12$ $T2E^{10(2)}=0,21$ $T2Г^{10(2)}=0,21$ $T23^{10(2)}=0,18$ $T2Ж^{10(2)}=0,18$</p>
<p>15 Токарная с ЧПУ I позиция</p>		<p>$TУ^{15(1)} = 0,12$ $T2Л^{15(1)} = 0,043$</p>
<p>15 Токарная с ЧПУ II позиция</p>		<p>$T2A^{15(2)} = 0,21$</p>
<p>15 Токарная с ЧПУ III позиция</p>		<p>$TТ^{15(1)} = 0,1$ $T2N^{15(1)} = 0,1$</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2021.164.000.ПЗ

Лист

28

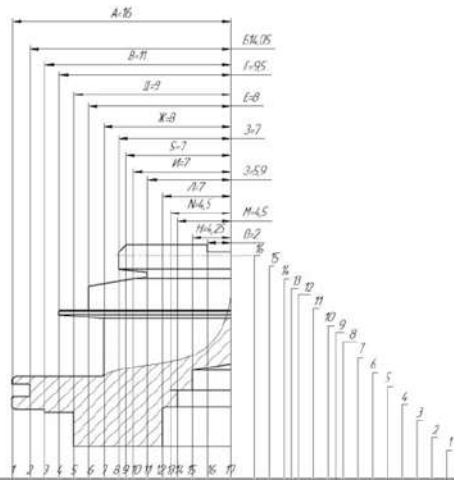
Продолжение таблицы 6

<p>20 Токарная с ЧПУ I позиция</p>		<p> $TP^{20(1)} = 0,24$ $TP^{20(1)} = 0,30$ $TC^{20(1)} = 0,10$ $TE^{20(1)} = 0,12$ $TI^{20(1)} = 0,10$ $T2E^{20(1)} = 0,11$ $T2I^{20(1)} = 0,52$ $T2D^{20(1)} = 0,086$ $T23^{20(1)} = 0,086$ $T2Ж^{20(1)} = 0,14$ $T2И^{20(1)} = 0,086$ $\odot 1^0, 4^{10(1)} = 0,12$ $\odot 8^{10(1)}, 11^{10(1)} = 0,2$ $// 1^0, 7^{10(1)} = 0,2$ </p>
<p>20 Токарная с ЧПУ II позиция</p>		<p> $T2S^{20(2)} = 0,07$ </p>
<p>25 Токарная с ЧПУ I позиция</p>		<p> $T\Phi^{25(1)}_{\text{табл}} + \Delta 28^{10(2)}$ $T\Phi^{25(1)} = 0,28$ $T\Pi^{25(1)} = 0,1$ $T2D^{25(1)} = 0,18$ $T2B^{25(1)} = 0,21$ $T2A^{25(1)} = 0,062$ $\odot 1^{25(1)}, 3^{15(1)} = 0,1$ $\odot 1^{25(1)}, 7^{10(1)} = 0,1$ $\perp 1^{25(1)}, 32^{25(1)} = 0,1$ $\perp 5^{25(1)}, 33^{25(1)} = 0,1$ </p>
<p>25 Токарная с ЧПУ II позиция</p>		<p> $TX^{25(2)} = 0,12$ $TA^{25(2)} = 0,12$ $T\Pi^{25(2)}_{\text{табл}} + \Delta 31^{15(1)}$ $T\Pi^{25(2)} = 0,31$ $T2B^{25(2)} = T2B^{25(2)}_{\text{табл}} + \Delta 1^{25(1)}$ $T2B^{25(2)} = 0,31$ $\odot 1^{25(1)}, 2^{25(2)} = 0,03$ </p>

Продолжение таблицы 6

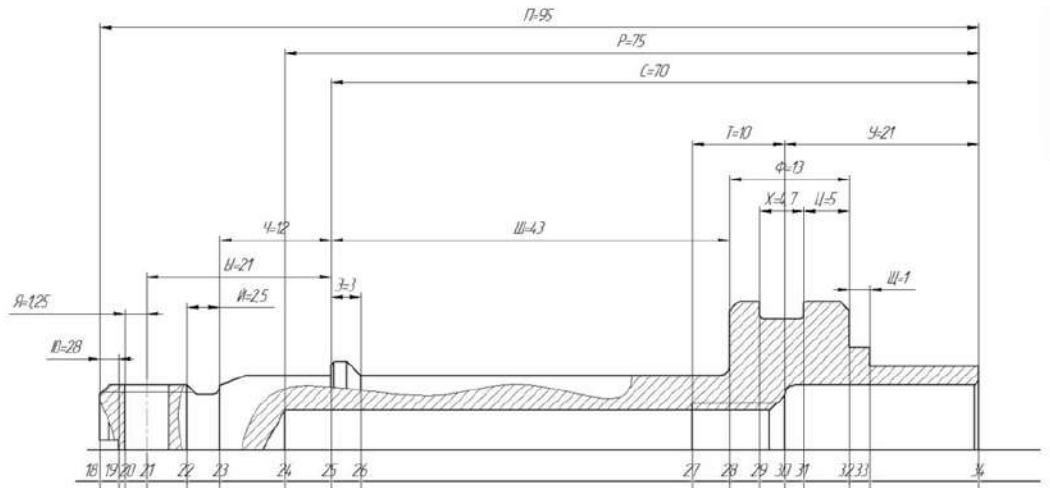
<p>030 Фрезерная</p>		$TЮ^{30} = T Ю^{30}_{\text{табл}} + \Delta 16^{10(2)}$ $TЮ^{30} = 0,35$ $T20^{30} = 0,25$ $\perp 16^{30}, 19^{30} = 0,05$
<p>035 Сверильная с ЧПУ I переход</p>		$TБ^{35(1)} = 0,31$ $T2Я^{35(1)} = 0,1$ $\perp 8^{10(2)}, 20^{35(1)} = 0,1$
<p>035 Сверильная с ЧПУ II переход</p>		$TБ^{35(2)} = 0,13$ $T2Я^{35(2)} = 0,06$ $\perp 8^{10(2)}, 20^{35(1)} = 0,05$

На первых операциях необходимо обработать поверхности, которые используются в качестве основных технологических баз на следующих операциях. Сначала производим обработку всех цилиндрических поверхностей и торцов с одной стороны детали, потом с другой стороны. Схемы диаметральных, линейных и пространственных отклонений показаны в соответствии с рисунками 10,11,12.



№ операции	Z	(A) $\frac{D}{d}$	
020		$D_{10}^{H9/d9}$	
0202		$D_{10}^{H9/d9}$	
0203	$Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,062$	$D_{10}^{H7/d7}$ $D_{10}^{H7/d7}$ $A^{H7/d7}$	
02021		$D_{10}^{H7/d7}$	
0203	$Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,16$ $Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,16$ $Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,16$ $Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,16$	$G^{H7/d7}$ $H^{H7/d7}$ $E^{H7/d7}$ $F^{H7/d7}$ $H^{H7/d7}$ $H^{H7/d7}$	
02031	$Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,21$	$A^{H7/d7}$	
02021		$N^{H7/d7}$	
0204	$Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,25$	$H^{H7/d7}$	
020		$D_{10}^{H7/d7}$ $H^{H7/d7}$ $E^{H7/d7}$ $F^{H7/d7}$	
02031		$H^{H7/d7}$	
02041		$A^{H7/d7}$	
02031	$Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,16$	$H^{H7/d7}$	
02021	$Z_{\text{вн}}^{H7/d7} - 0,15$	$H^{H7/d7}$	
020		A^0	

Рисунок 10 – Схема диаметральных размеров



№ операции	z	T _A	
0352)	$Z_{20mm}^{252} -0,16$	$T_A^{252} -0,1$ $T_B^{252} -0,2$	
0351)	$Z_{20mm}^{251} -0,25$	$T_A^{251} -0,25$ $T_B^{251} -0,25$	
030	$T_0^{30} -0,25$		
0252)		$T_X^{252} -0,12$ $T_{II}^{252} -0,12$	
0251)		$T_\Phi^{251} -0,18$ $T_{II}^{251} -0,1$ $T_{III}^{251} -0,12$	
0201)	$Z_{18mm}^{201} -0,16$ $Z_{25mm}^{201} -0,16$ $Z_{20mm}^{201} -0,16$ $Z_{20mm}^{201} -0,16$	$T_1^{201} -0,21$ $T_4^{201} -0,043$ $T_{II}^{201} -0,062$ $T_3^{201} -0,025$ $T_A^{201} -0,1$	
0151)	$Z_{30mm}^{151} -0,26$	$T_4^{151} -0,13$	
0102)		$T_3^{102} -0,1$ $T_4^{102} -0,18$ $T_{II}^{102} -0,25$	
0101)	$Z_{30mm}^{101} -0,45$	$T_{III}^{101} -0,35$	
0056)		$T_I^{056} -0,11$	
0054)		$T_4^{054} -0,21$	
0053)	$Z_{24mm}^{053} -0,16$	$T_P^{053} -0,21$	
0052)		$T_P^{052} -0,45$	
0051)	$Z_{30mm}^{051} -0,45$		
000		$T_0^0 -0,74$	

Рисунок 11 – Схема линейных размеров

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2021.164.000.ПЗ

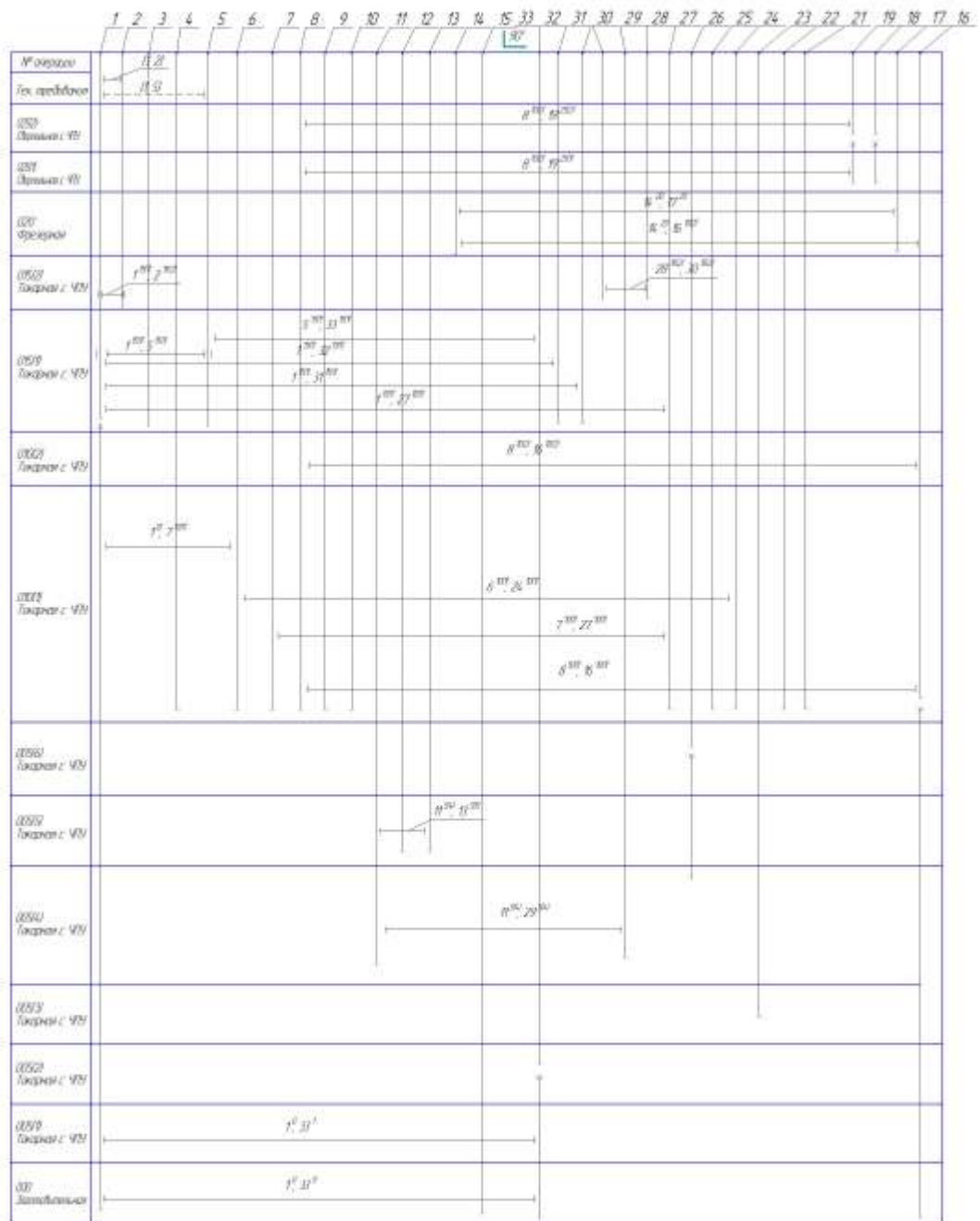


Рисунок 12 – Схема пространственных отклонений

Операция 05 Токарная с ЧПУ, 6 переход

Дано: $A^{05(6)}_{\min} = 15,938$ мм, $A^{05(6)}_{\max} = 16,062$ мм, $TA^{05(6)} = 0,062$ мм.

Минимальный припуск на обработку равен шероховатости предшествующего метода обработки:

$$Z_1^{65(6)}_{\min} = 0,45 \text{ мм}$$

Составляем уравнение в соответствии со схемой диаметральных размеров:

$$Z_1^{05(1)} = A^0 - A^{05(1)}$$

Далее определяем увеличивающие и уменьшающие звенья:

$$Z_1^{05(1)}_{\min} = A^0_{\min} - A^{05(1)}_{\max}$$

Выразим неизвестную величину A_{\min}^0 :

$$A_{\min}^0 = Z_{1 \min}^{05(1)} + A_{\max}^{05(1)}$$

$$A_{\min}^0 = 0,45 + 16,062 = 16,512 \text{ мм}$$

$$A_{\max}^0 = A_{\min}^0 + TA^0$$

$$A_{\max}^0 = 16,512 + 1,1 = 17,612 \text{ мм}$$

Определим максимальный припуск на обработку:

$$Z_{1 \max}^{05(1)} = A_{\max}^0 - A_{\min}^{05(1)}$$
$$Z_{1 \max}^{05(1)} = 17,612 - 15,938 = 1,674 \text{ мм}$$
$$Z_{1 \max}^{05(1)} = 1,674 \text{ мм}$$

Номинальный размер:

$$A_{\text{НОМ}}^0 = A_{\max}^0 - es$$

$$A_{\text{НОМ}}^0 = 17,612 - 0,5 = 17,112 \text{ мм}$$

$$A^0 = 17,112_{-0,7}^{+0,4} \text{ мм}$$

$$2 A^0 = 34,224_{-0,7}^{+0,4} \text{ мм}$$

Операция 005 Токарная с ЧПУ, I позиция

Дано: $\Pi_{\min}^{5(1)} = 96,15 \text{ мм}$; $\Pi_{\max}^{5(1)} = 96,85 \text{ мм}$; $ТП^{5(1)} = 0,35 \text{ мм}$.

Минимальный припуск на обработку равен шероховатости предшествующего метода обработки

$$Z_{33 \min}^{05(1)} = 0,45 \text{ мм}$$

Составляем уравнение в соответствии со схемой линейных размеров:

$$Z_{33}^{05(1)} = \Pi^0 - \Pi^{05(1)}$$

Далее определим увеличивающие и уменьшающие звенья:

$$Z_{33 \min}^{05(1)} = \Pi_{\min}^0 - \Pi_{\max}^{05(1)}$$

Выразим неизвестную величину Π_{\min}^0

$$\Pi_{\min}^0 = \Pi_{\max}^{05(1)} + Z_{33 \min}^{05(1)}$$

$$\Pi_{\min}^0 = 96,85 + 0,45 = 97,3 \text{ мм}$$

$$\Pi_{\max}^0 = \Pi_{\min}^0 + ТП^{5(1)}$$

$$\Pi_{\max}^0 = 97,3 + 0,35 = 97,65 \text{ мм}$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Определим максимальный припуск на обработку

$$Z_{33}^{05(1)}_{\max} = \Pi^0_{\max} - \Pi^{05(1)}_{\min}$$

$$Z_{33}^{05(1)}_{\max} = 97,65 - 96,15 = 1,5 \text{ мм}$$

Номинальный размер:

$$\Pi^0_{\text{ном}} = \Pi^0_{\max} - ES$$

$$\Pi^0_{\text{ном}} = 97,65 - 0 = 97,65 \text{ мм}$$

$$\Pi^0 = 97,65_{-0,35} \text{ мм}$$

1) Уравнения по размерной схеме линейных размеров

1. $[Z_{20}^{35(2)}] = \text{я}^{35(2)} - \text{я}^{35(1)}$
2. $[Z_{18}^{20(1)}] = \text{I}^{10(1)} - \text{I}^{20(1)}$
3. $[Z_{25}^{20(1)}] = \text{з}^{10(2)} - \text{з}^{20(1)}$
4. $[Z_{26}^{20(1)}] = \text{э}^{10(2)} - \text{з}^{20(1)} - \text{э}^{20(1)}$
5. $[Z_{28}^{20(1)}] = \text{II}^{10(2)} - \text{з}^{20(1)} - \text{III}^{20(1)}$
6. $[Z_{18}^{10(1)}] = \text{I}^{05(1)} - \text{I}^{10(1)}$
7. $[Z_{30}^{15(1)}] = \text{y}^{15(1)} - \text{y}^{05(4)}$
8. $[Z_{24}^{05(3)}] = \text{,}^{05(3)} - \text{,}^{05(2)}$
9. $[Z_{34}^{05(1)}] = \text{I}^0 - \text{I}^{05(1)}$

Решение начинается с уравнения с одним неизвестным.

1. $[Z_{20}^{35(2)}] = \text{я}^{35(2)} - \text{я}^{35(1)}$

Исходные данные:

$$\text{я}^{35(2)} = 2,5; \text{ТЯ}^{35(2)} = 0,25; \text{ТЯ}^{35(1)} = 0,25$$

Решение:

$$\text{TZ}_{20}^{35(2)} = \text{ГЯ}^{35(2)} + \text{ГЯ}^{35(1)}$$

$$\text{TZ}_{20}^{35(2)} = 1,25 + 1,25 = 1,5$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\Delta_{\text{У}} Z_{20}^{35(2)} = \frac{\sum \Delta_{\text{В}} \bar{A}_i + \sum \Delta_{\text{Н}} \bar{A}_i}{2}$$

$$\Delta_{\text{У}} Z_{20}^{35(2)} = \frac{0,25 + 0}{2} = 0,125$$

$$Z_{20\text{НОМ}}^{35(2)} = Z_{20\text{МН}}^{35(2)} - \Delta_{\text{У}} Z_{20}^{35(2)} - \frac{TZ_{20}^{35(2)}}{2}$$

$$Z_{20\text{НОМ}}^{35(2)} = 0,16 - 0,125 - \frac{0,5}{2} = 0,285$$

$$Z_{20\text{МАХ}}^{35(2)} = Z_{20\text{МН}}^{35(2)} + \Gamma Z_{20}^{35(2)}$$

$$Z_{20\text{МАХ}}^{35(2)} = 0,16 + 0,5 = 0,66$$

$$\text{Ответ: } [Z_{20}^{35(2)}] = 0,285 + 0,375 - 0,125$$

$$Я^{35(1)} = Я^{35(2)} - Z_{20}^{35(2)}$$

$$Я^{35(1)} = 0,5 - 0,285 = 0,215$$

$$\text{Ответ: } Я^{35(1)} = 0,215 + 0,25$$

$$2. [Z_{25}^{20(1)}] = \gamma^{10(2)} - \gamma^{20(1)}$$

Исходные данные:

$$C^{20(1)}=70; TC^{20(1)}=0,2; TC^{10(2)}=0,2$$

Решение:

$$TZ_{25}^{20(1)} = \Gamma C^{10(2)} + \Gamma C^{20(1)}$$

$$TZ_{25}^{20(1)} = 0,2 + 0,2 = 0,4$$

$$\Delta_{\text{У}} Z_{25}^{20(1)} = \frac{\sum \Delta_{\text{В}} \bar{A}_i + \sum \Delta_{\text{Н}} \bar{A}_i}{2}$$

$$\Delta_{\text{У}} Z_{25}^{20(1)} = \frac{0 + -0,2}{2} = -0,1$$

$$Z_{25\text{НОМ}}^{20(1)} = Z_{25\text{МН}}^{20(1)} - \Delta_{\text{У}} Z_{25}^{20(1)} - \frac{TZ_{25}^{20(1)}}{2}$$

$$Z_{25\text{НОМ}}^{20(1)} = 0,16 - -0,1 - \frac{0,4}{2} = 0,46$$

$$Z_{25\text{МАХ}}^{20(1)} = Z_{25\text{МН}}^{20(1)} + \Gamma Z_{25}^{20(1)}$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$Z_{25 \max}^{20(1)} = 0,16 + 0,4 = 0,56$$

$$\text{Ответ: } [Z_{25}^{20(1)}] = 0,46^{+0,1}_{-0,3}$$

$$C^{10(2)} = Z_{25}^{20(1)} + z^{20(1)}$$

$$C^{10(2)} = 0,46 + 0 = 0,46$$

$$\text{Ответ: } C^{10(2)} = 0,46_{-0,2}$$

Остальные уравнения решаются аналогично. Результаты расчета приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчета уравнений по размерной схеме первой проекции

Уравнение размерной цепи	Исходные данные	Результат расчета (A_i, Z_{\max})
1	2	3
$[Z_{18}^{20(1)}] = I^{10(1)} - I^{20(1)}$	$\Pi^{20(1)} = 95_{-0,2}$ $\text{ТП}^{10(1)} = 0,35$ $Z_{18 \min}^{20(1)} = 0,16$	$[Z_{18}^{20(1)}] = 0,535^{+0,175}_{-0,375}$ $\Pi^{10(1)} = 95,535_{-0,35}$
$[Z_{26}^{20(1)}] = z^{10(2)} - z_{25}^{20(1)} - \Theta^{20(1)}$	$\Theta^{20(1)} = 3,2_{-0,12}$ $Z_{25}^{20(1)} = 0,46^{+0,1}_{-0,3}$ $\text{Т}\Theta^{10(2)} = 0,12$ $Z_{26 \min}^{20(1)} = 0,16$	$[Z_{26}^{20(1)}] = 0,69^{+0,11}_{-0,53}$ $\Theta^{10(2)} = 4,35_{-0,12}$
$[Z_{28}^{20(1)}] = \Pi^{10(2)} - z_{25}^{20(1)} - \text{Ш}^{20(1)}$	$\text{Ш}^{20(1)} = 43 \pm 0,1$ $\text{ТШ}^{10(2)} = 0,2$ $Z_{25}^{20(1)} = 0,46^{+0,1}_{-0,3}$ $Z_{28 \min}^{20(1)} = 0,16$	$[Z_{28}^{20(1)}] = 0,51^{+0,45}_{-0,35}$ $\text{Ш}^{10(2)} = 43,97 \pm 0,1$
$[Z_{18}^{10(1)}] = I^{05(1)} - I^{10(1)}$	$\Pi^{10(1)} = 95,535_{-0,35}$ $\text{ТП}^{05(1)} = 0,1$ $Z_{18 \min}^{10(1)} = 0,45$	$[Z_{18}^{10(1)}] = 0,85^{+0,05}_{-0,4}$ $\Pi^{05(1)} = 96,385_{-0,1}$
$[Z_{30}^{15(1)}] = y^{15(1)} - y^{05(4)}$	$y^{15(1)} = 21 \pm 0,2$ $\text{Т}y^{05(4)} = 0,2$ $Z_{30 \min}^{15(1)} = 0,26$	$[Z_{30}^{15(1)}] = 0,51^{+0,35}_{-0,25}$ $y^{05(4)} = 20,49 \pm 0,1$
$[Z_{24}^{05(3)}] = z_{05(3)} - z_{05(2)}$	$P^{05(3)} = 75^{+1,0}_{-0,5}$ $\text{Т}P^{05(2)} = 1,5$	$[Z_{24}^{05(3)}] = 0,41^{+0,75}_{-0,15}$

	$Z_{24 \text{ min}}^{05(3)} = 1,16$	$P^{05(2)} = 73,59^{+1,0}_{-0,5}$
$[Z_{34}^{05(1)}] = I^0 - I^{05(1)}$	$\Pi^{05(1)} = 96,385_{-0,1}$ $\text{ТП}^0 = 1,2$ $Z_{34 \text{ min}}^{05(1)} = 1,45$	$[Z_{34}^{05(1)}] = 1,5^{+1,6}_{-1,7}$ $\Pi^0 = 97,535_{-1,2}$

По рассчитанным размерам оформим эскиз заготовки с размерами. Он представлен на рисунке 13.

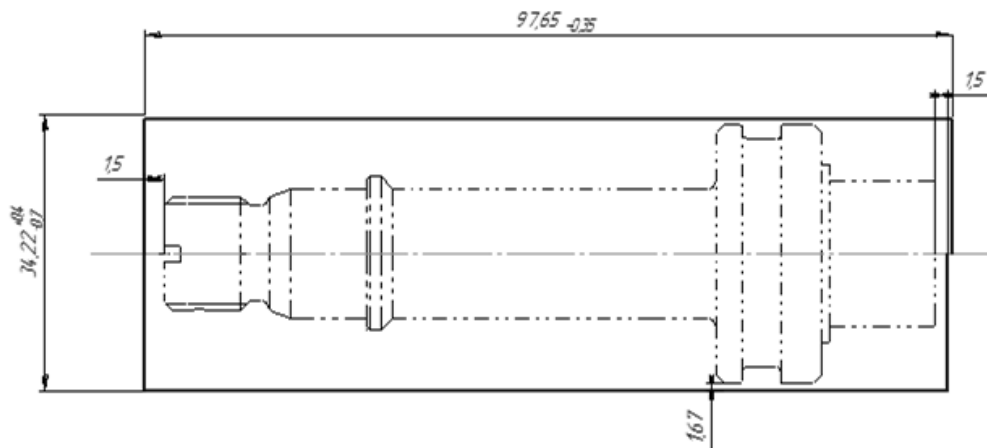


Рисунок 13– Эскиз заготовки с размерами

2.3.5 Расчет режимов резания и норм времени

Для каждой операции технологического процесса необходимо рассчитать режимы резания, основное время и мощность двигателя необходимую на резание.

В качестве примера расчета режимов резания принимается 15 операция (1 позиция), схема обработки которой приведена в соответствии с рисунком 14 [5].

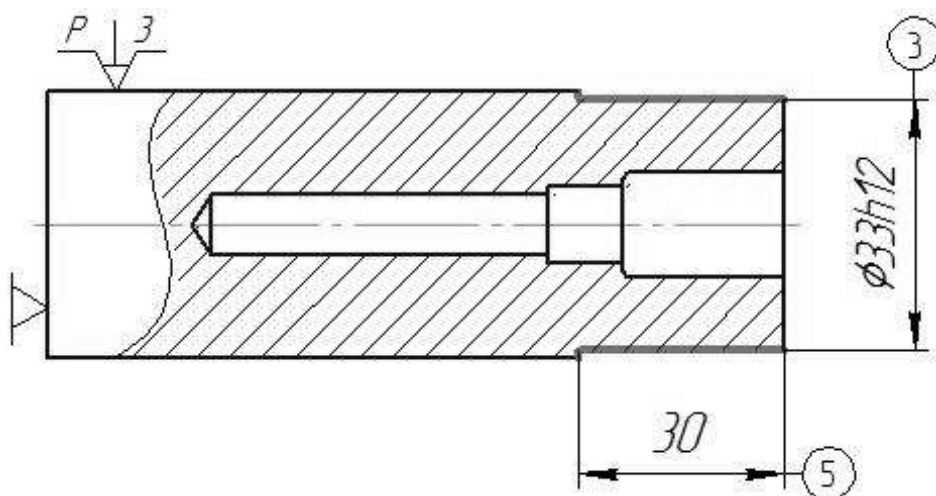


Рисунок 14 – Схема обработки для операции 05 (6 позиция)

Глубина резания определяется как полуразность между диаметром детали до обработки и диаметром, полученным в процессе обработки по формуле

$$t = \frac{D_{\text{пред}} - D_{\text{обр}}}{2}, \text{ мм},$$

где, t – глубина резания;

$D_{\text{пред}}$ – диаметр детали, полученной на предыдущей операции, $D_{\text{пред}}=35_{-0,74}$ мм;

$D_{\text{обр}}$ – диаметр полученный в процессе обработки, $D_{\text{обр}}=33_{-0,74}$ мм;

Подставив значения, получим

$$t = \frac{35 - 33}{2} = 1,0 \text{ мм}.$$

Определяем подачу по формуле

$$S = S_T \cdot K_{Sn} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sж}, \text{ мм/об},$$

где, S_T – подача табличная, $S_T=0,38$ мм/об;

K_{Sn} – поправочный коэффициент, $K_{Sn}=0,8$;

K_{Si} – поправочный коэффициент, $K_{Si}=1,0$;

$K_{Sж}$ – поправочный коэффициент, $K_{Sж}=0,62$;

Подставив значения получим

$$S=0,38 \cdot 0,62 \cdot 0,8=0,19 \text{ мм/об}.$$

Принимаем по паспорту станка $S=0,1$ мм/об.

Скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \text{ м/мин},$$

где, S – подача, $S=0,1$ мм/об;

T – стойкость резца, $T=60$ мин;

C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки, $C_V=420$;

x, m, y – показатели степени, $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,2$;

K_V – поправочный коэффициент, определяется по формуле

$$K_V=K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ти} \cdot K_{тс} \cdot K_{\phi} \cdot K_{v1}$$

где, K_{mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки, определяется по формуле;

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности, $K_{nv}=0,85$;

K_{iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{iv}=1,0$;

K_{ϕ} - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане, $K_{\phi}=0,7$;

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$K_{ти}$ - коэффициент, учитывающий изменение стойкости, $K_{ти}=1,0$;
 K_{v1} - коэффициент, учитывающий вид обработки, $K_{v1}=1,0$;
 $K_{тс}$ - коэффициент, учитывающий изменение периода стойкости, $K_{тс}=1,0$.

$$K_{mv} = \zeta_r \cdot \left(\frac{750}{y_{и}} \right)^{1,0},$$

где, K_r - коэффициент, учитывающий радиус при вершине резца, $K_r=0,95$;
 n_v - показатель степени, $n_v=1,0$.
 Подставив значения, получим:

$$K_{mv} = 1,95 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} = 1,727$$

$$K_v = 0,727 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,433$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,433 = 29,9 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя выражается из скорости резания по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{p \cdot D}, \text{ об/мин.}$$

Подставив значения, получаем

$$n = \frac{1000 \cdot 29,9}{3,14 \cdot 32} = 297,5 \text{ об/мин.}$$

Принимаем по паспорту станка $n=270$ об/мин. Принятое значение скорости резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин;}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 270}{1000} = 27,1 \text{ м/мин.}$$

Режимы резания для остальных переходов рассчитываются аналогично. Результаты расчета приведены в таблице 7. При этом учитывается, что операции механической обработки в технологическом процессе будут записаны, начиная со второго перехода, так как в первом переходе устанавливается и закрепляется заготовка.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Для проверки оборудования по мощности необходимо рассчитать главную составляющую силы резания - силу P_z . Максимальная сила резания рассчитывается для перехода с наибольшим припуском (в данном случае это позиция IV операции 05 с припуском 3 мм), так как мощность в этом случае будет иметь максимальное значение.

Главная составляющая силы резания определяется по формуле [5]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

где, C_p - коэффициент, учитывающий условия обработки, $C_p = 300$;

x, n, y - показатели степени, соответственно равны $x = 1,0$; $n = -0,15$; $y = 0,75$;

t - глубина резания, $t = 3$ мм;

K_p - поправочный коэффициент.

Режимы резания приведены в таблице 7. Поправочный коэффициент рассчитывается по формуле

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{y p} \cdot K_{r p}$$

где, K_{mp} - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки, определяется по формуле;

$K_{\phi p}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла в плане, $K_{\phi p} = 0,89$;

$K_{y p}$ - коэффициент, учитывающий влияние переднего угла, $K_{y p} = 1,0$;

$K_{r p}$ - коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине резца, $K_{r p} = 0,87$.

$$K_{mp} = \left(\frac{y_B}{750} \right)^n$$

где, n - показатель степени, $n = 0,75$

$$K_{mp} = \left(\frac{80}{750} \right)^{0,75} = 0,22$$

Подставив значения, получим:

$$K_p = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,945$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 53,4^{-0,15} \cdot 0,945 = 7168 \text{ Н}$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Таблица 8 – Результаты расчета режимов резания

№ операции	Расчетные значения			Принятые значения		
	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
05 I позиция	0,43	325	56,0	0,4	315	53,4
05 II позиция	0,12	514	27,0	0,1	500	24
05 III позиция	0,17	315	12,8	0,2	300	12,5
05 IV позиция	0,19	315	32,0	0,2	315	37
05 V позиция	0,13	370	37,5	0,1	400	30
05 VI позиция	0,1	234	26,3	0,1	270	27,1
10 I позиция	0,22	42	33,0	0,2	40	32,6
10 II позиция	0,28	319	27	0,3	315	28
15, I позиция	0,39	290	27,6	0,38	270	27,1
15, II позиция	0,3	426	63,8	0,25	420	51,2
15, III позиция	1,814	39	38	1,814	40	40
20 I позиция	0,26	312	63,2	0,3	315	62,7
20 II позиция	1,5	38	46	1,5	40	45
25 I позиция	0,4	283	27,3	0,38	270	27,2
25 II позиция	0,29	410	64,2	0,25	420	63,7
030	59,0	1650	82,3	56	1600	80,4
035 I позиция	0,17	525	37,3	0,15	500	31,4
035 II позиция	0,37	870	67,2	0,15	300	11,5

Мощность резания находится по формуле

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

С учетом рассчитанных значений мощность резания для данного перехода равна

$$N = \frac{7168 \cdot 53,4}{1020 \cdot 60} = 6,25, \text{ кВт}$$

Для обеспечения нормальной работы станка мощность его привода должна удовлетворять условию

$$N_{\text{ст}} \geq \frac{N}{3}, \text{ кВт}$$

где, η – коэффициент полезного действия станка, $\eta = 0,7 \dots 0,8$.

Принимаем $\eta = 0,7$. Для операции 05 назначен станок модели NEF 600. Мощность его привода равна 22 кВт. Тогда $22 \geq 6,25$ - условие выполняется. Значит мощность станка достаточная для обеспечения его нормальной работы.

Первым этапом нормирования является определение основного (технологического) времени на операциях.

Основное время одного перехода определяется по формуле

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ мин}$$

где, L - величина пути движения инструмента, мм;
 i - число проходов.

Величина пути движения инструмента находится по формуле

$$L = L_1 + L_2 + L_3, \text{ мм},$$

где, L_1 - длина обрабатываемой поверхности детали, мм;

L_2 - длина врезания, мм;

L_3 - длина перебега, $L_3 = 2 \dots 3$ мм.

Длина врезания рассчитывается по формуле

$$L_2 = \frac{t}{\text{tg} \varphi}, \text{ мм},$$

где, φ – главный угол в плане, °.

Приведём пример расчёта основного времени для 6 позиции операции 05. Исходные данные для расчёта:

- длина обрабатываемой поверхности $L_1 = 10$ мм;

- режущий инструмент - резец проходной отогнутый с углом $\varphi = 45^\circ$;

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

- число проходов $i = 1$;
 - глубина резания $t = 1,0$ мм;
 режимы, рассчитанные в подразделе 1.4: $n = 270$ об/мин, $S = 0,1$ мм/об. Тогда с учётом принятых данных

$$L_2 = \frac{1,0}{\text{tg}45} = 1,0 \text{ мм},$$

$$L = 10 + 1,0 + 2 = 13 \text{ мм}$$

Принимаем $L = 13$ мм. Тогда основное время перехода

$$t_o = \frac{13 \cdot 1}{270 \cdot 0,1} = 1,53 \text{ мин.}$$

Основное время для остальных переходов рассчитывается аналогично. Результаты расчётов представлены в таблице 8. При этом технологическое время на операцию рассчитывается по формуле:

$$T_o = \sum_{i=1}^m t_o, \text{ мин.},$$

где, m – количество переходов на операции.

Таблица 9 – Результаты расчета основного технологического времени

№ операции	L, мм	i	n, об/мин	S, мм/об	t _o , мин	T _o , мин
05 I позиция	19	1	315	0,4	0,15	4,43
05 II позиция	76,5	1	500	0,1	1,53	
05 III позиция	76,5	1	300	0,2	1,28	
05 IV позиция	22,5	2	315	0,2	0,7	
05 V позиция	11,5	1	400	0,1	0,29	
05 VI позиция	13	1	270	0,1	0,48	
10 I позиция	32	1	400	0,2	0,4	3,2
10 II позиция	66	4	315	0,3	2,8	
15, I позиция	24	1	270	0,38	0,2	1,54

15, II позиция	30	1	420	0,25	0,3	
15, III позиция	12	1	40	1,814	1,04	
20, I позиция	75,5	4	315	0,3	0,8	1,05
20, II позиция	15	1	40	1,5	0,25	
25, I позиция	28,5	4	270	0,38	0,28	0,81
25, II позиция	28	2	420	0,25	0,53	
030	16	1	1600	56,0	0,1	0,1
035 I позиция	17	1	500	0,15	0,23	0,29
035 II позиция	17	1	850	0,35	0,06	

Вспомогательное время, связанное с переходом, определяется табличным методом по рекомендациям. Результаты расчёта вспомогательного времени отражены в таблице 10.

На вспомогательное время вводится поправочный коэффициент, в зависимости от суммарной продолжительности обработки партии деталей по трудоёмкости. При трудоёмкости обработки партии деталей за пять смен этот коэффициент равен $K_{\text{ТВ}} = 0,76$. Значения вспомогательного времени с учётом поправочного коэффициента приведены в таблице 11, значения штучного времени приведены в таблице 12.

Таблица 10 – Расчет вспомогательного времени

№ операции	Вспомогательное время, мин							На переход, $t_{\text{в}}$	На операцию, $T_{\text{в}}$
	Установка и снятие детали	Связанное с переходом	Смена инструмента	Изменение		Контрольные измерения	Всего		
				подачи	частоты вращения				
05 I позиция	0,17	0,13	0,06	0,4	0,05	0,16	0,97	3,22	
05 II позиция	-	0,21	0,06	-	0,05	0,26	0,58		
05 III позиция	-	0,21	0,06	-	-	0,26	0,53		
05 IV позиция	-	0,35	0,07	-	-	0,16	0,58		
05	-	0,08	0,07	-	-	0,06	0,21		

V позиция								
05 VI позиция	-	0,08	0,07	0,04	-	0,16	0,35	0,91
10 I позиция	0,11	0,08	0,07	0,04	0,05	0,16	0,51	
10 II позиция	-	0,06	0,04	0,07	0,07	0,16	0,4	
15, I позиция	0,17	0,06	0,06	0,04	0,05	0,10	0,48	1,15
15, II позиция	-	0,08	0,06	0,04	0,05	0,10	0,33	
15, III позиция	-	0,08	0,07	0,04	0,05	0,10	0,34	
20, I позиция	0,17	0,13	0,06	0,4	0,05	0,16	0,97	1,43
20, II позиция	-	0,06	0,07	-	0,07	0,26	0,46	
25, I позиция	0,11	0,08	0,06	0,04	0,05	0,10	0,44	0,76
25, II позиция	-	0,07	0,04	0,04	0,07	0,10	0,32	
030	0,11	0,06	0,06	0,04	0,05	0,10	0,42	0,42
035 I позиция	-	0,21	0,07	0,06	0,04	0,26	0,64	1,15
035 II позиция	0,11	0,06	0,04	0,07	0,07	0,16	0,51	

Таблица 11 – Расчет вспомогательного времени с учетом поправочного коэффициента

№ операции	$K_{ТВ}$	$T_{в}$, МИН	$K_{ТВ} \cdot T_{в}$, МИН
05	0,76	3,22	2,45
10		0,91	0,69
15		1,15	0,87
20		0,42	0,32
25		1,15	0,87
30		1,43	1,09
35		0,76	0,58

Таблица 12 – Определение нормы штучного времени

№ операции	T _о , мин	K _{ТВ} · T _в , мин	T _{ОБС} , %	T _{ОТД} , %	$1 + \frac{T_{ОБС} + T_{ОТД}}{100}$	T _{шт} , мин
05	4,43	2,45	4	4	1,08	7,43
10	3,2	0,69				4,2
15	1,54	0,87				2,6
20	1,05	0,32				1,48
25	0,81	0,87				1,81
30	0,1	1,09				1,28
35	0,29	0,58				0,94

Подготовительно-заключительное время определяется табличным методом и зависит от способа установки детали, количества режущих инструментов, участвующих в операции, наибольшего диаметра изделия, устанавливаемого над станиной. Определение подготовительно-заключительного времени T_{пз} приведено в таблице 13.

Таблица 13 – Определение подготовительно-заключительного времени

№ операции	Способ установки детали	Наибольший диаметр устанавливаемого над станиной изделия, мм	Количество режущих инструментов, шт.	T _{пз} , мин
05	В приспособлении	500	6	25
10			2	17
15			3	17
20			2	17
25			2	17
30			1	17
35			2	17

Норма штучно-калькуляционного времени на операцию определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \left(\frac{T_{пз}}{n_d} \right), \text{ мин,}$$

где, n_d – минимальное число деталей в партии, определяется по формуле

$$n_d = \frac{T_{пзв}}{T_{шт} \cdot \alpha}, \text{ шт,}$$

где, $T_{пзв}$ – подготовительно-заключительное время на ведущей 05 операции, $T_{пзв}=25$ мин;

α – коэффициент допустимых потерь на переналадку, $\alpha = 0,08$.

Подставив значения, получим

$$n_d = \frac{25}{7,43 \cdot 0,08} = 42,37 \text{ шт.}$$

Принимаем $n_d = 50$ шт, что близко к расчетному значению и кратно годовому выпуску. Подставив значения в формулу, находим штучно-калькуляционное время для операции 05.

$$T_{шт-к} = 7,43 + \left(\frac{25}{42,37} \right) = 8,02 \text{ мин.}$$

Остальные рассчитанные значения сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Норма штучно-калькуляционного времени

№ операции	$T_{шт-к}$, мин
10	4,54
15	2,8
20	1,6
25	1,96
30	1,38
35	1,69

Вывод по части два

В технологической части квалификационной работы разработан новый тех-нологический процесс; выполнен размерный анализ, который позволяет определить припуски на обработку и размеры заготовки; рассчитаны режимы резания и нормы времени на операции.

3 Конструкторская часть

3.1 Проектирование зажимного приспособления для обработки лысок

3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Разработанная схема базирования, в соответствии с рисунком 15, позволяет лишить деталь 5 степеней свободы в процессе обработки. Для фрезерования лысок проектируем фрезерное пневматическое приспособление.

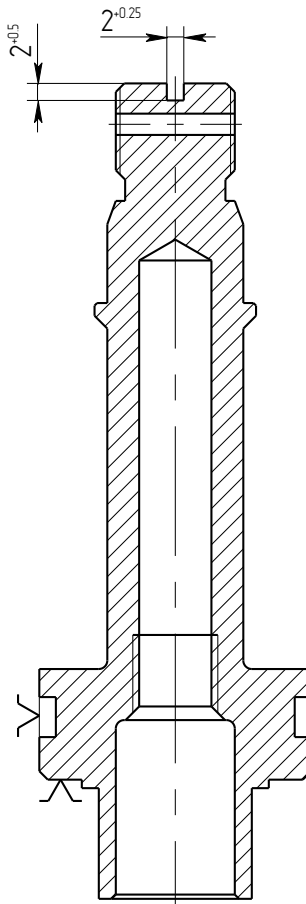


Рисунок 15 – Теоретическая схема базирования

3.1.2 Проектирование схемы зажимного приспособления

Рассмотрим схему фрезерного приспособления, в соответствии с рисунком 16.

Сжатый воздух из стандартной пневмосети под давлением 0.4 Мпа через штуцер попадает в нижнюю полость пневмокамеры. Под действием сжатого воздуха поршень 11, преодолевая усилие пружин, перемещается вверх вместе с цангой 15, в свою очередь стакан 14 сжимает лепестки цанги 15, осуществляя зажим

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

детали. При прекращении подачи воздуха пружины возвращают поршень 11, и цангу 15 в исходное положение, осуществляя разжим детали.

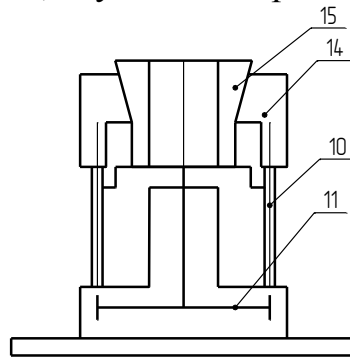


Рисунок 16 – Схема приспособления

3.1.3 Расчёт зажимного приспособления

Формула для расчета усилия цангового зажима будет выглядеть следующим образом [12]:

$$Q=(P_1 + P_2 + P_3)tg(a+\varphi),$$

где $\alpha=30^\circ$ - угол наклона конуса цанги,

$\varphi=7^\circ$ - угол трения м/у конической частью цанги и сжимающей частью цанги.

$$P_1 = 1.375 \frac{ED^3 S \Delta Z}{l_1^3} \left(0.0174 \frac{\alpha}{2} + \ln \alpha \cos \alpha - 29.88 \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha} \right)$$

P_1 - сила, сжимающая лепестки цанги до их соприкосновения с поверхностью заготовки

$$P_2 = \frac{1}{\Delta} \sqrt{\frac{M^2}{r^2} + r^2 K}$$

P_2 - сила, противостоящая вращению вдоль оси детали.

$$P_3 = \frac{D l_2}{l_3}$$

P_3 - сила, противостоящая вращению детали относительно опорного торца.

$K=1,5$ - коэффициент запаса прочности.

$F=0,3$ – коэффициент трения между цангой и обрабатываемой деталью.

$r=9,1$ – радиус базовой зажатой части (мм).

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$P_z=19,28$ – сила резания при обработке (Н).

$\Delta = 0,5$ – диаметральный зазор м/у цангой и базовой поверхностью детали.

$S=2$ – толщина изгибающегося лепестка цанги в тонком сечении (мм).

$D=33$ – наружный диаметр изгибающихся лепестков цанги (мм).

$L_1=30$ – длина лепестков цанги от места ее задела до середины конуса цанги (мм).

$\alpha_1=120^\circ$ – угол лепестка цанги.

$Z=3$ – количество лепестков цанги.

$E=2,1 \cdot 10^4$ – модуль упругости цанги (кгс/см²)

$q = 0,25 P_z = 0,25 \cdot 19,28 = 4,82$ – составляющая часть усилия сдвигающая заготовку вдоль оси,

M – момент, передаваемый цангой (Н·м)

На практике в связи с допусками на изготовление инструмента возникает момент равный 0,2 силе резания

$$M = 0,2 P_z = 0,2 \cdot 19,28 = 3,86 \text{ Н·м}$$

$$P_1 = 1,375 \frac{2,1 \cdot 10^4 \cdot 33^3 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 3}{30^3} \left(0,0174 \frac{120}{2} + \ln 120 \cos 120 - 1,29,88 \frac{\sin^2 120}{120} \right)$$

$$P_1 = 3439 \text{ Н}$$

$$P_2 = \frac{1}{0,5} \sqrt{\frac{3,86^2}{9,1^2} + 4,82^2 \cdot 1,5} = 243,126 \text{ Н}$$

$$P_3 = \frac{19,28 \cdot 2}{10} = 3,86 \text{ Н}$$

$$Q = (3439 + 243,126 + 3,86) \cdot \text{tg}(30+7) = 3096 \text{ Н}$$

Определим необходимый диаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p \cdot \pi \cdot \eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3096}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,8}} = 11 \text{ мм}$$

p – давление воздуха в магистрали

Принимаем $D_p = 125$ мм

Тогда фактическое усилие зажима равно:

$$Q = \frac{D^2 \cdot p \cdot \pi \cdot \eta}{4},$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$Q = \frac{125^2 \cdot 0.4 \cdot 3.14 \cdot 0.8}{4} = 925H$$

3.1.4 Компоновка приспособления

Рассмотрим элементы приспособления, в соответствии с рисунком 17.

Основным элементом приспособления является основание 9, на которое устанавливаются остальные детали приспособления. Поршень 11 необходим для обеспечения зажима и разжима детали, цанга 15 является базирующим и зажимным элементом приспособления, установочные пальцы 20 базируют приспособление на столе станка, остальные элементы являются крепежными либо необходимы для обеспечения правильной работы приспособления.

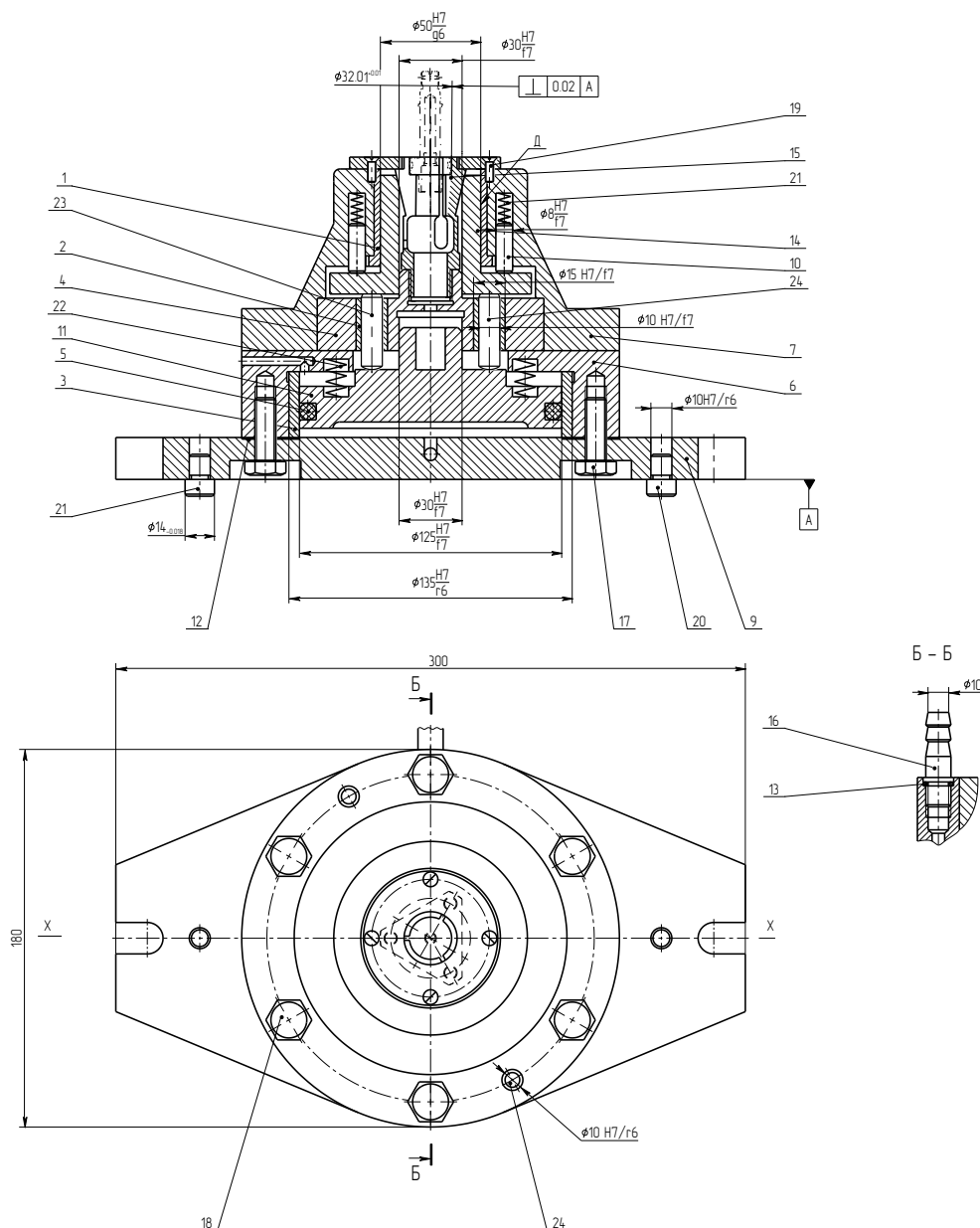


Рисунок 17 – Компоновка приспособления

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2021.164.000.ПЗ					

3.2 Проектирование контрольного приспособления для контроля резьбы М10-6Н

В качестве контрольного приспособления разработан прибор, позволяющий осуществить одновременный контроль параметров резьбы.

3.2.1 Выбор схемы контроля

При проведении замера, деталь устанавливается в резьбовую пробку. Индикатор рычажного типа настраиваются на ноль. Так как одна часть пробки подвижная в процессе контроля она разжимается по резьбе детали, погрешность изготовления детали фиксируется на индикаторных часах.

3.2.2 Компоновка контрольного приспособления

Прибор, показанный в соответствии с рисунком 18, состоит из основания 3, на которое установлен механизм контроля. В стойку 4 закреплен индикатор 52. В корпус 1 установлен калибр резьбовой, который настраивается по резьбовому кольцу на ноль. Индикатор крепится сжатием разрезной втулки винтом 9. Принцип работы следующий: деталь устанавливается в пробку резьбовую и по погрешности изготовления детали фиксируется на индикаторных часах.

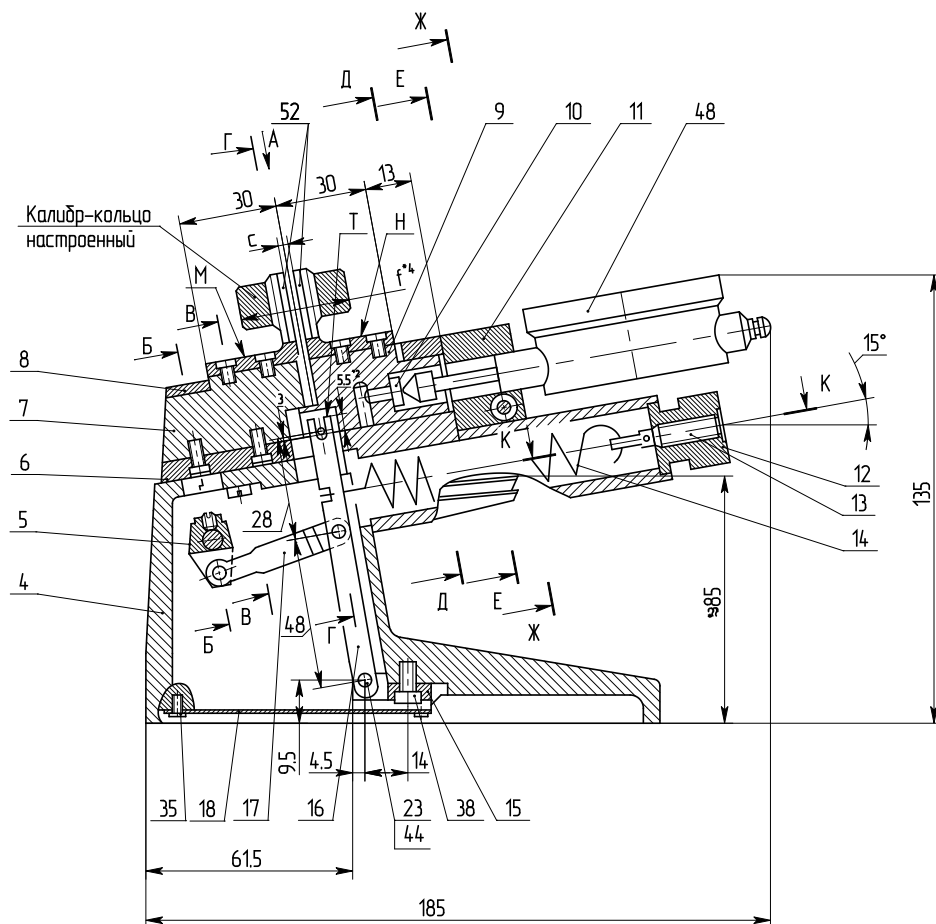


Рисунок 18 – Прибор для контроля резьбы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.164.000.ПЗ

Лист

53

3.2.3 Расчет на точность

Погрешность измерения должна быть равна 25...30 % от значения контролируемого параметра.

Расчет погрешности измерения произведем по формуле

$$\omega_{изм} = \omega_y + \omega_c + \omega_d,$$

где ω_y – погрешность установки детали в контрольном приспособлении, $\omega_y=0.005$ мм;

ω_c – погрешность статической настройки, $\omega_c=0.01$ мм;

ω_d – погрешность динамической настройки, $\omega_d=0$.

$$\omega_{изм}=0.005+0.01+0=0.015 \text{ мм.}$$

Это составляет 30% от значения контролируемого требования, а значит точность измерения – обеспечивается.

3.3 Расчет и проектирование резьбонарезной головки

Диаметр заготовки под накатку

$d_{заг}=13,07$ мм

Средний диаметр накатываемой резьбы

$d_{2min}=13,028$ мм

$d_{2max}=13,16$ мм

Внутренний диаметр накатываемой резьбы

$d_1=12,483$ мм

Наружный диаметр накатываемой резьбы

$d_{max}=13,972$ мм

Расчет резьбового профиля роликов показан в соответствии с рисунком 19.

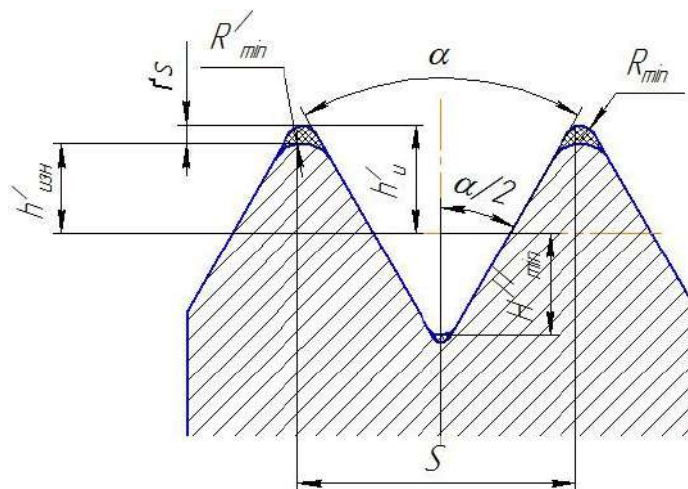


Рисунок 19 – Резьбовой профиль роликов

Высота головки профиля резьбы.

Максимальная высота головки профиля резьбы роликов определяется по формуле

$$h^u = 0,325S - da$$

где, da – допуск на высоту головки, $da = 0,0236$

S – шаг резьбы, $S = 1,5$

$$h^u = 0,325 \cdot 1,5 - 0,236 = 0,25 \text{ мм}$$

Допустимая высота изношенного профиля резьбы определяется по формуле

$$h'_{\text{изн}} = 0,271S$$

$$h'_{\text{изн}} = 0,271 \cdot 1,5 = 0,4065 \text{ мм}$$

принимаем $h'_{\text{изн}} = 0,406 \text{ мм}$

Высота ножки профиля резьбы роликов в общем случае определяется по формуле

$$H''_{\text{min}} = 0,325S$$

$$H''_{\text{min}} = 0,325 \cdot 1,5 = 0,4875 \text{ мм}$$

принимаем $H''_{\text{min}} = 0,487 \text{ мм}$

Минимальный радиус закругления вершины головки профиля резьбы роликов определяется по

$$R_{\text{min}} = 0,108S$$

$$R_{\text{min}} = 0,108 \cdot 1,5 = 0,162$$

Число заходов резьбы роликов.

Для данной модели станка число заходов резьбы роликов определяется по формуле

$$(D_{\text{max}}/d_2) > k > (D_{\text{min}}/d_2)$$

где D_{max} – наибольший диаметр накатных роликов, определяемый паспортными данными;

D_{min} – наименьший диаметр накатных роликов.

$$(180/13,028) > k > (160/13,028)$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$13.8 > k > 12.3$$

принимаем $k = 13$

Величина фаски на роликах определяется по формуле

$$C = (1,2/S) h \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

где β - угол наклона фаски, $\beta = 20^\circ$

$$C = (1,2/1,5) h \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

$$h = H'_{\min} + h'_{\text{изн}}$$

$$h = 0,487 + 0,406 = 0.893$$

$$C = (1,2/1,5) \cdot 0,893 \cdot 2,747 = 1,96 \text{ мм}$$

принимаем $C = 2 \text{ мм}$

Ширина роликов определяется по формуле

$$B = L_{\text{изд.}} + 2C$$

где, $L_{\text{изд.}}$ – длина накатываемой резьбы, $L_{\text{изд.}} = 15 \text{ мм}$

$$B = 15 + 2 \cdot 2 = 19 \text{ мм}$$

Расчет диаметров роликов.

Наружный диаметр роликов рассчитывается по формуле

$$D_{\text{нар}} = (k+1) \cdot d_2 - d_1$$

$$D_{\text{нар}} = (13+1) \cdot 13,028 - 12,483 = 169,9 \text{ мм}$$

Средний диаметр резьбы роликов определяется по формуле

$$D_2 = D_{\text{нар}} - 2 \cdot h^u$$

$$D_2 = 169.9 - 2 \cdot 0.25 = 169.4 \text{ мм}$$

Расчет заборной части.

Величина затылования K_p определяется по формуле

$$K_p = (0,1+0,15)S + 2(h^u + (d_{\text{заг}} - d_{2 \text{ min}})/2)$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$$K_p = (0,1+0,15) \cdot 0,15 + 2(0,25 + (13,07 - 13,028)/2) = 0.579$$

принимаем $K_p = 0,6$

Угол заборной части φ_3 определяется по формуле

$$\varphi_3 = (2\pi \cdot K_p \cdot d_2) / (S \cdot D_{нар})$$

$$\varphi_3 = (2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 13,028) / (1/5 \cdot 169,9) = 2,42 \text{ рад}$$

$$\varphi_3 = 140^\circ$$

Радиус начала заборной части определяется по формуле и показан в соответствии с рисунком 20

$$R_H = (D_{нар} / 2) - K_p$$

$$R_H = (169,9/2) - 0,6 = 84,35$$

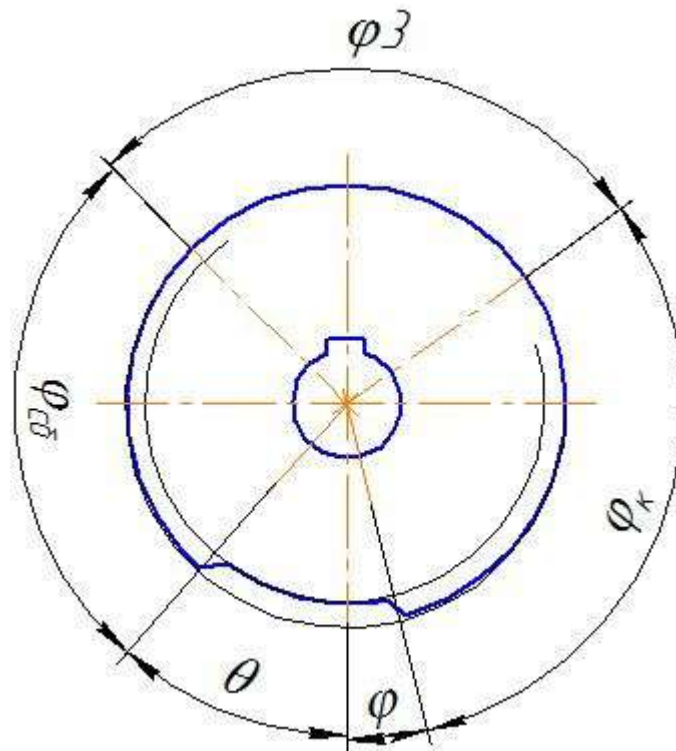


Рисунок 20 – Заборная часть роликов

Расчет калибрующей части.

Число оборотов необходимое на калибрование резьбы определяется по формуле

$$0,25 (K_T/S) \leq n_k \leq 1$$

где, K_T – теоретическая величина затылования

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$K_T = 2(h^u + (d_{\text{заг}} - d_{2 \text{ min}})/2)$$

$$K_T = 2(0,25 + (13,07 - 13,028)/2) = 0,584$$

$$0,25 (0,584/0,15) \leq n_k \leq 1$$

$$0,97 \leq n_k \leq 1$$

принимаем $n_k = 1$.

Угол калибрующей части φ_k определяется по формуле

$$\varphi_k = (2\pi \cdot n_k \cdot d_2) / D_2$$

$$\varphi_k = (2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 13,028) / 169,4 = 0,48 \text{ рад}$$

$$\varphi_k = 27,5^0$$

Расчет сбрасывающей части.

Величина угла сбрасывающей части $\varphi_{\text{сб}}$ определяется по формуле

$$\varphi_{\text{сб}} = (2\pi \cdot n_{\text{сб}} \cdot d_2) / D_2$$

где, $n_{\text{сб}} = 0,8$

$$\varphi_{\text{сб}} = (2 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 13,028) / 169,4 = 0,386 \text{ рад}$$

$$\varphi_k = 22,12^0$$

Величина затылования

$$K_{\text{сб}} = 0,65S$$

$$K_{\text{сб}} = 0,65 \cdot 1,5 = 0,975$$

Радиус конца сбрасывающей части определяется по формуле

$$R_k = D_{\text{нар}}/2 - K_{\text{сб}}$$

$$R_k = 169,9/2 - 0,975 = 83,975$$

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

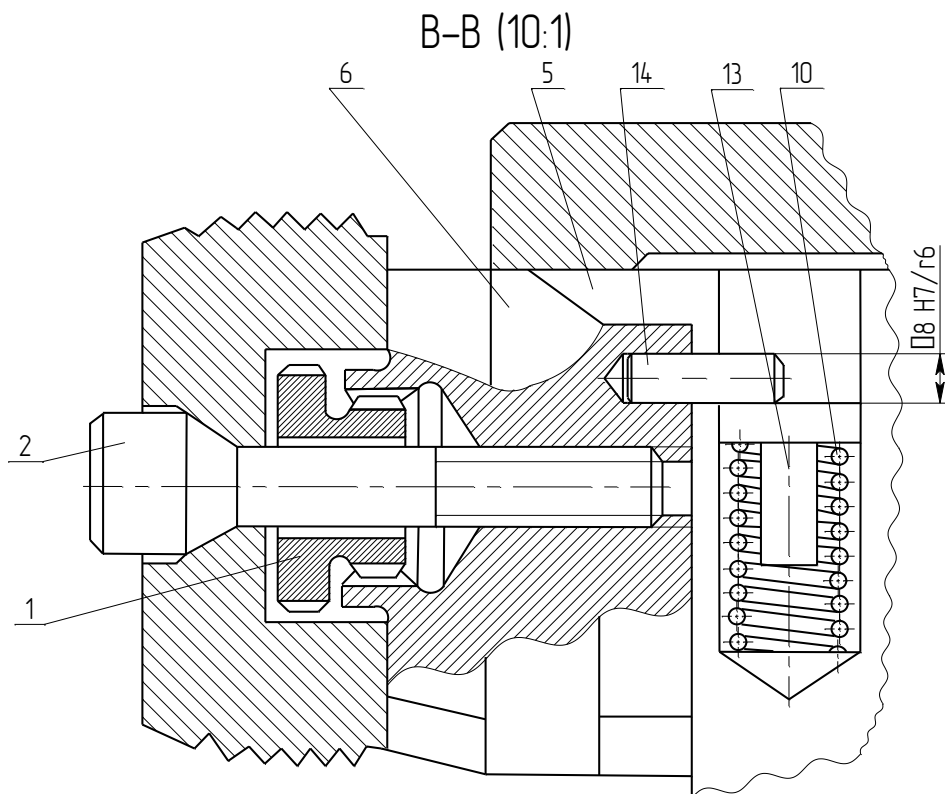
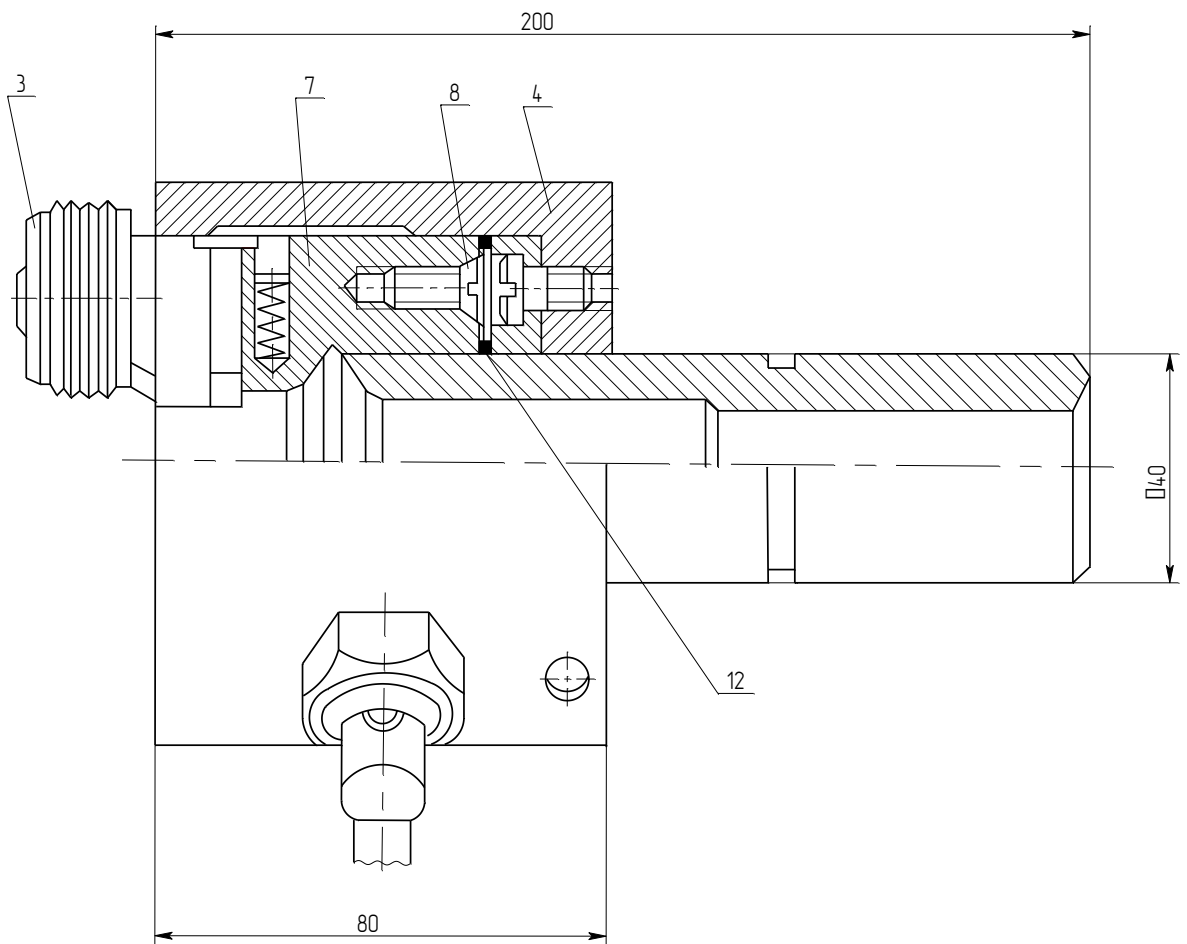


Рисунок 21 – Резьбонарезная головка

Описываем принцип работы резьбонарезной головки, показанной в соответствии с рисунком 21. Резьбонарезная головка с круглыми гребенками не вра-

шающегося типа имеет три круглые гребенки 3 с кольцевой резьбой, закрепленные винтами 2 на кулачках 6.

Плашки сведены и головка движется вместе с суппортом, нарезая резьбу. При остановке корпуса 4 упором остановится корпус 5. Плашкодержатель 7 под действием сил самозатягивания перемещается вперед на величину a , сжимая пружины 9 кольцом 12, закрепленным винтами 8.

Корпус 4 остановится, упираясь в выступ А на корпусе, а плашкодержатель продолжит перемещаться. Только плашкодержатель выйдет из корпуса 4, кулачки 6 вместе с гребенками 3 под действием пружин 10, нажимающих на штифты 13 и шпильки 14, разойдутся. Головка раскрыта, и в раскрытом состоянии она перемещается на обратном ходу. С помощью упора плашкодержатель вдвигают в корпус 4 рукояткой, на которую нажимает пружина 11. Корпус пружины скользит по скосам кулачков В, сводит гребенки в рабочее положение.

Головка регулируется на диаметр нарезаемой резьбы. Для этого необходимо с помощью регулировочных винтов поворачивать плашкодержатель 7 относительно корпуса 5 по направлению стрелки С. За счет лыски на внутренней поверхности корпуса 4 и затылованной поверхности на кулачке гребенка вместе с кулачком удаляется или приближается к центру головки.

Выводы по части три

В конструкторском разделе спроектировано специальное станочное приспособление, выполнена теоретическая схема базирования и его компоновка, спроектирован прибор для контроля параметров резьбы, резьбонарезная головка.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

4 Планировка участка

4.1 Разработка планировки и описание работы участка механической обработки

Определение количества оборудования и работающих.

Исходные данные для проектирования участка механической обработки детали «Стержень» сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Исходные данные

№ оп.	Наименование операции	Модель станка	Кол-во станков	К-т загрузки
005,010,015,020,025	Токарная с ПУ	NEF 600	4	0,89
030	Фрезерная	6P12	1	0,86
035	Сверлильная	2Н135Ф2	1	0,56
040	Слесарная	Мотоустановка	2	0,71

Для современного механосборочного производства характерен высокий уровень автоматизации производственных процессов, поэтому технологическое оборудование должно обеспечивать не только автоматизацию обработки или сборки, но и стыковаться с оборудованием и техническими средствами, объединяющие отдельные виды технологического оборудования в единый автоматизированный производственный процесс.

Характер и состав технологического оборудования во многом определяются типом производства.

При выборе состава технологического оборудования современных цехов механосборочного производства, необходимо учитывать следующие основные тенденции: интенсификацию технологических процессов; повышение качества обработки деталей и сборки машин; комплексную автоматизацию производственных процессов; повышение производительности труда и рентабельности производства.

Состав технологического оборудования:

1) Операция токарная с ПУ: токарный NEF600

Технические характеристики:

Габаритные размеры:

Длина · ширина · высота

2130x1630x1800

Вес, кг.: 3800

2) Операция 30 фрезерная: фрезерный «6P12»

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Технические характеристики:

Длина · ширина · высота

1800x950x1250

Вес, кг.: 900

3) Операция 40 слесарная: мотоустановка

Технические характеристики:

Габаритные размеры:

Длина · ширина · высота

1200x600x830

Вес, кг.: 52

4) Операция 35 сверлильная 2Н135Ф2

Технические характеристики:

Габаритные размеры:

Длина · ширина · высота

600x550x830

Вес, кг.: 42

Расчет основного технологического оборудования

Поточные методы работы в основном характерны для условий массового и крупносерийного производства. Число станков определяется для каждой операции по формуле :

$$C'_p = \frac{t_{шт}}{\tau},$$

где $t_{шт}$ - штучное время выполнения операции.

$$t_{шт} = t_M + \alpha_{всп} \left(t + \frac{\beta}{100} \right)$$

где α : 5...10% - процент потерь на обслуживании рабочего места и регламентированные перерывы в работе в зависимости от сложности наладки станков.

$$\phi = \frac{\Phi_0}{N} - \text{такт выпуска деталей, мин,}$$

$$\Phi_0 = 3800,$$

$$\phi = \frac{3800 \cdot 50}{10000} = 19,0$$

$$t_{шт005,010,015,020,025} = 6,15 \text{ мин, } t_{шт30} = 2,6 \text{ мин, } t_{шт35} = 2,5 \text{ мин, } t_{шт40} = 1,54 \text{ мин,}$$

$$C'_p 050,010 = 1,56 = 1, \quad C'_p 30 = 1,86 = 2, \quad C'_p 35 = 1,56 = 2, \quad C'_p 40 = 1,42 = 2$$

После этого определяем коэффициент загрузки станков на данной операции, который равен:

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$K_3 = \frac{C/p}{C/p}$$

$$K_{310}=0,89; K_{330}=0,86; K_{335}=0,56; K_{340}=0,71;$$

$$K_{3cp}=0,76$$

Результаты расчетов в соответствии с типом производства при двухсменной работе составляет: $K_{3cp} \geq 0,7$ в массовом и крупносерийном производстве.

Определение состава и количества работающих

При детальном расчете число производственных рабочих – станочников уточняют с учетом размещения оборудования и анализа условий многостаночного обслуживания. Основное условие использования многостаночного обслуживания заключается в том, чтобы за время автоматической работы одного станка рабочий мог выполнить работу по обслуживанию других станков, то есть:

$$t_M \geq \sum_{i=1}^{m-1} t_{pi}$$

$$m \leq \frac{m}{tp} +$$

1) Операция 005,010,020,025 $m = 3,56$,

т.е. один рабочий может обслуживать 4 станка (всего 4 станка);

2) Операция 30: $m = 0,860$,

т.е. один рабочий может обслуживать 1 станок (всего 1 станок);

3) Операция 35: $m = 0,56$,

т.е. один рабочий может обслуживать 1 станок (всего 1 станок);

4) Операция 40: $m = 0,1$,

т.е. один рабочий может обслуживать 1 станок (всего 1 станок);

5) Операция 50: $m = 1,42$,

т.е. один рабочий может обслуживать 1 станок (всего 2 станка);

На первой операции принимаем:

1 станочник обслуживает 4 станка. (многостаночное обслуживание)

На второй операции принимаем:

1 станочник обслуживает 1 станок.

На третьей операции принимаем:

1 станочник обслуживает 1 станок.

На четвертой операции принимаем:

1 станочник обслуживает 1 станок.

Общая численность производственных рабочих равна $R_{ст} = 4$.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Численность вспомогательных рабочих при укрупненном проектировании принимают общим числом в зависимости от числа производственных рабочих. Вспомогательные рабочие 20% от числа производственных рабочих:

$$R_{всп} = R_{ст} \cdot 0,2, \\ 4 \cdot 0,2 = 0,8$$

Численность ИТР при укрупненном проектировании принимают общим числом в зависимости от числа основных станков цеха (15-20%):

$$R_{итр} = (C_{п1} + C_{п2} + C_{п3} + C_{п4}) \cdot 0,15, \\ 1 \cdot 0,15 = 0,15$$

Численность служащих при укрупненном проектировании принимают общим числом в зависимости от числа производственных рабочих.

Служащие 0,5-1,4% от числа производственных рабочих:

$$R_{сл} = R_{ст} \cdot 0,01, \\ 4 \cdot 0,01 = 0,04$$

Для перемещения заготовок и деталей между операциями выбираем подвесной конвейер. С помощью него можно обслуживать станки с разной высотой загрузки[16].

При выборе типа мостового крана для участка механического цеха необходимо учесть следующее:

- 1) мостовые краны следует устанавливать внутри здания тогда, когда невозможно использовать менее дорогостоящих и не требующих увеличения размеров и стоимости здания грузоподъемных средств;
- 2) при ограниченной работе средней интенсивности при массе грузов 5...10 т и пролетах крана до 35 м;
- 3) применение однобалочных кранов при ограниченной работе средней интенсивности и грузоподъемности 5...10 т допускается только в тех случаях, когда установка подвесных кранов невозможна;
- 4) применение двухбалочных электрических кранов на всех режимах работы грузоподъемности 5...10 т допускается только при выполнении установочных операций на пониженных скоростях и отсутствии однобалочных кранов с соответствующими характеристиками;
- 5) дистанционное управление с помощью подвесного кнопочного пульта следует применять при скоростях передвижения кранов до 0,83 м/сек, возможности беспрепятственного и безопасного перемещения оператора и крана, отсутствии повышенных требований к точности установки груза.

Расчет потребного количества мостовых кранов проводится на основе веса перемещаемых грузов и количества крановых операций.

Потребное количество мостовых кранов определяется по формуле:

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \left(\frac{l_{cp}}{V_{cp}} + z + p \right) \cdot \frac{1}{\Phi_H \cdot K_1}$$

где D – количество перевезенных грузов на годовую программу

$$D = \sqrt{\frac{G1}{Gk}} = 0000 \frac{0,042}{1} = 120 \text{ шт.},$$

Φ – количество рабочих дней в году, $\Phi = 240$;

m – количество рабочих смен в сутки, $m = 2$;

i – количество крановых операций на один перевезенный груз, $i=1$;

l_{cp} – средняя длина пути на одну крановую операцию, $l_{cp} = 6$;

V_{cp} – средняя скорость движения крана, $V_{cp} = 0,8$;

t_z, t_p – время на одну загрузку и одну разгрузку, $t_z = 2, t_p = 2$;

Φ_H – номинальный фонд времени работы крана, $\Phi_H = 480$;

K_1 – коэффициент, учитывающий простои крана, $K_1 = 0,85$.

$$K = \frac{120 \cdot 2}{240 \cdot 2} \left(\frac{6}{0,8} + 2 + 2 \right) \cdot \frac{1}{480 \cdot 0,85} = 1,22,$$

Полученное количество кранов K округляется до целого числа $K_{ц}$ в большую сторону. Принимаем $K=1$.

Коэффициент загрузки крана $K_{1кр}$ по времени:

$$K_{1кк} = \frac{K}{K_H} = \frac{1,22}{1} = 1,22,$$

Для перемещения заготовок и деталей между операциями выбираем электротележку.

Определим потребное количество электротележек по формуле

$$T = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot \Phi_H \cdot m \cdot K_1} \left(\frac{l_{cp}}{V_{cp}} + z + p \right)$$

где Q – годовой грузопоток деталей (заготовок);

q – заполнение электротележек за один рейс;

i – количество транспортных операций с грузом на один рейс;

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$\Phi_H=2070$ часов – номинальный годовой фонд времени работы электротележки в одну смену;

$K_1=0,85$ – коэффициент, учитывающий простои электротележки;

l_{cp} – пробег электротележки за один рейс туда и обратно, м.;

v_{cp} – средняя скорость электротележки, м/мин;

m – количество рабочих смен в сутки;

t_3, t_p – время одной загрузки и одной разгрузки тележки, мин.

$$T = \frac{10000 \cdot 14}{50 \cdot 50 \cdot 2070 \cdot 2 \cdot 0,85} \cdot \left(\frac{60}{0,5} + 0 + 0 \right) = 1,36,$$

Принимаем $T=1$

Для данного участка механического цеха принимаем одну электротележку ЭТМ.

Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

Величину площади складов определяют исходя из необходимости хранения определенного количества запаса металла, заготовок, полуфабрикатов или деталей с учетом допустимой грузонапряженности пола складского помещения:

$$S_0 = \frac{Q_0 \cdot a_{cp}}{\Phi \cdot g_{cp} \cdot K_{и}},$$

где Q_0 – общий черновой вес материалов или заготовок, подлежащих механической обработке в течение года, $Q_{03} = 18$ т, $Q_{03} = 7,5$ т;

a_{cp} – среднее количество дней, на которое принимается запас материала (запас материалов и заготовок должен быть невелик и содержать минимум, необходимый для бесперебойной работы станков), $a_{cp} = 6$;

Φ – количество рабочих дней в году, $\Phi = 240$;

g_{cp} – среднедопустимая нагрузка на площадь цеха, $g_{cp} = 2$ т/м²;

$K_{и}$ – коэффициент использования площади склада – отношение полезной площади склада к его общей площади, включая проходы, проезды, $K_{и} = 0,35$.

Определим площадь склада под заготовки

$$S_{сз} = \frac{18 \cdot 6}{240 \cdot 2 \cdot 0,35} = 1,42 \text{ м}^2,$$

Определим площадь склада под детали

$$S_{сд} = \frac{7,5 \cdot 2}{240 \cdot 2 \cdot 0,35} = \text{м}^2.$$

Выбор способа транспортирования стружки

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

В результате механической обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки, которое можно определить как разность масс заготовки и детали из расчета годового объема выпуска.

При укрупненных расчетах массу стружки можно принимать равной 10...15% массы готовых деталей.

Для облегчения транспортирования длина стружки должна быть не более 200 мм, а диаметр спирального витка - не более 25...30 мм.

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки, образованного на 1м² цеха. Существует три системы уборки стружки от станков: М – механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации; К – комбинированная, когда предусматривают линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера; А – автоматизированная с применением средств непрерывного транспорта.

Площадь участка определяется по формуле:

$$F = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3,$$

где n_1, n_2, n_3 – количество станков соответственно мелких, средних и крупных, шт., $n_1 = 5, n_2 = 8; n_3 = 0$.

q_1, q_2, q_3 – удельная площадь, приходящая соответственно на один мелкий, средний и крупный станок, м², $q_1 = 12, q_2 = 25, q_3 = 45$

$$F = 5 \cdot 12 + 3 \cdot 25 + 0 \cdot 45 = 135 \text{ м}^2$$

Количество стружки на 1м² цеха

$$Q = \frac{0,15 \cdot 1 \cdot 280}{135} = 0,31$$

Так как $Q = 0,31$, принимаем механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации. В данном случае целесообразно собирать стружку в специальные ёмкости и доставлять к месту сбора или переработки напольным транспортом.

Оборудование на участке располагается по ходу технологического процесса с учетом требуемых расстояний между станками и элементами конструкций здания, транспортных устройств. Операции скомпонованы таким образом, чтобы был выполнен основной принцип – наикратчайший путь движения детали от склада заготовок до склада готовой продукции, при отсутствии встречных и пересекающихся круговых потоков [16].

Для обеспечения безопасности и удобства, а так же нормального обслуживания оборудования рекомендуется выдерживать определенные расстояния между габаритами станков и транспортными устройствами.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Станки программные расположены на расстоянии между боковыми стойками станков 0,9 м. Расстояние между станками составляет 1,7 м, так как станки стоят тыловыми сторонами.

За группой станков с ЧПУ идет мотоустановка расстояние между тыльными сторонами МУ-1 и БР12 составляет 0,8 м. Фрезерные станки расположены напротив мотоустановки на расстоянии 2,5 м., стол контролера КС и стол мастера СМ.

Производственную площадь участка составляет 280 м², общая длина – 28 м, общая ширина – 11 м.

Планировка участка представлена в соответствии с рисунком 22.

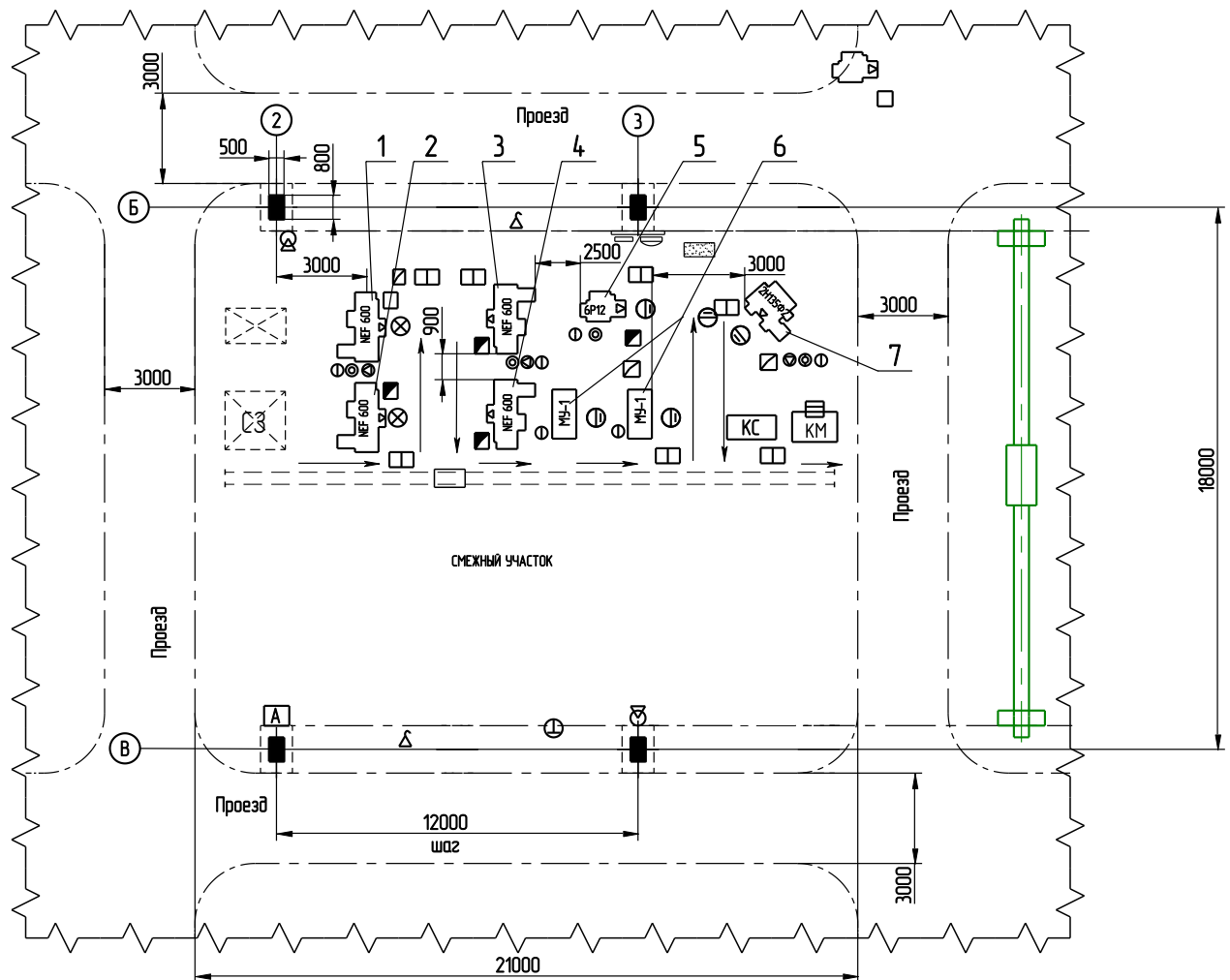


Рисунок 22 – Планировка участка

В последнее время признано более целесообразным для естественного освещения применять светопрозрачные проемы в кровле в виде зенитных фонарей – плафонов из стеклопакетов, из органического стекла, стеклопластика и в идее стекложелезобетонных панелей.

Принимаем плафоны из оргстекла и стеклопластика в соответствии с рисунком 23. Они обладают повышенной прочностью и не задерживают на себе снега. Применение плафонов позволяет изменять в широких пределах значения коэффициента естественной освещенности в рабочей зоне помещений, равномер-

но освещать рабочую площадь, снижать теплопотери в зимнее время и, кроме того, снижать стоимость строительства и эксплуатации. В соответствии с рисунком 24 изображена схема здания в поперечном сечении. Высота пролета здания зависит от высоты устанавливаемого оборудования.

Рассчитываем полезную высоту пролета:

$$H = H_1 + H_2,$$

где H_1 – высота подкранового пути;

H_2 – высота, включающая габаритные размеры крана от головки подкранового рельса до верхней точки тележки крана.

$$H_1 = k + z + e + f + c,$$

где k – высота станка с наибольшим вертикальным габаритом, 2,08 м;

z – промежуток между транспортируемым предметом, поднятым в верхнее положение, и верхней точкой наиболее высокого станка, $z = 0,5$ м;

e – высота наибольшего транспортируемого предмета, 1,0 м;

f – высота стропальных устройств, $f = 1,0$ м;

c – расстояние от предельного верхнего положения крюка до линии, проходящей через головки подкрановых рельсов, 1,0 м.

$$H_2 = A + m + 200 \dots 400)$$

где A – габаритная высота крана, $A = 2100$ мм;

m – расстояние между верхней точкой крана и нижней поверхностью покрытия, $m = 100$ мм.

В итоге получаем:

$$H_1 = 2,08 + 0,5 + 1,0 + 1,0 + 1,0 = 5,58 \text{ м};$$

$$H_2 = 2100 + 100 + 200 = 2400 \text{ мм};$$

$$H = 5,58 + 2,4 = 8,0 \text{ м}.$$

Из унифицированных размеров высоты крановых пролетов выбираем ближайшие значения H и H_1 . Принимаем $H = 10,8$ м, $H_1 = 8,4$ м.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

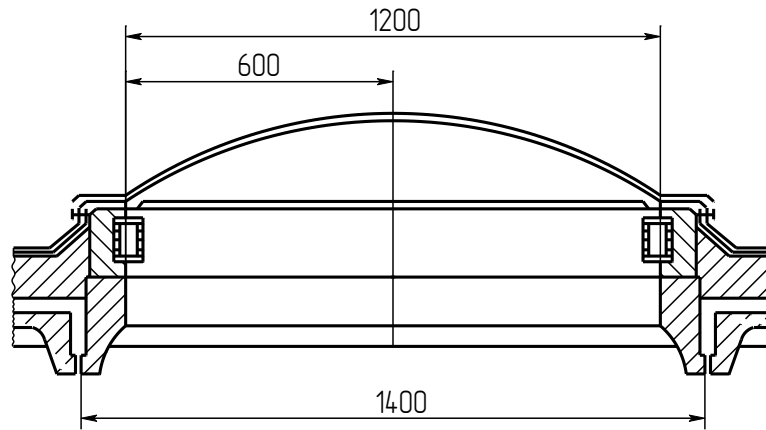


Рисунок 23 – Конструкция проема в кровле здания

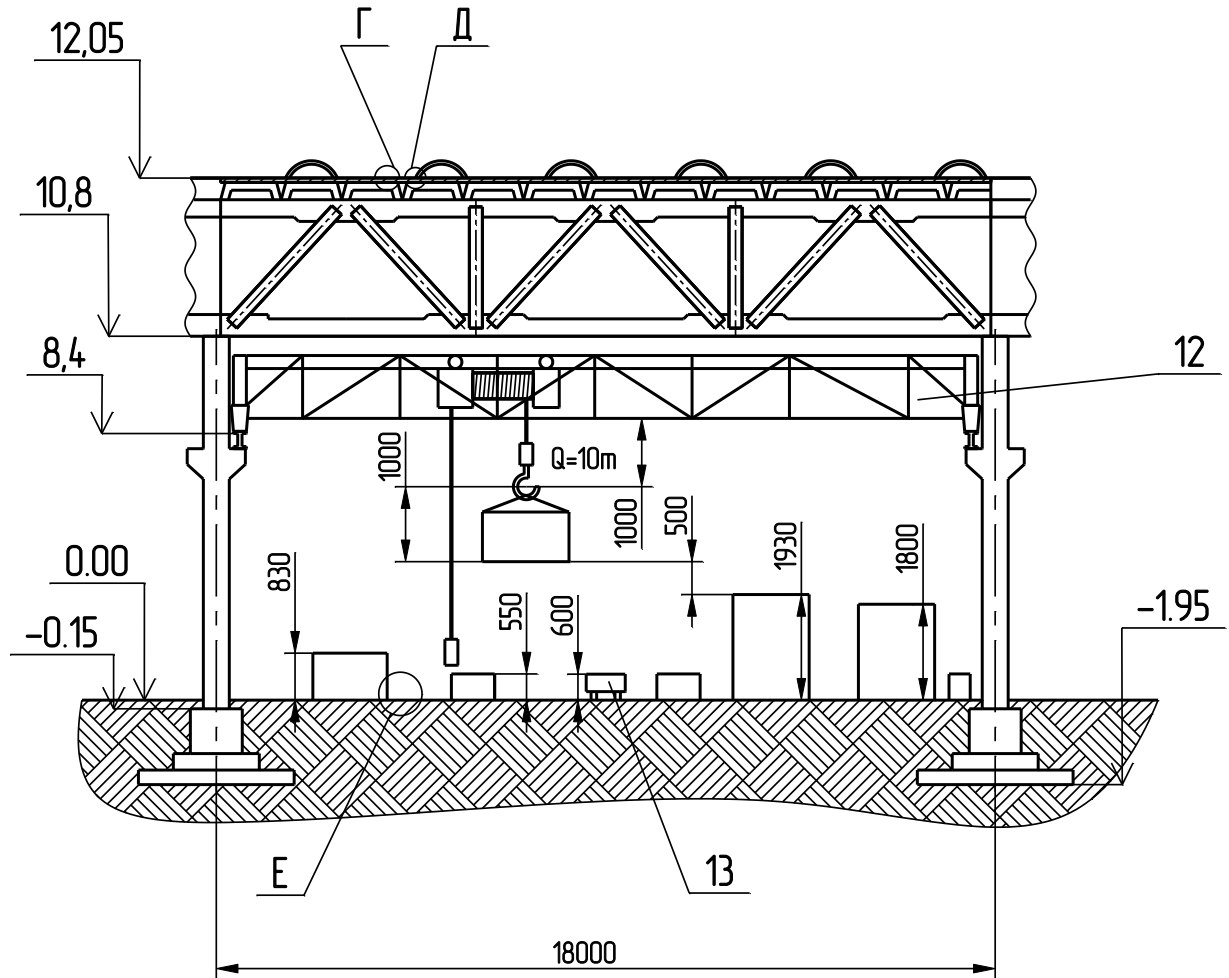


Рисунок 24 – Схема здания в поперечном сечении

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. Для высоты пролета 10,8 м, оборудованного мостовым краном, ставят колонны прямоугольного сечения с консолями серии КЭ-01-49. Основные размеры колонн в соответствии с рисунком 25.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.164.000.ПЗ

Лист

70

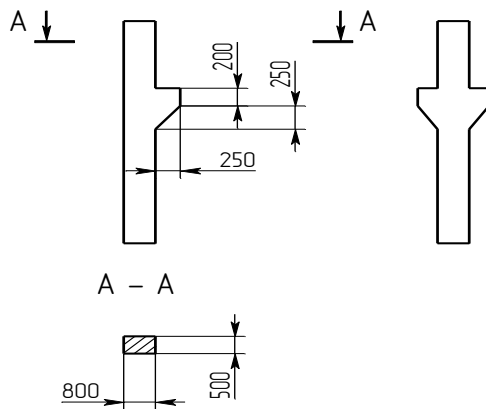


Рисунок 25 – Колонны для здания

Оборудование участков устанавливается непосредственно на полу. Поэтому полы в цехах представляют собой многослойную конструкцию, включающую трамбованный грунт 1, надежную бетонную подготовку 2 толщиной 200...300мм, выравнивающую песчано-цементной стяжки 3, гидроизолирующей прокладки 4 из рубероида для защиты пола и основания от производственных жидкостей, верхнего покрытия пола 5, которое должно быть не пылящимся и удобным для очистки, удовлетворяющим санитарно-гигиеническим, эксплуатационным и противопожарным требованиям.

Кровля является ограждающим утепленным покрытием. В качестве первого слоя применяется песчано-цементная стяжка 6, выравнивающая плиты покрытия и заполняющая их швы; она покрывается пароизоляцией 5 из пергамента или алюминиевых листов по дегтевой или битумной грунтовке. Затем накладывается утеплитель 4, представляющий собой плиты или других легких теплоизоляционных материалов. Чтобы создать достаточно жесткое и ровное основание для гидроизоляционного ковра, на поверхность теплоизоляционного покрытия накладывают стяжку 3 из песчано-цементного раствора или асфальта. Верхним слоем на кровле является защитный слой гравия 1, как показано на рисунке 26.

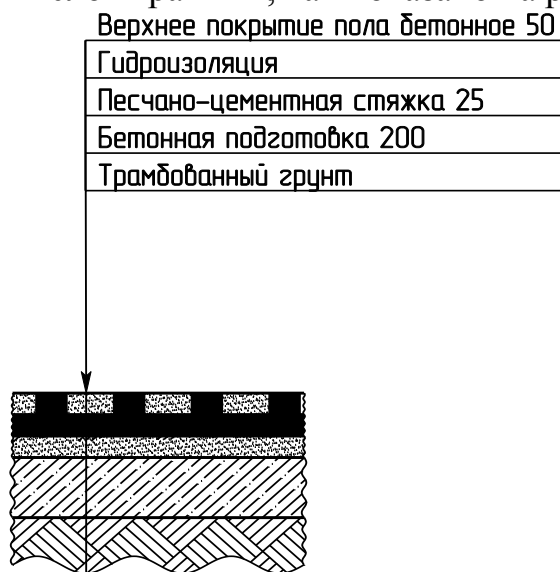


Рисунок 26 – Эскиз конструкции пола

Защитный слой гравия 25
Гидроизоляционный ковер 25
Песчано-цементная стяжка 50
Утеплитель плитный 15
Пароизоляция (пергаментная бумага)
Песчано-цементная стяжка 50
Железобетонные плиты 450

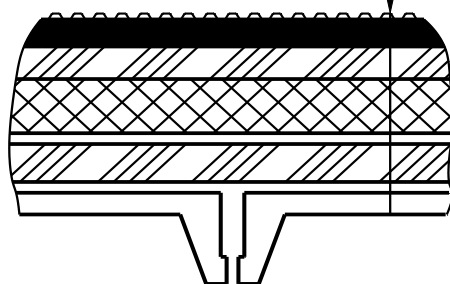


Рисунок 27 – Эскиз конструкции кровли

4.2 Описание мероприятий по охране труда

Обеспечение безопасного производства работ — сложный процесс, в котором можно выделить элементарные составляющие, исходные положения. Безопасный труд можно организовать за счет правильной организации производственной деятельности, которая должна начинаться с проектных решений. При выборе средств оснащения (оборудования и оснастки) следует стремиться к установлению их минимально необходимого состава по видам и количеству в целях предупреждения излишних трудовых, материальных затрат, а также обеспечения рационального использования площади рабочих мест и производственных помещений.

Обоснование выбора осуществляется в период разработки ведомости оборудования (ВОб) и ведомости оснастки. При разработке ВОб одновременно с основным оборудованием выбираются вспомогательное и организационная оснастка, причем предпочтение отдается образцам наиболее совершенным с точки зрения требований эргономики, технической эстетики и техники безопасности. Выбор предметов труда (заготовки, полуфабрикаты и др.) осуществляется в период предварительного организационно-технологического проектирования и включает: предварительные оценки необходимых предметов труда по всем свойствам качества; расчеты количеств, графики подачи на рабочие места; уточнение предметов труда и определение маршрутов движения, составление и оформление ведомостей материалов и другой технологической документации.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Выбор предметов труда влияет на содержание и объем проектных работ, предопределяет сокращение сроков проектирования и освоения технологических процессов. При этом выбор предусматривает: применение заготовок и полуфабрикатов с минимально возможной материалоемкостью, сырья по возможности с большим содержанием полезного компонента, материалов и заготовок, предопределяющих высокое качество продукции (выполняемых работ); использование пылящих материалов, как правило, в гранулах, брикетах или смоченных в воде; наиболее дешевых и менее дефицитных материалов и заготовок без ущерба для качества; менее токсичных веществ, а также материалов, при обработке которых не образуются неблагоприятные выделения.

Технологическая документация призвана обеспечить выполнение требований нормативных правовых актов по охране труда. Эти требования отражаются в комплектах документов технологических процессов (операций) изготовления или ремонта изделий, включая контроль, испытания и перемещения. К средствам коллективной защиты относятся следующие основные средства безопасности: оградительные, предохранительные и тормозные устройства; сигнализация об опасности; разрывы и габариты безопасности; средства дистанционного управления; специальные средства безопасности.

Инструкции по технике безопасности должны быть вывешены на видных местах. Правила безопасного обслуживания отдельных агрегатов (ГТУ, пылеуловителей, насосов и др.) должны быть подробно изложены в инструкции по эксплуатации данного агрегата. Рабочее место необходимо содержать в чистоте. Лестницы с перилами всегда должны быть исправными. Все лотки и каналы следует закрывать рифленным железом. Все движущиеся части машин (валы, муфты и др.) должны иметь кожухи или ограждения. Горячие поверхности (газоходы, воздухопроводы и др.) должны иметь изоляцию, обеспечивающую температуру поверхности не выше 60° С, а электроаппаратура и машины — защитное заземление или зануление, исправность которого периодически проверяется.

Кабели необходимо надежно защищать от случайного механического повреждения. При ремонтных работах для освещения запрещено пользоваться светильниками напряжением выше 12 В. При производстве такелажных работ нельзя работать с такелажным оборудованием (тали, лебедки, домкраты, канаты), грузоподъемность которого неизвестна. Запрещается также пользоваться канатами и тросами с оборванными проволоками, находиться под поднимаемым грузом.

Противопожарные меры безопасности.

В целях соблюдения пожарной безопасности участок должен быть обеспечен первичными средствами пожаротушения, необходимой сигнализацией. Рабочие места, подходы к ним, проходы и проезды не должны загромождаться заготовками, деталями, отходами производства. Рабочие должны быть обучены правилам пользования первичными средствами пожаротушения и действиям при возникновении возгораний. Должны проводиться учебные мероприятия по эвакуации людей из зоны горения и противопожарные инструктажи. Применяемые на производстве средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечивать его быстрое тушение.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

В качестве первичных средств пожаротушения наибольшее распространение получили огнетушители. Для категории В4 предельная защищаемая площадь 1800 м², поэтому рекомендуется применение порошковых и углекислотных огнетушителей. Для данной площади участка необходимо установить один пожарный щит, оснащённый одним порошковым огнетушителем объёмом 10 л и двумя углекислотными огнетушителями объёмом по 5 л; крюком с деревянной рукояткой; комплектом для резки электропроводов; асбестовым полотном; совковой лопатой и ящиком с песком, объёмом 1 м³. Пожарный инвентарь должен размещаться на видных местах, иметь свободный и удобный доступ и не служить препятствием во время эвакуации персонала.

Курить разрешается только в специальных оборудованных помещениях или местах. Обтирочный материал должен своевременно убираться с рабочих мест в специально оборудованные места или помещения.

Выводы по части четыре

Проектирование машиностроительных цехов имеет важное значение в развитии промышленности.

Достижение максимальной эффективности машиностроительного производства, возможность выпуска конкурентоспособной продукции, гибкое реагирование на рыночную конъюнктуру невозможны без рационального подхода к проектированию предприятий. Достижение максимальной эффективности во многом зависит от рационального выбора:

1. состава цехов (подразделений);
2. номенклатуры оборудования;
3. организации транспортного и энергетического хозяйства предприятия.

Кроме того, обеспечение экологической безопасности производства и соответствия технологического процесса нормам техники безопасности также во многом закладывается на стадии проектирования предприятия.

В качестве исходных данных для составления планировки участка механической обработки детали «Стержень» были выбраны результаты экономического расчета, в том числе количество станков и производственных рабочих. На их основе осуществлен выбор типов и количества транспортных средств; способа транспортирования стружки; типа, формы и размеров здания, произведен расчет площадей для складирования заготовок и деталей.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Заключение

В результате проведенной работы был разработан участок механической обработки детали типа «Стержень».

Проведен анализ исходных данных и сравнение отечественных и зарубежных технологий. В технологическом разделе проанализирован существующий технологический процесс и разработан новый предлагаемый вариант технологического процесса. Произведён размерный анализ и расчёт режимов резания.

В конструкторской части спроектированы: приспособление для фрезерования паза; режущий инструмент и контрольный прибор.

В планировке участка: спроектирован участок с оптимальным расположением оборудования; принята механизированная система удаления стружки; определено требуемое количество рабочих и оборудования; определены тип, форма и размер здания.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендуется использовать при изготовлении деталей в действующем производстве.

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Библиография

- 1 ГОСТ 12.2.033-78. Издания. С изменениями от 20.07.2010г. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- 2 СНиП 23-05-95. Издания. Естественное и искусственное освещение. Издание официальное министерства строительства Российской Федерации.
- 3 Жуков, Э.Л. Технология машиностроения: учебное пособие /Э.Л. Жуков. – М.: Изд-во Высшая школа, 2003.–544 с.
- 4 Иноземцев, Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов / Г.Г. Иноземцев.– Москва: Машиностроение, 1984 г. – 272с.
- 5 Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя: учебник: в 2 т. / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. – Москва: Машиностроение, 1972. – 694 с.
- 6 Коробко, В.И. Охрана труда в машиностроении: учебное пособие / В.И. Коробко, Л.Л. Морозова.– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 239 с.
- 7 Методика выполнения организационно-экономической части курсового и дипломного проектов по специальности 1201 “Технология машиностроения” и 1804 “Электропривод и автоматизация промышленных комплексов и установок” методические указания / сост. Е.А. Устюгова.- Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 38 с.
- 8 Научная электронная библиотека РусАрх [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rusarch.ru/>, свободный – (03.02.2015)
- 9 Ординарцев, И.А. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
- 10 Решетников, Б.А. Проектирование механосборочных цехов: учебное пособие по курсовой работе /Б.А. Решетников, В.Ю. Рогинский, С.В. Сергеев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1999. – 82с.
- 11 Сысоев, С.К. Проектирование технологических процессов в машиностроении: учебное пособие / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – М.: Изд-во Высшая школа, 2011.-106с.
- 12 Седель, О.Я. Техническое нормирование труда в машиностроении: учебное пособие /О.Я. Седель.– М.: Новое знание, 2008. – 186 с
- 13 Справочник машиностроителя: В 6 т. - 3-е изд., перераб. и доп. С.В. Серенсен/ Серенсен С.В., под ред. С.В. Серенсена, Н.С. Ачеркана, М.П. Вукаловича – М.: Машиностроение, 1999. – Т.3. – 651 с.
- 14 Сычев Ю.Н. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учебно-практическое пособие / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М., 2005. – 226 с.
- 15 I D Akhmetov et al 2017 IOP Conf. Серийный.: Мат. Научный. Анг. 240 012002

					15.03.05.2021.164.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76