

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Машиностроение, автоматика и электроэнергетика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н, доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Участок механической обработки детали «Корпус клапана ГЗС4.20.01- 01»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2017.197.000 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н, доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Руководитель работы,
к.т.н, доцент
_____ С.П. Пестов
_____ 2017 г.

Строительный раздел,
к.т.н, доцент
_____ Е.Н. Гордеев
_____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ДО-410
_____ О.Ю. Чванова
_____ 2017 г.

Нормоконтролер,
профессор
_____ Б.А. Решетников
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

Оглавление

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
| 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ | |
| 1.1 Анализ технологии обработки детали отечественных и зарубежных машиностроительных производств | 8 |
| 1.2 Назначение и конструкция детали..... | 9 |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | |
| 2.1. Анализ технологичности детали..... | 12 |
| 2.2 Анализ существующего технологического процесса..... | 13 |
| 2.2.1 Разработка предполагаемого варианта технологического процесса..... | 14 |
| 2.3 Выбор вида и метода получения заготовки..... | 14 |
| 2.4 Определение последовательности обработки поверхностей детали..... | 16 |
| 2.5 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхности детали..... | 16 |
| 2.6 Формирование операций с выбором оборудования..... | 19 |
| 2.7 Размерный анализ разработанного технологического процесса..... | 20 |
| 2.7.1 Преобразование и кодирование чертежа..... | 20 |
| 2.7.2 Технологический маршрут обработки детали..... | 24 |
| 2.7.3 Расчет размерных цепей..... | 27 |
| 2.8 Расчет режимов резания и норм времени..... | 30 |
| 2.8.1 Расчет режимов резания..... | 30 |
| 2.8.2 Нормирование технологической операции..... | 36 |
| 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ | |
| 3.1 Проектирование зажимного приспособления для токарной операции...40 | 40 |
| 3.1.1 Теоретическая схема базирования..... | 40 |
| 3.1.2 Проектирование схемы приспособления..... | 40 |
| 3.1.3 Силовой и прочностной расчет основных элементов приспособления..... | 41 |
| 3.1.4 Компоновка зажимного приспособления..... | 44 |
| 3.1.5 Расчет приспособления на точность..... | 45 |
| 3.2 Проектирования прибора для контроля резьбы М22х1,5-6е..... | 45 |
| 3.2.1 Выбор схемы контроля..... | 45 |
| 3.2.2 Компоновка контрольного приспособления..... | 46 |
| 3.2.3 Расчет на точность..... | 46 |
| 3.3 Проектирование режущего инструмента..... | 47 |
| 3.4 Автоматизация загрузки фрезерного станка..... | 49 |
| 3.4.1 Манипулятор..... | 52 |
| 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ | |
| 4.1 Исходные данные..... | 56 |
| 4.2 Состав и количество рабочих..... | 56 |
| 4.3 Выбор и определение транспортных средств..... | 57 |
| 4.4 Расчёт площадей для складирования заготовок и деталей..... | 58 |
| 4.5 Выбор способа транспортировки стружки..... | 59 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 5 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6 Планировка оборудования и определение производственной площади..... | 59 |
| 4.7 Выбор типов формы и определение размеров здания..... | 59 |
| 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ | |
| 5.1 Организация производственного освещения на производственном участке..... | 63 |
| 5.2 Определение состава первичных средств пожаротушения..... | 65 |
| 5.3 Мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь..... | 68 |
| 6 ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ..... | 72 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 74 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 75 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 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 совершенствуются 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 «корпус клапана ГЗС4» 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.

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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ технологии обработки детали отечественных и зарубежных машиностроительных производств

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.

Современным аналогом токарно-винторезного станка 16К20 или 1К62 является универсальный токарный станок GH-1840ZX DRO с УЦИ (D=460 мм, L=1015), показанный на рисунке 1.2. Данное оборудование производства фирмы Jet, 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 1.2 – Токарно-винторезный станок GH-1840ZX DRO

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 8 |

вопрос обеспечения загрузки производственных мощностей. При продвижении новых 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.

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.

1.2 Назначение и конструкция детали

Деталь «Корпус клапана», показанная на рисунке 1.2, является деталью агрегата ГЗС4 (гидрозамок), который предназначен для запираания рабочей жидкости силовых цилиндров стрелы гидроманипулятора, а также для ограничения перепада давления в рабочих полостях цилиндра во время работы.

Корпус клапана устанавливается в корпус гидрозамка по поверхности М22х1,5-6е с упором в торец канавки размером 4±0,2 мм (вид Е(4:1)). Для обеспечения внешней герметичности корпус гидрозамка уплотняется резиновым уплотнительным кольцом, которое устанавливается в канавку размером 4±0,2 мм, поэтому поверхность ф19,5_{-0,14} выполнена с чистотой по 7 классу.

Для устранения внутренних перетечек на корпусе клапана выполнены две канавки (вид Г и Д) для установки в них резиновых уплотнительных колец. Канавки выполнены с чистотой поверхности по 6 классу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 9 |

На диаметр $\phi 6^{+0,15}$ заданы требования: острая кромка; допуск перпендикулярности 0,05мм; зависимый допуск соосности 0,05мм. Требования заданы из условия устранения перетечек между кромкой клапана, устанавливаемого в корпус и поджатого пружиной, и кромкой диаметра $\phi 6^{+0,15}$ корпуса клапана.

Допуски биения 0,05мм поверхностей $\phi 18^{-0,016}_{-0,033}$ и $\phi 19^{-0,02}_{-0,04}$ относительно резьбовой поверхности М22х1,5-6е необходим для обеспечения собираемости и внутренней герметичности. Допуск перпендикулярности 0,05мм торца канавки $4,5 \pm 0,2$ мм относительно поверхности М22х1,5-6е предназначен для устранения перекоса корпуса клапана при монтаже, в результате которого может произойти выдавливание уплотнительного кольца давлением рабочей жидкости, которое возникает при работе агрегата.

В канавку (вид В(4:1)) устанавливается стопорное кольцо. Из условия собираемости радиуса в канавке выполнены с размером R0.1max.

По поверхности М14х1,5-6Н в корпус клапана устанавливается пробка с уплотнительным кольцом для обеспечения внешней герметичности.

Шестигранник S24_{-0,25} выполнен для обеспечения необходимого момента затяжки при монтаже детали.

На перепадах диаметров внутренних поверхностей выполнены заходные фаски с углом 25°, предназначенные для устранения срезов уплотнительных колец при монтаже.

Канавка диаметром $\phi 13,2$ предназначена для выхода инструмента.

Деталь изготавливается из легированной конструкционной стали 20Х13 ГОСТ 4543-81. Химический состав и физико-механические свойства сплава приведены в таблицах 1.1, 1.2.

Рабочая жидкость масло МГ-15-В(с) ГОСТ 17479.3-85.

Диапазон температур рабочей жидкости от -40° до +80°С

Таблица 1.1 - Химический состав материала детали

| | | | | |
|------------|--------|----------|----------|-----------|
| углерод | хром | сера | фосфор | железо |
| 0,18-0,22% | 12-14% | 0,2-0,4% | 0,3-0,5% | остальное |

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства материала детали

| Предел прочности на растяжение МПа σ_p , (кгс/мм ²) | Предел текучести МПа σ_t , (кгс/мм ²) | Плотность г/см ³ ρ | Относительное удлинение % | Относительное сужение % |
|--|--|---------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 660 | 450 | 7,8 | 40 | 50 |

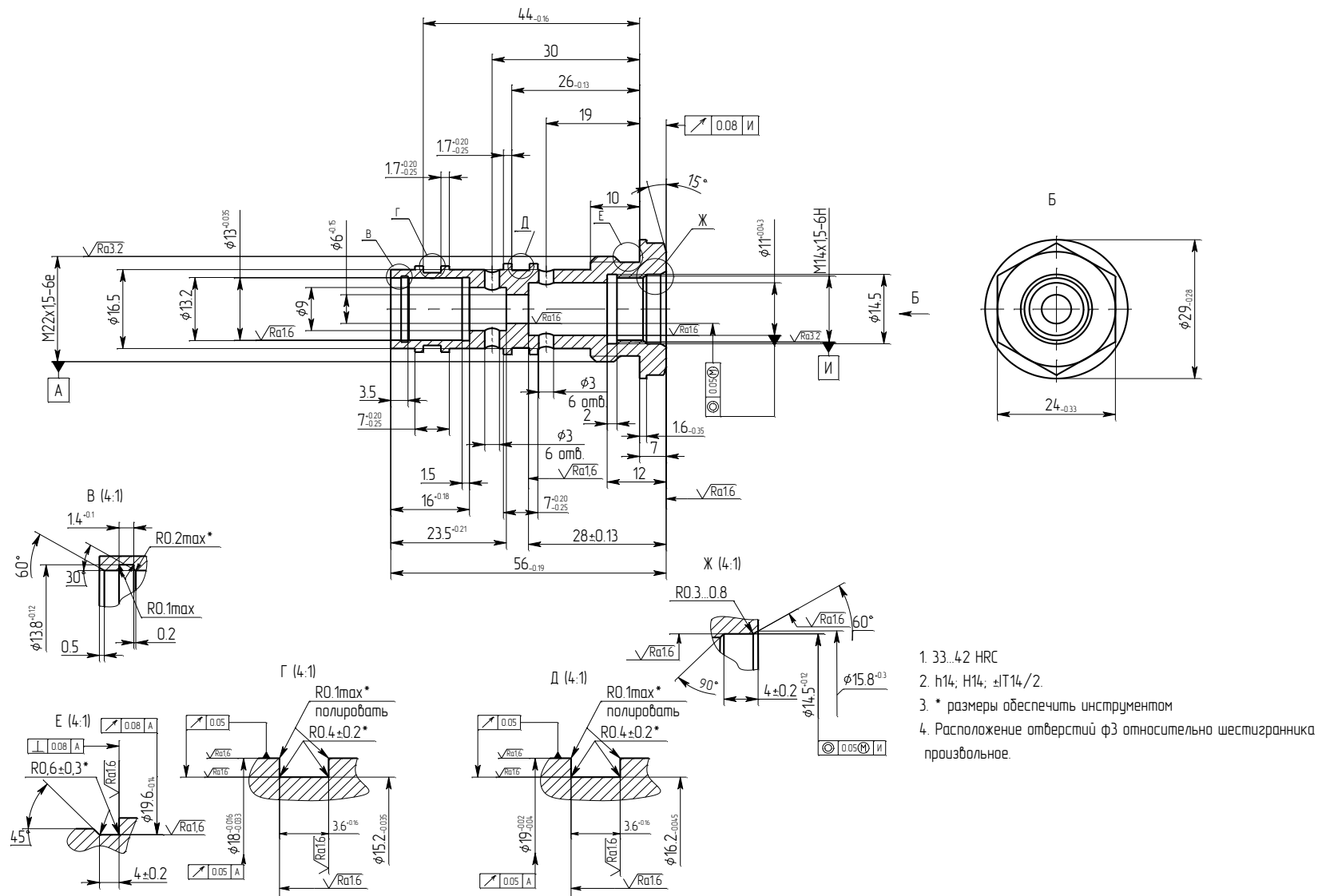


Рисунок 1.2 – деталь «Корпус клапана ГЗС4»

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Анализ технологичности детали

Анализ конструкции на технологичность представляет собой комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции по установленным показателям и направлен на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на изготовление изделия при обеспечении необходимого его качества.

Определим коэффициент использования материала для проектного варианта по формуле

$$\text{КИМ} = \frac{m_d}{m_3}, \quad (2.1)$$

где m_d – масса детали, $m_d = 0,069$ кг;

m_3 – масса заготовки, $m_3 = 0,37$ кг.

Объем заготовки определяем по формуле

$$V = \sum V_i, \quad (2.2)$$

где V_i – составные части общего объема заготовки, определяемые по формуле

$$V_i = \frac{\pi \cdot d_i \cdot l_i}{4}, \quad (2.3)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 3,2^2 \cdot 5,9 = 47,43, \text{ см}^3$$

Определяем массу заготовки по формуле

$$m_3 = V \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где ρ – плотность алюминия, $\rho = 7,8$ г/см³.

$$m_3 = 47,43 \cdot \frac{7,8}{1000} = 0,37, \text{ кг}$$

$$\text{КИМ} = \frac{0,069}{0,37} = 0,19.$$

Трудоёмкость и себестоимость детали зависят не только от конструкции, но и от выбранного тех. процесса, его оснащённости и режимов обработки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

Деталь имеет небольшую массу, что также обеспечивает ее технологичность.

Для изготовления детали в основном используется стандартный режущий инструмент. Для контроля применяется универсальный измерительный инструмент и некоторые специальные шаблоны.

Обработка деталей «Корпус клапана ГЗС4» ведется по единичному технологическому процессу. Заданная точность и шероховатость поверхностей обеспечивается обычными методами обработки.

Базовый техпроцесс позволяет с достаточной вероятностью получать качественные детали, отвечающие всем требованиям чертежа.

Однако применение ручных операций, таких как малопроизводительная сверловка, увеличивают трудоемкость обработки и затраты на изготовление детали. За счет применения станочных приспособлений с ручным зажимом соответственно увеличивается вспомогательное время.

Базовый технологический процесс в технологическом оснащении устарел и требует усовершенствования.

2.2 Анализ существующего технологического процесса

В проектном варианте в качестве изготовления детали, снижение трудоемкости необходимо достигнуть путем применения нового, усовершенствованного оборудования, проектирования оснастки, которая полностью или частично заменяет ручной труд. В совокупности это позволит улучшить технико-экономические показатели, снизить затраты на изготовление детали.

Обработка детали «Корпус клапана ГЗС4» выполняется в следующей последовательности:

10 Заготовительная операция (пруток).

20,50,55 Револьверная операция. Обработка происходит на револьверном станке 1336. Требуется применить на данной операции более современное оборудование.

30,70-130 Токарная операция. Обработка происходит на станке 1А616. Необходимо объединить все эти операции и применить современный токарный станок с ЧПУ, что повысит производительность обработки.

140 Сверлильная операция. Обработка происходит на настольно-сверлильном станке НС-12. Необходимо объединить с операцией 70-130 и применить современный токарный станок с ЧПУ.

150 Слесарная операция.

180 Фрезерная операция. Обработка происходит на фрезерном станке ОФ-55. Требуется применить более современное оборудование и автоматизировать загрузку современного станка.

385 Фрезерная операция. Обработка происходит на фрезерном станке с ЧПУ КФП-250Н. Требуется применить более современное оборудование.

210 Контрольная операция.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | 13 |

220 Закалка. Требуется применить новый метод термообработки в вакууме, что позволит уйти от выполнения шлифовальных операций.

260-310 Шлифовальная операция. Происходит съём припуска после закалки. Необходимо аннулировать операции, так как все окончательные размеры выполняются в программной операции.

330-350 Доводочная операция.

360 Промывочная операция.

370 Слесарная операция.

380 Контрольная операция

2.2.1 Разработка предполагаемого варианта технологического процесса

Исходными данными для проектирования технологического процесса будут являться: чертеж детали и расчеты, проведенные в процессе выполнения дипломной работы.

Альбом карт технологического процесса заполняется в соответствии с требованиями ЕСТПП на специальных бланках: титульный лист – форма 2 по ГОСТ 3.1105-84; маршрутная карта – форма 1, 1б по ГОСТ 3.1118-82; операционная карта – форма 3 по ГОСТ 3.1404-86; карта эскизов – форма 7,8 по ГОСТ 3.1105-84; карта технического контроля – форма 2, 2а по ГОСТ 3.1502-85. Все расчетные данные, и текстовая информация заносится в соответствующие графы.

2.3 Выбор вида и метода получения заготовки

На базовом предприятии заготовку для детали «Корпус клапана ГЗС4» получают из проката.

В проектном варианте рассмотрим другие возможные способы получения заготовки или обоснуем вышеприведенный способ.

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

Исходя из требований чертежа, материалом детали является высоколегированная сталь 20Х13 ГОСТ 4543-81, поэтому возможными способами получения заготовки являются: горячекатаный прокат круглого профиля, свободная ковка или штамповка в открытых или закрытых штампах. 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.

Для наглядности проведем сравнительный расчет по стоимости одной заготовки из прутка и из штамповки.

Определим стоимость одной заготовки из прутка по формуле / с.31/

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 14 |

$$S_3 = m_3 \cdot C_3 - (m_3 - m_d) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (2.5)$$

где C_3 – стоимость одного кг материала; $C_3=55$ руб.,
 $C_{отх}$ – стоимость одной тонны отходов материала; $C_{отх}=3500$ руб.

$$S_3 = 0,37 \cdot 55 - (0,37 - 0,069) \cdot \frac{3500}{1000} = 19,3, \text{ руб.}$$

Заготовка из штамповки показана на рисунке 2.1.

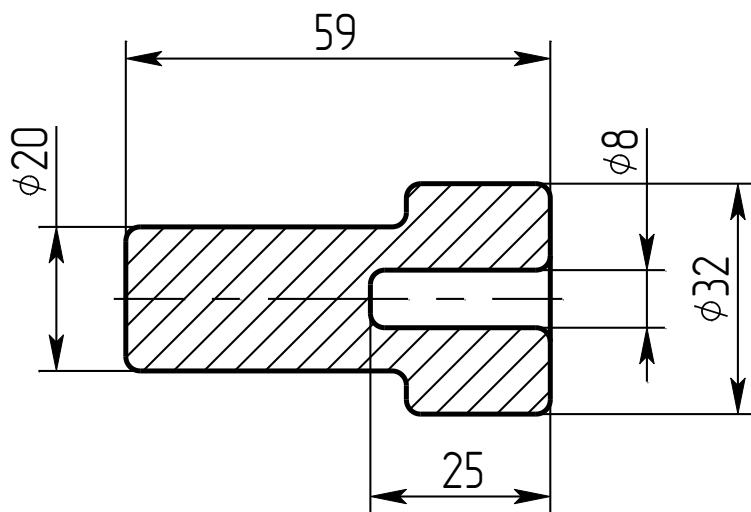


Рисунок 2.1 – Заготовка из штамповки

Объем заготовки определяем по формуле (2.2)

$$V = \frac{3,14}{4} (3,2^2 \cdot 2 + 2^2 \cdot 3,9 - 0,8^2 \cdot 2,5) = 27,07 \text{ см}^3$$

Определяем массу заготовки по формуле (2.4)

$$m_3 = 27,07 \cdot \frac{7,8}{1000} = 0,21 \text{ кг}$$

Определим стоимость одной заготовки из штамповки по формуле / с33/

$$S_3 = \left(\frac{C_3}{1000} \cdot m_3 \cdot \eta_T \cdot \eta_c \cdot \eta_B \cdot \eta_M \cdot \eta_P \right) - (m_3 - m_d) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (2.6)$$

где $\eta_T, \eta_c, \eta_B, \eta_M, \eta_P$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 15 |

$$S_3 = \left(\frac{55000}{1000} \cdot 0,21 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,42 \cdot 1,98 \cdot 1 \right) - (0,21 - 0,069) \frac{3500}{1000} = 28,7 \text{ руб.}$$

2.4 Определение последовательности обработки поверхностей детали

При получении проката получаем черновую базу $\varnothing 32$ и торец 2.

Относительно черновой базы $\varnothing 32$ обрабатывается основная база $\varnothing 2С$ и торец 25. Относительно основной базы обрабатываются наружные и внутренние поверхности детали, в том числе и вспомогательная база $\varnothing 20^{180}$.

Относительно вспомогательной базы на фрезерной операции обрабатывается шестигранник $2p^{210}$.

Относительно основной базы обрабатываются остальные поверхности детали.

2.5 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхности детали

Для обработки каждой из поверхностей детали необходимо выбрать определенное количество переходов. Каждый из методов обработки позволяет получить точности и шероховатость определенного значения. Поэтому правильность выбора повлияет на точность и качество поверхностей получаемой детали.

Для одной из точных поверхностей произведем аналитический расчет количества переходов, для остальных менее точных поверхностей выбор произведем табличным методом.

Выбираем поверхность: $\varnothing 18_{-0,033}^{-0,016}$ ($\approx f7$) Ra1,6

Заготовка прутки $\varnothing 32h14$ Ra12,5 T=0,62

Определяем уточнение по диаметру:

$$\varepsilon_d^\phi = \frac{Td_3}{Td_d}, \quad (2.7)$$

где Td_3 – допуск на соответствующий размер заготовки, $Td_3 = 0,62$ мм;

Td_d – допуск на соответствующий размер готовой детали, $Td_d = 0,017$ мм.

$$\varepsilon_d^\phi = \frac{0,62}{0,017} = 36,47.$$

Определяем уточнение детали по шероховатости по формуле

$$\varepsilon_d^{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d}, \quad (2.8)$$

где Ra – шероховатость на соответствующий размер заготовки, $Ra = 12,5$ мкм;

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-----------------------|------|
| | | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 16 |

Ra_d – шероховатость на соответствующий размер готовой детали, $Ra_d = 1,6$ мкм.

$$\varepsilon_d^{Ra} = \frac{12,5}{1,6} = 7,8.$$

Т.к. уточнение по диаметру численно больше, то расчет будем вести по достижимой точности при обработке.

В качестве окончательного метода получения поверхности детали принимаем чистовое точение.

Номинальный припуск: $Z_{НОМ}^{чист.т.} = 0,2$ мм.

Определяем допуски предшествующего перехода:

$$T_{получ.т.} = \frac{0,2}{2...4} = 0,1...0,05.$$

Принимаем $T_{получ.т.} = 0,084$ (10 кв.)

$$\varepsilon_{чист.т.} = \frac{0,084}{0,017} = 4,94.$$

Первый переход – черновое точение

$$T_{черн.т.} = 0,21 \text{ (12 кв.)},$$

$$\varepsilon_{черн.т.} = \frac{0,62}{0,21} = 2,95,$$

$$\varepsilon_{промеж.} = \frac{0,21}{0,084} = 2,5.$$

Проверка: $\varepsilon_{чист.} \cdot \varepsilon_{черн.т.} \cdot \varepsilon_{промеж.} = 4,94 \cdot 2,95 \cdot 2,5 = 36,43$ – это практически равно 36,47, поэтому условие выполняется.

Значит для обработки данной поверхности принимаем следующие переходы:

- черновое точение $\varnothing 29h12_{(-0,21)}$
- получистовое точение $\varnothing 18,4h10_{(-0,084)}$
- чистовое точение $\varnothing 18_{-0,016}^{-0,033}$

Для остальных поверхностей количество переходов принимаем табличным способом. Результаты выбора сводим в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Количество переходов

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

| Размер | Переходы |
|------------------------------------|---|
| $\varnothing 19_{-0,040}^{-0,020}$ | 1 Черновое точение $\varnothing 29_{-0,21}$ Ra 6,3 2 Получистовое точение $\varnothing 19,4_{-0,084}$ Ra 3,2 3 Чистовое точение $\varnothing 19_{-0,040}^{-0,020}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 6^{+0,15}$ | 1 Сверление $\varnothing 5,5^{+0,18}$ Ra 6,3 2 Растачивание $\varnothing 6^{+0,15}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 11^{+0,043}$ | 1 Сверление $\varnothing 10^{+0,11}$ Ra 3,2 2 Растачивание $\varnothing 10,95^{+0,043}$ Ra 1,6 3 Доводка $\varnothing 11^{+0,043}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 13^{+0,035}$ | 1. Сверление $\varnothing 12^{+0,11}$ Ra 3,2 2. Растачивание $\varnothing 12,95^{+0,035}$ Ra 1,6 3. Доводка $\varnothing 13^{+0,035}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 9^{+0,1}$ | 1 Сверление $\varnothing 5,5^{+0,18}$ Ra 6,3 2 Растачивание $\varnothing 6^{+0,14}$ Ra 1,6 3 Растачивание $\varnothing 9^{+0,1}$ Ra 6,3 |
| $\varnothing 16,5_{-0,12}$ | 1 Черновое точение $\varnothing 29_{-0,21}$ Ra 6,3 2 Точение $\varnothing 16,5_{-0,12}$ Ra 6,3 |
| $\varnothing 15,2_{-0,035}$ | 1 Точение канавки $\varnothing 15,2_{-0,035}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 16,2_{-0,045}$ | 1 Точение канавки $\varnothing 16,2_{-0,045}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 19,6_{-0,14}$ | 1 Точение канавки $\varnothing 19,6_{-0,14}$ Ra 0,8 |
| $\varnothing 13,8^{+0,12}$ | 1 Точение канавки $\varnothing 13,8^{+0,12}$ Ra 6,3 |
| M22x1,5-6e | 1 Черновое точение $\varnothing 29_{-0,21}$ Ra 6,3 2 Точение $\varnothing 22_{-0,303}^{-0,067}$ 3 Нарезание резьбы M22x1,5-6e |
| $\varnothing 29_{-0,21}$ | 1 Черновое точение $\varnothing 29_{-0,21}$ Ra 6,3 |
| $S=24_{-0,21}$ | 1 Фрезерование шестигранника $S=24_{-0,21}$ Ra 6,3 |
| $\varnothing 14,5^{+0,43}$ | 1 точение канавки $\varnothing 14,5^{+0,43}$ Ra 6,3 |
| M14x1,5-6H | 1 Растачивание $\varnothing 12,43^{+0,22}$ Ra 3,2 2 Нарезание резьбы M14x1,5-6H |
| $\varnothing 14,5^{+0,12}$ | 1 Растачивание $\varnothing 14,5^{+0,12}$ Ra 1,6 |
| $\varnothing 15,8^{+0,3}$ | 1 Растачивание $\varnothing 15,8^{+0,3}$ Ra 1,6 |

Окончание таблицы 2.1

| Размер | Переходы |
|---------------------------------------|--|
| 4±0,2 | 1 Точение канавки 4±0,2 Ra 1,6 |
| 3,6 ^{+0,16} | 1 Точение канавки 3,6 ^{+0,16} Ra 1,6 |
| ∅3 ^{+0,12} | 1 Сверление отв. ∅3 ^{+0,12} Ra 6,3 |
| 1,4 ^{+0,1} | 1 Точение канавки 1,4 ^{+0,1} Ra 6,3 |
| 4±0,2 | 1 Подрезка торца Ra 1,6 2 Растачивание отв. на глубину 4±0,2 Ra 6,3 |
| 3,5±0,2 | 1 Подрезка торца Ra 1,6 2 Растачивание канавки с выдерживанием р-ра 3,5±0,2 Ra 6,3 |
| 16 ^{+0,18} | 1 Подрезка торца Ra 1,6 2 Растачивание канавки на глубину 16 ^{+0,18} Ra 6,3 |
| 23,5 ^{+0,21} | 1 Подрезка торца Ra 1,6 2 Растачивание отв. на глубину 23,5 ^{+0,21} Ra 6,3 |
| 28±0,13 | 1 Подрезка торца Ra 1,6 2 Растачивание отв. на глубину 28±0,13 Ra 6,3 |
| 12±0,2 | 1 Подрезка торца Ra 1,6 2 Растачивание канавки на глубину 12±0,2 Ra 6,3 |
| 7 _{-0,15} | 1 Подрезка правого торца Ra 1,6 2 Точение наружной поверхности с подрезкой торца на р-р 7 _{-0,15} Ra 1,6 |
| 1,6 _{-0,25} | 1 Точение наружной поверхности с подрезкой торца Ra 1,6 2 Фрезеровка шестигранника Ra 6,3 |
| 56 _{-0,19} | 1 Подрезка правого торца Ra 6,3 2 Подрезка левого торца IT11; Ra 6,3 |
| 30±0,2 | 1 Точение наружной контура с подрезкой торца Ra 1,6 2 Сверление отв.∅3 |
| 19±0,2 | 1 Точение наружной контура с подрезкой торца Ra 1,6 2 Сверление отв.∅3 |
| 7 ^{+0,40} _{-0,22} | 1 Точение наружной поверхности Ra 6,3 |
| 1,7 ^{+0,20} _{-0,25} | 1 Точение наружной поверхности Ra 6,3 2 Точение канавки с выдерживанием р-ра 1,7 ^{+0,20} _{-0,25} Ra 1,6 |

2.6 Формирование операций с выбором оборудования

Составим маршрут обработки детали с одновременным выбором оборудования:

- 005 Заготовительная (резка заготовок)
- 010 Контрольная (контрольный стол)
- 020 Термическая (электропечь)

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 19 |

- 130 Контрольная (контрольный стол)
- 140 Токарная (токарный с ЧПУ «QTN-100»)
- 150 Токарная (токарный «16К20»)
- 160 Токарная (токарный с ЧПУ «QTN-100»)
- 170 Токарная (токарный «16К20»)
- 180 Токарная (токарный с ЧПУ «QTN-100»)
- 190 Токарная (токарный «16К20»)
- 200 Слесарная (мотоустановка)
- 210 Фрезерная (фрезерный КФПЭ-250Н)
- 220 Слесарная (мотоустановка)
- 230 Промывочная (моечная машина)
- 240 Контрольная (контрольный стол)
- 250 Термическая (вакуумная печь)
- 260 Контрольная (контрольный стол)
- 270 Доводочная (мотоустановка)
- 280 Промывочная (моечная машина)
- 290 Доводочная (мотоустановка)
- 300 Промывочная (моечная машина)
- 310 Контрольная (контрольный стол)

2.7 Размерный анализ разработанного технологического процесса

2.7.1 Преобразование и кодирование чертежа

Для удобства выполнения размерного анализа необходимо чертеж детали, в соответствии с рисунками 2.2, 2.3, преобразовать в удобный для расчета вид. Для этого необходимо каждый размер обозначить буквой, каждую поверхность цифрой.

На основании кодированных чертежей строятся схемы линейных и диаметральных размеров, а также схема пространственных отклонений, показанные на рисунках 2.4, 2.5, 2.6.

На данных изображениях показаны расчеты максимальных и минимальных припусков, а также межоперационных размеров, получаемых в каждой технологической операции.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 20 |

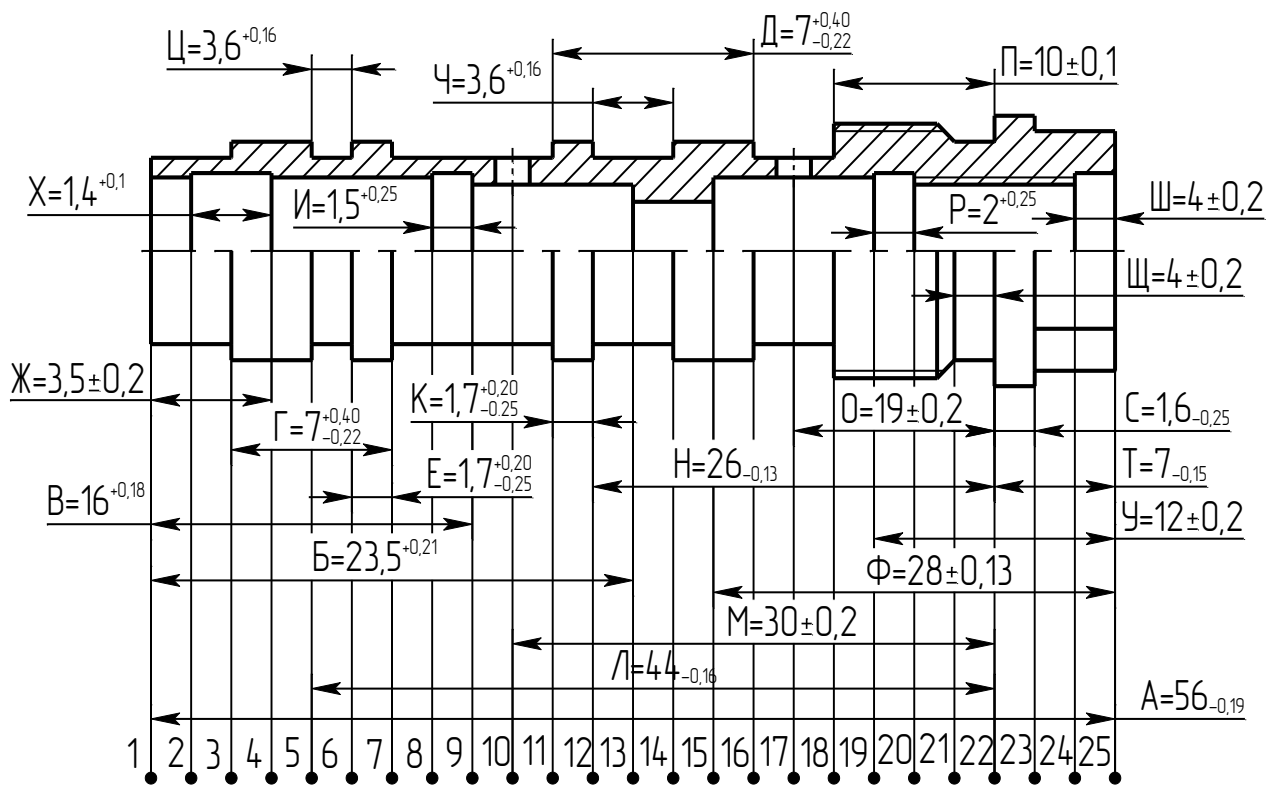


Рисунок 2.2 – Кодирование линейных размеров

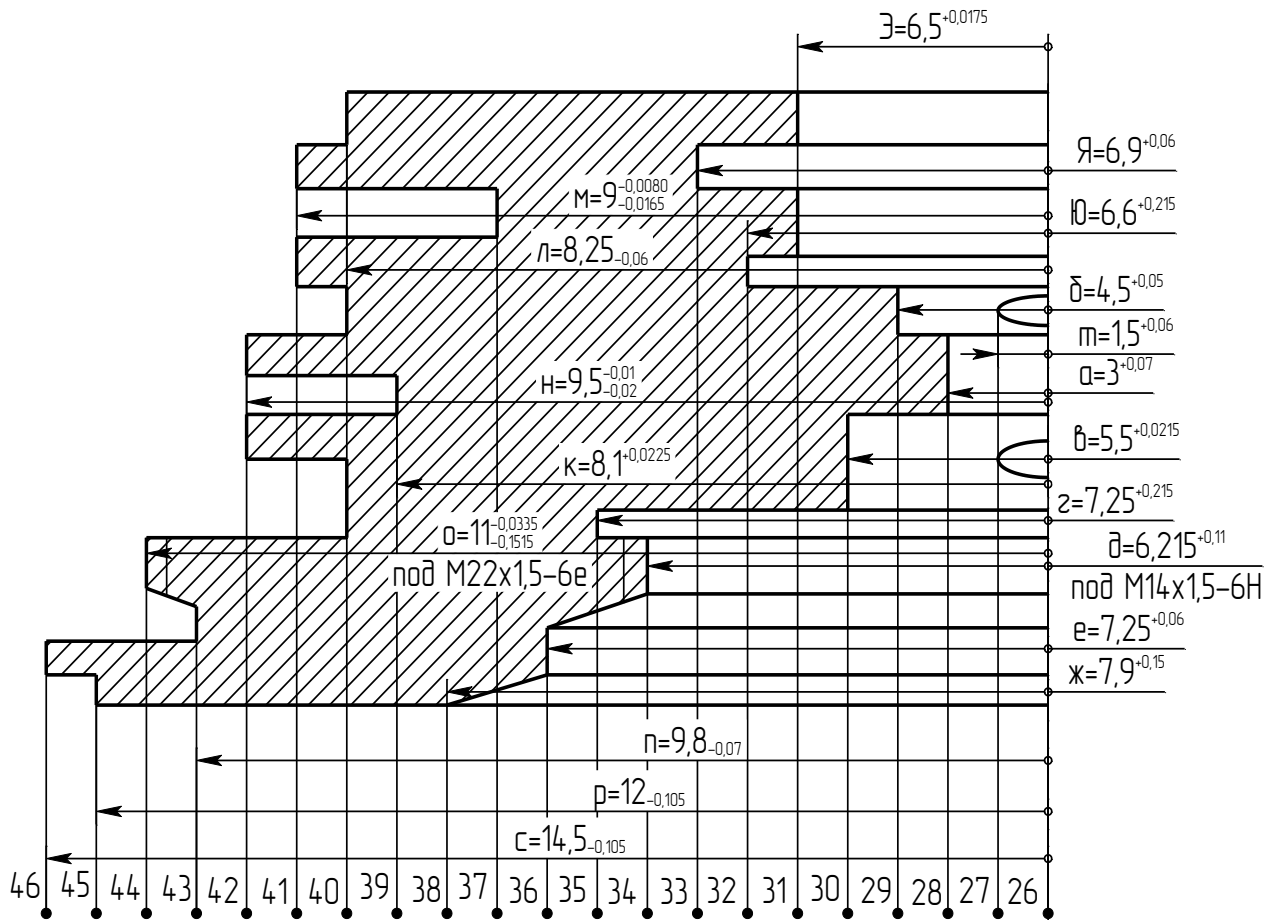
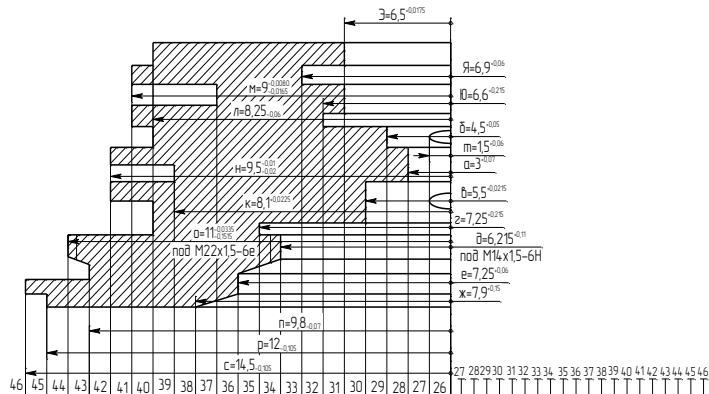
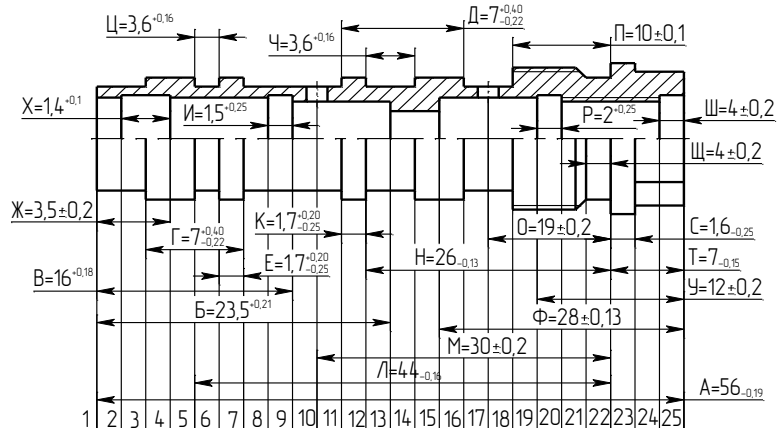


Рисунок 2.3– Кодирование диаметальных размеров



| № опер. | Z | TAi | | | Убраения размерной цепи | Межопер. размеры |
|----------------|--|---|--|--|-------------------------|--|
| 290 Добавочная | $Z_{290}^{290} = 0,015$ $Z_{290}^{291} = 0,025$ | $T_{290} = 0,0175$ | | | | $3^{290} \sim 4,6425 \sim 0,0175$ |
| 270 Добавочная | $Z_{270}^{270} = 0,015$ $Z_{270}^{290} = 0,025$ | $T_{6270} = 0,0215$ | | | | $6^{270} \sim 4,6665 \sim 0,0215$ |
| 210 Фрезерная | | $T_{p210} = 0,105$ | | | | |
| 180 Токарная | $Z_{180-4}^{180-4} = 0,11$ $Z_{180-4}^{180-4} = 0,2$ $Z_{180-4}^{180-4} = 0,11$ $Z_{180-4}^{180-4} = 0,2$ | $T_{180}^{180} = 0,06$ $T_{U}^{180} = 0,175$ $T_{K}^{180} = 0,0225$ $T_{L}^{180} = 0,06$ $T_{M}^{180} = 0,042$ $T_{H}^{180} = 0,01$ $T_{H}^{180-4} = 0,042$ $T_{H}^{180-4} = 0,07$ $T_{D}^{180} = 0,118$ | | | | $2^{180-4} \sim 9,194 \sim 0,042$ $4^{180-4} \sim 9,692 \sim 0,042$ $6^{180-4} \sim 9,96 \sim 0,031$ |
| 160 Токарная | | $T_{3}^{160} = 0,0175$ $T_{Я}^{160} = 0,06$ $T_{D}^{160} = 0,05$ $T_{D}^{160} = 0,215$ | | | | |
| 140 Токарная | $Z_{140-4}^{140-4} = 0,12$ $Z_{140-4}^{140-4} = 0,25$ $Z_{140-4}^{140-4} = 0,25$ $Z_{140-4}^{140-4} = 0,42$ $Z_{140-4}^{140-4} = 1,00$ $Z_{140-4}^{140-4} = 1,20$ | $T_{X}^{140} = 0,15$ $T_{e}^{140} = 0,06$ $T_{D}^{140} = 0,11$ $T_{B}^{140-4} = 0,0215$ $T_{D}^{140-4} = 0,055$ $T_{D}^{140-4} = 0,07$ $T_{D}^{140-4} = 0,09$ $T_{D}^{140-4} = 0,215$ $T_{C}^{140} = 0,105$ | | | | $2^{140-4} \sim 4,998 \sim 0,055$ $6^{140-4} \sim 4,998 \sim 0,055$ $8^{140-4} \sim 2,75 \sim 0,039$ |
| 100 Заглобл. | | $T_{C}^{100} = 0,31$ | | | | |

Рисунок 2.4 – Схема диаметральных размеров



| № опер. | Z | ТАi | | Уровнения размерной цепи | Межопер. размеры |
|---------------|--|--|--|--|---|
| 210 Фрезерная | | ТС ²¹⁰ =0,35 | | $[Г]=Ц^{180}-X^{180}$ $[E]=Л^{180}-X^{180}-Ц^{180}$ $[K]=Ф^{180}-H^{180}$ $[D]=Ф^{180}-y^{180}$ | $x^{180}=38,565±0,08$ $ц^{180}=45,655±0,08$ $y^{180}=20,52±0,065$ $φ^{180}=27,61±0,08$ |
| 180 Токарная | | ТЦ ¹⁸⁰ =0,16 ТЧ ¹⁸⁰ =0,16 Тц ¹⁸⁰ =0,16 Тх ¹⁸⁰ =0,16 Тφ ¹⁸⁰ =0,16 Тy ¹⁸⁰ =0,13 ТЩ ¹⁸⁰ =0,4 ТП ¹⁸⁰ =0,2 ТТ ¹⁸⁰ =0,15 ТЛ ¹⁸⁰ =0,1 ТН ¹⁸⁰ =0,13 ТМ ¹⁸⁰ =0,4 ТО ¹⁸⁰ =0,4 | | | |
| 160 Токарная | $Z_{1min}^{160}=0,3$ $Z_{1max}^{160}=1,3$ | ТБ ¹⁶⁰ =0,21 ТВ ¹⁶⁰ =0,18 ТЖ ¹⁶⁰ =0,4 ТИ ¹⁶⁰ =0,25 ТХ ¹⁶⁰ =0,1 ТА ¹⁶⁰ =0,19 | | $[Z_1^{160}]=A^{140}-A^{160}$ | $A^{140}=56,6_{-0,3}$ |
| 140 Токарная | | ТА ¹⁴⁰ =0,3 ТФ ¹⁴⁰ =0,26 ТУ ¹⁴⁰ =0,4 ТЩ ¹⁴⁰ =0,4 ТР ¹⁴⁰ =0,14 Тz ₂₅ ¹⁴⁰ =0,2 | | | |
| 100 Заготов. | | | | | |

Рисунок 2.5 – Схема линейных размеров

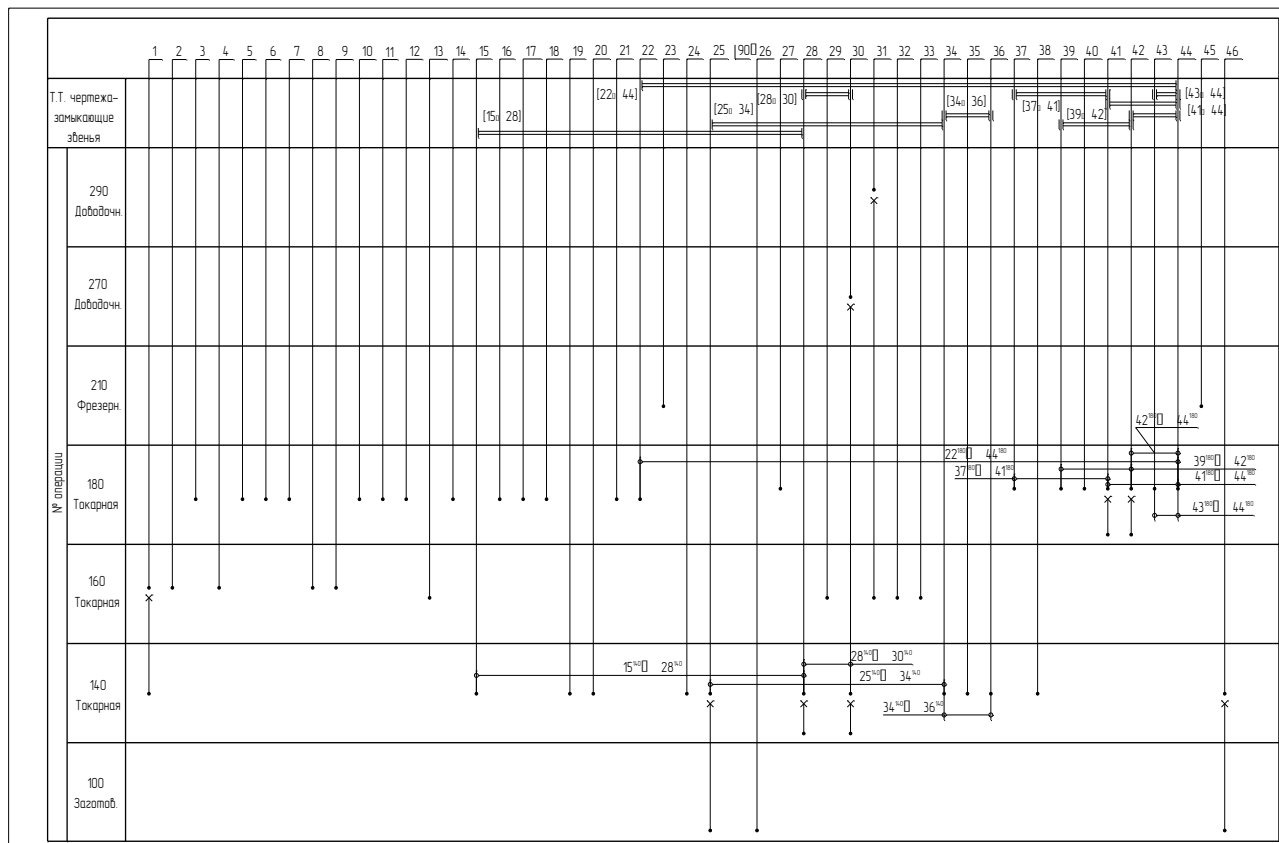


Рисунок 2.6 – Схема пространственных отклонений

2.7.2 Технологический маршрут обработки детали

Для технологической обработки детали «Корпус клапана ГЗС4» необходимо составить маршрут обработки.

Данный маршрут приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технологический процесс обработки

| Номер операции | Эскиз | Допуски и технические требования |
|---------------------|-------|----------------------------------|
| 000 Заготовительная | | $T2c1^{00}=0,62$ |

Продолжение таблицы 2.2

| Номер операции | Эскиз | Допуски и технические требования |
|--------------------|-------|--|
| 140 Токарная с ЧПУ | | <p> $T_A^{140}=0,3$ $T_U^{140}=0,4$ $T_R^{140}=0,25$ $T_{Ш}^{140}=0,4$ $T_{\Phi}^{140}=0,26$ $T_{2a}^{140-1}=0,18$ $T_{2a}^{140-2}=0,14$ $T_{2B}^{140-1}=0,11$ $T_{2B}^{140-2}=0,043$ $T_{2Г}^{140}=0,12$ $T_{2Д}^{140}=2,22$ $T_{2e}^{140}=0,12$ $T_{2Ж}^{140}=0,3$ $15^{140};30^{140}=0,05$ $\uparrow 25^{140};34^{140}=0,08$ $36^{140};34^{140}=0,05$ </p> |
| 160 Токарная с ЧПУ | | <p> $T_A^{160}=0,19$ $T_B^{160}=0,21$ $T_B^{160}=0,18$ $T_{Ж}^{160}=0,4$ $T_X^{160}=0,1$ $T_{И}^{160}=0,25$ $T_{2Я}^{160}=0,12$ $T_{2Э}^{160}=0,035$ $T_{2Ю}^{160}=0,43$ $T_{2\sigma}^{160}=0,1$ </p> |

Продолжение таблицы 2.2

| Номер операции | Эскиз | Допуски и технические требования |
|---------------------|-------|---|
| 180 Токарная с ЧПУ | | <p> $Ty^{180}=0,13$ $Tш^{180}=0,4$ $TT^{180}=0,15$ $ТП^{180}=0,2$ $ТО^{180}=0,4$ $ТН^{180}=0,13$ $Tф^{180}=0,16$ $ТМ^{180}=0,4$ $Тх^{180}=0,16$ $ТЛ^{180}=0,1$ $Тц^{180}=0,16$ $ТЧ^{180}=0,16$ $ТЦ^{180}=0,16$ $Т2п^{180}=0,14$ $Т2о^{180}=0,236$ $Т2н^{180}=0,084$ $Т2м^{180}=0,12$ $Т2к^{180}=0,045$ $Т2и^{180}=0,35$ $Т2л^{180}=0,12$ $Т2м^{180}=0,17$ </p> |
| 210 Фрезерная с ЧПУ | | <p> $ТС^{210}=0,35$ $Т2р^{210}=0,21$ </p> |

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

Окончание таблицы 2.2

| Номер операции | Эскиз | Допуски и технические требования |
|-------------------|-------|----------------------------------|
| 270 Доводочная | | Т2В ²⁷⁰ =0,043 |
| 290 Доводочная | | Т2Э ²⁹⁰ =0,035 |

2.7.3 Расчет размерных цепей

Произведем проверку точности разработки технологического процесса по схеме линейных размеров в соответствии с рисунком 2.5.

- 1) $TГ = TЦ^{180} + TХ^{180} = 0,19 + 0,16 = 0,33 < 0,62$
- 2) $TЕ = TЛ^{180} + TХ^{180} + TЦ^{180} = 0,10 + 0,16 + 0,16 = 0,36 < 0,45$
- 3) $TК = Tф^{180} + TН^{180} = 0,16 + 0,13 = 0,29 < 0,45$
- 4) $TД = Tф^{180} + Tу^{180} = 0,16 + 0,13 = 0,29 < 0,62$

По схеме диаметральных размеров и пространственных отклонений уравнений, требующих проверки, нет.

Произведем расчет межоперационных размеров по схеме линейных размеров.

$$1) [E] = L^{180} - x^{180} - Ц^{180}$$

$$\Delta_0 E = -0,025 \quad \Delta_0 L^{180} = -0,08 \quad \Delta_0 Ц^{180} = 0,08$$

$$\Delta_0 x^{180} = -0,08 - 0,08 + 0,025 = -0,135$$

$$\frac{\omega x^{180}}{2} = \frac{0,16}{2}$$

$$x_{ном}^{180} = 44 - 3,6 - 1,7 = 38,7$$

$$x_{max}^{180} = 38,7 + (-0,135) + \frac{0,16}{2} = 38,645$$

$$x^{180} = 38,565 \pm 0,08$$

$$2) [Г] = Ц^{180} - x^{180}$$

$$x_{\text{НОМ}}^{180} = 0 \quad \Delta_0 \Gamma = 0,09 \quad \Delta_0 \Pi^{180} = 0,09 - 0 = 0,09$$

$$\frac{\omega \Pi^{180}}{2} = \frac{0,16}{2}$$

$$\Pi_{\text{НОМ}}^{180} = 7 + 38,565 = 45,565$$

$$\Pi_{\text{МАХ}}^{180} = 45,565 + 0,09 + \frac{0,16}{2} = 45,735$$

$$\Pi^{180} = 45,655 \pm 0,08$$

$$3) [K] = \Phi^{180} - H^{180}$$

$$\Delta_0 K = -0,025 \quad \Delta_0 H^{180} = -0,065 \quad \Delta_0 \Phi^{180} = -0,025 + (-0,065) = -0,09$$

$$\frac{\omega \Phi^{180}}{2} = \frac{0,16}{2}$$

$$\Phi_{\text{НОМ}}^{180} = 1,7 + 26 = 27,7$$

$$\Phi_{\text{МАХ}}^{180} = 27,7 + (-0,09) + \frac{0,16}{2} = 27,69$$

$$\Phi^{180} = 27,61 \pm 0,08$$

$$4) [D] = \Phi^{180} - y^{180}$$

$$\Delta_0 D = 0,09 \quad \Delta_0 \Phi^{180} = 0 \quad \Delta_0 y^{180} = 0 - 0,09 = -0,09$$

$$\frac{\omega y^{180}}{2} = \frac{0,13}{2}$$

$$y_{\text{НОМ}}^{180} = 27,61 - 7 = 20,61$$

$$y_{\text{МАХ}}^{180} = 20,61 + (-0,09) + \frac{0,13}{2} = 20,585$$

$$y^{180} = 20,52 \pm 0,065$$

$$5) [Z_1^{160}] = A^{140} - A^{160}$$

$$\Delta_0 A^{140} = \frac{0 - 0,3}{2} = -0,15 \quad \Delta_0 A^{160} = \frac{0 - 0,19}{2} = -0,095$$

$$\Delta_0 Z^{160} = -0,15 - (-0,095) = -0,055$$

$$\frac{\omega A^{140}}{2} = \frac{0,13}{2} = 0,15 \quad \frac{\omega Z_1^{160}}{2} = 0,15 + 0,095 = 0,245$$

$$Z_{\text{НОМ}}^{160} = Z_{1\text{МІН}}^{160} - \Delta_0 Z_1^{160} + \frac{\omega Z_1^{160}}{2} = 0,3 + 0,055 + 0,245 = 0,6$$

$$A_{\text{НОМ}}^{140} = 0,6 + 56 = 56,6$$

$$A_{\text{МАХ}}^{140} = 56,6 + (-0,15) + 0,15 = 56,6$$

$$A^{140} = 56,6_{-0,3}$$

- по схеме диаметральных размеров:

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 28 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 151001.2017.110.00 ПЗ | | | | |

$$6) [Z_{31}^{290}] = \vartheta^{290} - \vartheta^{160} - 31^{290} 26^{100} - 31^{160} 26^{100}$$

$$[Z_{31\max}^{290}] = \vartheta_{\max}^{290} - \vartheta_{\min}^{160} - 31^{290} 26_{\max}^{100} - 31^{160} 26_{\max}^{100}$$

$$\vartheta_{\min}^{160} = \vartheta_{\max}^{290} - Z_{31\max}^{290} - 31^{290} 26_{\max}^{100} - 31^{160} 26_{\max}^{100} = 6,5175 - 0,025 - 0,01 - 0,02 = 6,4625$$

$$\vartheta^{160} = 6,4625^{+0,0175}$$

$$7) [Z_{30}^{270}] = b^{270} - b^{140-II} - 30^{270} 26^{100} - 30^{140-II} 26^{100}$$

$$[Z_{31\max}^{290}] = b_{\max}^{270} - b_{\min}^{140-II} - 30^{270} 26_{\max}^{100} - 30^{140-II} 26_{\max}^{100}$$

$$b_{\min}^{140-II} = b_{\max}^{270} - Z_{31\max}^{290} - 30^{270} 26_{\max}^{100} - 30^{140-II} 26_{\max}^{100} = 5,5215 - 0,025 - 0,01 - 0,02 = 5,4665$$

$$b^{140-II} = 5,4665^{+0,0215}$$

$$8) [Z_{41}^{180-II}] = M^{180-I} - M^{180-II} - 41^{180-II} 26^{100} - 41^{180-I} 26^{100}$$

$$Z_{41\min}^{180-II} = M_{\min}^{180-I} - M_{\max}^{180-II} - 41^{180-II} 26^{100} - 41^{180-I} 26_{\max}^{100}$$

$$M_{\min}^{180-I} = Z_{41\min}^{180-II} + M_{\max}^{180-II} + 41^{180-II} 26^{100} + 41^{180-I} 26_{\max}^{100} = 0,11 + 8,992 + 0,02 + 0,03 = 9,152$$

$$M^{180-I} = 9,194_{-0,042}$$

$$9) [Z_{42}^{180-II}] = H^{180-I} - H^{180-II} - 42^{180-II} 26^{100} - 42^{180-I} 26^{100}$$

$$H_{\min}^{180-I} = Z_{42\min}^{180-II} + H_{\max}^{180-II} + 42^{180-II} 26_{\max}^{100} + 42^{180-I} 26^{100} = 0,11 + 9,49 + 0,02 + 0,03 = 9,65$$

$$0,03 = 9,65$$

$$H^{180-I} = 9,692_{-0,042}$$

$$10) [Z_{46}^{140}] = C^{100} - C^{140} - 46^{140} 26^{100} - 46^{100} 26^{100}$$

$$C_{\min}^{100} = Z_{46\min}^{140} + C_{\max}^{140} + 46^{140} 26_{\max}^{100} - 46^{100} 26_{\max}^{100} = 1,0 + 14,5 + 0,05 + 0,1 = 15,65$$

$$15,65$$

$$C^{100} = 15,96_{-0,31}$$

$$11) [Z_{30}^{140-II}] = b^{140-II} - b^{140-I} - 30^{140-II} 26^{100} - 30^{140-I} 26^{100}$$

$$b_{\min}^{140-I} = b_{\max}^{140-II} + Z_{30\max}^{140-II} + 30^{140-II} 26_{\max}^{100} - 30^{140-I} 26_{\max}^{100} = 5,488 - 0,42 - 0,02 - 0,05 = 4,938$$

$$0,05 = 4,938$$

$$b^{140-I} = 4,998^{+0,055}$$

$$12) [Z_{28}^{140-II}] = a^{140-II} - a^{140-I} - 28^{140-II} 26^{100} - 28^{140-I} 26^{100}$$

$$a_{\min}^{140-I} = a_{\max}^{140-II} - Z_{28\max}^{140-II} - 28^{140-II} 26_{\max}^{100} - 28^{140-I} 26_{\max}^{100} = 3,07 - 0,25 - 0,02 - 0,05 = 2,75$$

$$0,05 = 2,75$$

$$a^{140-I} = 2,75^{+0,09}$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 29 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 151001.2017.110.00 ПЗ | | | | |

2.8 Расчет режимов резания и норм времени

2.8.1 Расчет режимов резания

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

Произведем расчет для операции 160 – токарной с ЧПУ.

1 переход: подрезать торец

Выбираем подачу по таблице: $S=0,1$ мм/об.

Скорость резания определяется по формуле

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.9)$$

где $K_1=0.8$ – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,
 $K_2=0.9$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,
 $K_3=1.0$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

$$V = 105 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 75,6 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.10)$$

где D – максимальный диаметр обработки, $D=28,95$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 75,6}{3,14 \cdot 28,95} = 831,66 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n=800$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания по формуле

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}, \quad (2.11)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 28,95 \cdot 800}{1000} = 72 \text{ м/мин.}$$

Определим мощность двигателя, необходимую для процесса резания, по формуле

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 30 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, \quad (2.12)$$

где P_z – максимальная сила резания при точении, определяется по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.13)$$

где $C_p=40$, $x=1,0$, $y=0,75$, $n=0$, $K_p=0,9$ – коэффициенты от силы резания,
 t – глубина резания, $t=1$ мм

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 75,4^0 \cdot 0,9 = 64 \text{ Н},$$

$$N_p = \frac{64 \cdot 72}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_p \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

2 переход: центровать торец.

Выбираем подачу по таблице: $S=0,1$ мм/об.

$$V = 28 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 20,47 \text{ м/мин},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,47}{3,14 \cdot 8} = 815 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n=800$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20 \text{ м/мин.}$$

Определим мощность двигателя, необходимую для процесса резания при глубине резания $t=1$ мм

$$N_p = \frac{M_z \cdot n}{9750} \quad (2.14)$$

где M_z – максимальный крутящий момент при сверлении, определяется по формуле :

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 31 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$M_z = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.15)$$

$$M_z = 10 \cdot 0,041 \cdot 8^2 \cdot 0,1^0 \cdot 0,9 = 23,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_p = \frac{23,6 \cdot 800}{9750} = 1,93 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_e \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

3 переход: сверлить отверстие.

Выбираем подачу по таблице: $S = 0,1$ мм/об.

$$V = 28 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 20,47 \text{ м/мин,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,47}{3,14 \cdot 8} = 815 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n = 800$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20 \text{ м/мин.}$$

Определим мощность двигателя, необходимую для процесса резания при глубине резания $t = 1$ мм

$$N_p = \frac{M_z \cdot n}{9750} \quad (2.14)$$

где M_z – максимальный крутящий момент при сверлении, определяется по формуле :

$$M_z = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.15)$$

$$M_z = 10 \cdot 0,041 \cdot 8^2 \cdot 0,1^0 \cdot 0,9 = 23,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_p = \frac{23,6 \cdot 800}{9750} = 1,93 \text{ кВт.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 32 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_e \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

4 переход: расточить отверстие.

Выбираем подачу по таблице: $S=0,1$ мм/об.

$$V = 28 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 20,47 \text{ м/мин,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,47}{3,14 \cdot 9} = 874 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n=800$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 800}{1000} = 22,6 \text{ м/мин}$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 22,6^0 \cdot 0,9 = 32 \text{ Н}$$

$$N_p = \frac{32 \cdot 22,6}{1020 \cdot 60} = 0,02 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_p \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

5 переход: расточить канавку.

Выбираем подачу по таблице: $S=0,05$ мм/об.

$$V = 23 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 16,58 \text{ м/мин,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 16,58}{3,14 \cdot 13,2} = 401 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n=400$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 13,2 \cdot 400}{1000} = 16,5 \text{ м/мин}$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2,1^1 \cdot 0,05^{0,75} \cdot 16,5^0 \cdot 0,9 = 80 \text{ Н}$$

$$N_p = \frac{16,5 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 0,02 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_p \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

6 переход: расточить канавку.

Выбираем подачу по таблице: $S=0,05$ мм/об.

$$V = 25 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 18 \text{ м/мин,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 13,8} = 415 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n=400$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 13,8 \cdot 400}{1000} = 17,3 \text{ м/мин}$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2,4^1 \cdot 0,05^{0,75} \cdot 17,3^0 \cdot 0,9 = 67 \text{ Н}$$

$$N_p = \frac{17,3 \cdot 67}{1020 \cdot 60} = 0,02 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_p \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

7 переход: расточить отверстие.

Выбираем подачу по таблице: $S=0,1$ мм/об.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 34 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 151001.2017.110.00 ПЗ | | | | | |

$$V = 45 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 33 \text{ м/мин,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 33}{3,14 \cdot 12,925} = 815 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем ближайшее меньшее значение из стандартного ряда. $n_n=800$ об/мин.

Для выбранной частоты вращения пересчитываем фактическое значение скорости резания

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 12,925 \cdot 800}{1000} = 32,5 \text{ м/мин}$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,96^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 32,5^0 \cdot 0,9 = 64 \text{ Н}$$

$$N_p = \frac{64 \cdot 32,5}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения работоспособность станка при выполнении данной операции, необходимо чтобы было выполнено следующее условие: $N_p \leq N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,12$ кВт.

Условие выполняется, а значит, станок для выполнения данной операции подойдет.

Аналогично рассчитываются режимы резания для остальных операций. Для удобства результаты расчета сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Режимы резания

| Номер операции | Наименование операции и содержание перехода | Режимы резания | | | | |
|----------------|---|----------------|-----------|------------|-----------|-----------------------|
| | | t, мм. | S, мм/об. | n, об/мин. | V, м/мин. | N _e , кВт. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 140 | Токарная 1 подрезать торец, точить поверхность | 1,0 | 0,1 | 800 | 80 | 1,04 |
| | 2 центровать | 1,0 | 0,1 | | | |

Окончание таблицы 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|----------------------------------|------|------|-----|------|------|
| | торец 3 сверлить отверстие | 5,0 | 0,1 | 800 | 25 | 0,33 |
| | 4 сверлить отверстие | 2,5 | 0,1 | 800 | 12,6 | 0,16 |
| | 5 расточить отверстие | 0,25 | 0,1 | 800 | 13,8 | 0,18 |
| | 6 расточить отверстие | 0,47 | 0,1 | 800 | 27 | 0,18 |
| | 7 расточить канавку | 4 | 0,05 | 400 | 18 | 0,12 |
| | 8 расточить отверстия | 2,25 | 0,1 | 800 | 36 | 0,47 |
| | 9 нарезать резьбу | 0,5 | 1,5 | 200 | 8,8 | 0,06 |
| | 10отрезать деталь | | | | | |
| | Токарная | | | | | |
| | 1точить поверхность | 2,97 | 0,1 | 800 | 72,7 | 0,95 |
| | 2точить канавку | 1,7 | 0,05 | 400 | 36 | 0,24 |
| | 3точить поверхность | 2,97 | 0,1 | 800 | 72,7 | 0,95 |
| | 4точить канавку | 1,44 | 0,05 | 400 | 24 | 0,16 |
| | 5точить канавку | 1,6 | 0,05 | 400 | 24 | 0,16 |
| 180 | 6центровать отверстия | | | | | |
| | 7сверлить отверстия | 1 | 0,1 | 800 | 7,5 | 0,1 |
| | 8центровать отверстия | 2,75 | 0,1 | 800 | 7,5 | 0,1 |
| | 9сверлить отверстия | 3,75 | 0,1 | 800 | 7,5 | 0,1 |
| | 10нарезать резьбу | 0,5 | 1,5 | 200 | 13,8 | 0,05 |
| 210 | Фрезерная | | | | | |
| | 1фрезеровать шестигранник | 1,5 | 60 | 500 | 157 | 1,23 |

2.8.2 Нормирование технологической операции

Определим для каждой операции основное время обработки по формуле

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | | 36 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 151001.2017.110.00 ПЗ | | | | | | |

$$T_0 = \sum T_{0i}, \text{ мин} \quad (2.16)$$

где T_{0i} – основное (машинное) время обработки на каждом из переходов, определяемое по формуле

$$T_{0i} = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \quad (2.17)$$

где L – длина обработки, мм;

S – подача, мм/об;

n – число оборотов, об/мин;

i – число переходов.

Произведем расчет для операции 160 – токарной с ЧПУ.

$$T_{0i} = \frac{16,5}{0,1 \cdot 800} \cdot 1 = 0,21 \text{ мин},$$

$$T_{0i} = \frac{10}{0,1 \cdot 800} \cdot 1 = 0,125 \text{ мин},$$

$$T_{0i} = \frac{25}{0,1 \cdot 800} \cdot 1 = 0,31 \text{ мин}.$$

$$T_{0i} = \frac{25}{0,1 \cdot 800} \cdot 1 = 0,31 \text{ мин}.$$

$$T_{0i} = \frac{5}{0,05 \cdot 400} \cdot 1 = 0,25 \text{ мин}.$$

$$T_{0i} = \frac{5}{0,05 \cdot 400} \cdot 1 = 0,25 \text{ мин}.$$

$$T_{0i} = \frac{18}{0,1 \cdot 800} \cdot 1 = 0,22 \text{ мин}$$

$$T_0 = 0,21 + 0,125 + 0,31 + 0,31 + 0,25 + 0,25 + 0,22 = 1,68 \text{ мин}.$$

Штучное время обработки определяется по формуле

$$T_{шт} = T_0 + T_{всп} + T_{тех} + T_{орг} + T_{отл.}, \quad (2.18)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 37 |

где $T_{всп}$ – вспомогательное время, определяется по формуле

$$T_{всп} = T_{уст} + T_{п.о.} + T_{к.о.}, \quad (2.19)$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{п.о.}$ – время на подвод и отвод инструмента к детали, $T_{п.о.} = 0,05$ мин;

$T_{к.о.}$ – время на контрольный обмер детали, $T_{к.о.} = 0,1$ мин;

$T_{тех}$ – время на техническое обслуживание, $T_{тех} = 0,07$ мин;

$T_{орг}$ – организационное время, $T_{орг} = 0,1$ мин;

$T_{от.л.}$ – время на отдых и личные нужды, $T_{от.л.} = 0,1$ мин.

$$T_{шт160} = 1,68 + 1,27 + 0,07 + 0,1 + 0,1 = 3,22 \text{ мин.}$$

Штучное калькуляционное время определяется по формуле

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.20)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

n – число деталей в партии находится по формуле

$$n = \frac{T_{пз}}{T_{шт} \cdot \alpha}, \quad (2.17)$$

где α – коэффициент допустимых потерь на переналадку, $\alpha = 0,05$.

$$n = \frac{25}{3,22 \cdot 0,05} = 155 \text{ шт}$$

$$T_{шт.к160} = 3,22 + \frac{25}{155} = 3,38 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываются нормы времени для остальных операций. Для удобства результаты расчета сведем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Нормы времени

| Номер операции | Наименование операции | T_0 , мин. | $T_{всп}$, мин. | $T_{п.з.}$, мин. | $T_{шт.}$, мин. | $T_{шт.к.}$, мин. |
|----------------|-----------------------|--------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| 140 | Токарная с ЧПУ | 2,83 | 1,46 | 25 | 4,68 | 4,84 |
| 150 | Токарная | 1,5 | 0,8 | 15 | 2,51 | 2,63 |

Окончание таблицы 2.4

| Номер операции | Наименование операции | То, мин. | Твсп, мин. | Тп.з., мин. | Тшт., мин. | Тшт.к., мин. |
|----------------|-----------------------|----------|------------|-------------|------------|--------------|
| 170 | Токарная | 2,5 | 0,8 | 15 | 3,6 | 3,78 |
| 180 | Токарная с ЧПУ | 2,33 | 1,86 | 25 | 4,57 | 4,73 |
| 190 | Токарная | 2,9 | 0,8 | 15 | 4,03 | 4,23 |
| 210 | Фрезерная с ЧПУ | 4,25 | 1,09 | 25 | 5,82 | 6,1 |

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Проектирование зажимного приспособления для токарной операции

3.1.1 Теоретическая схема базирования

Для обработки детали на операции 210 применяется специальное приспособление с цанговым зажимом, оснащенное пневмоцилиндром.

Основной базой является $\varnothing 22h12$, Ra3,2 и опорный торец 18.

Разработанная теоретическая схема базирования, показанная на рисунке 3.1, позволяет лишить деталь 5 степеней свободы в процессе обработки.

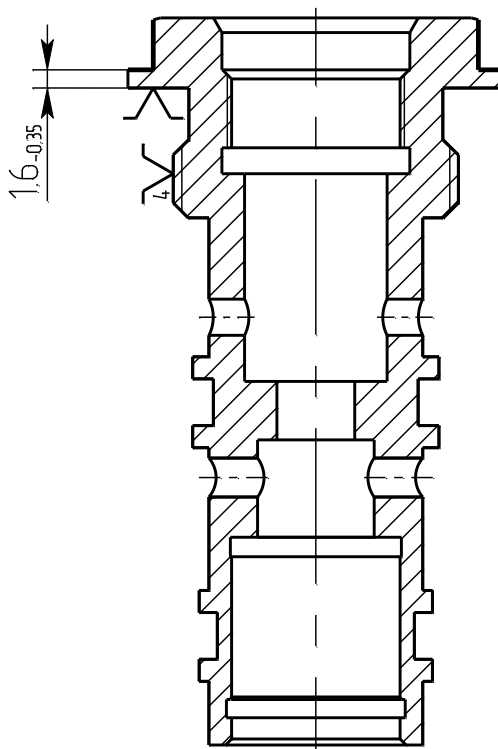


Рисунок 3.1 – Теоретическая схема базирования

3.1.2 Проектирование схемы приспособления

Рассмотрим схему фрезерного приспособления, показанную на рисунке 3.2. При подаче воздуха через штуцер 11 в нижнюю полость пневмоцилиндра 9 поршень 10 перемещается вверх и двигает вверх винты и втулку 4, которая в свою очередь давит на лепестки цанги, обеспечивая зажим детали. Поворот осуществляется с помощью делительного механизма. При подаче воздуха через штуцер 28 в левую полость пневмоцилиндра 3 поршень 24 с рейкой передает вращение эксцентриковому диску 6, который выводит из паза делительного диска 7 фиксатор 12 и через собачки поворачивает делительный диск совместно с механизмом зажима. При спуске воздуха поршень под действием пружин 14 и 19 принимает первоначальное положение

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 40 |

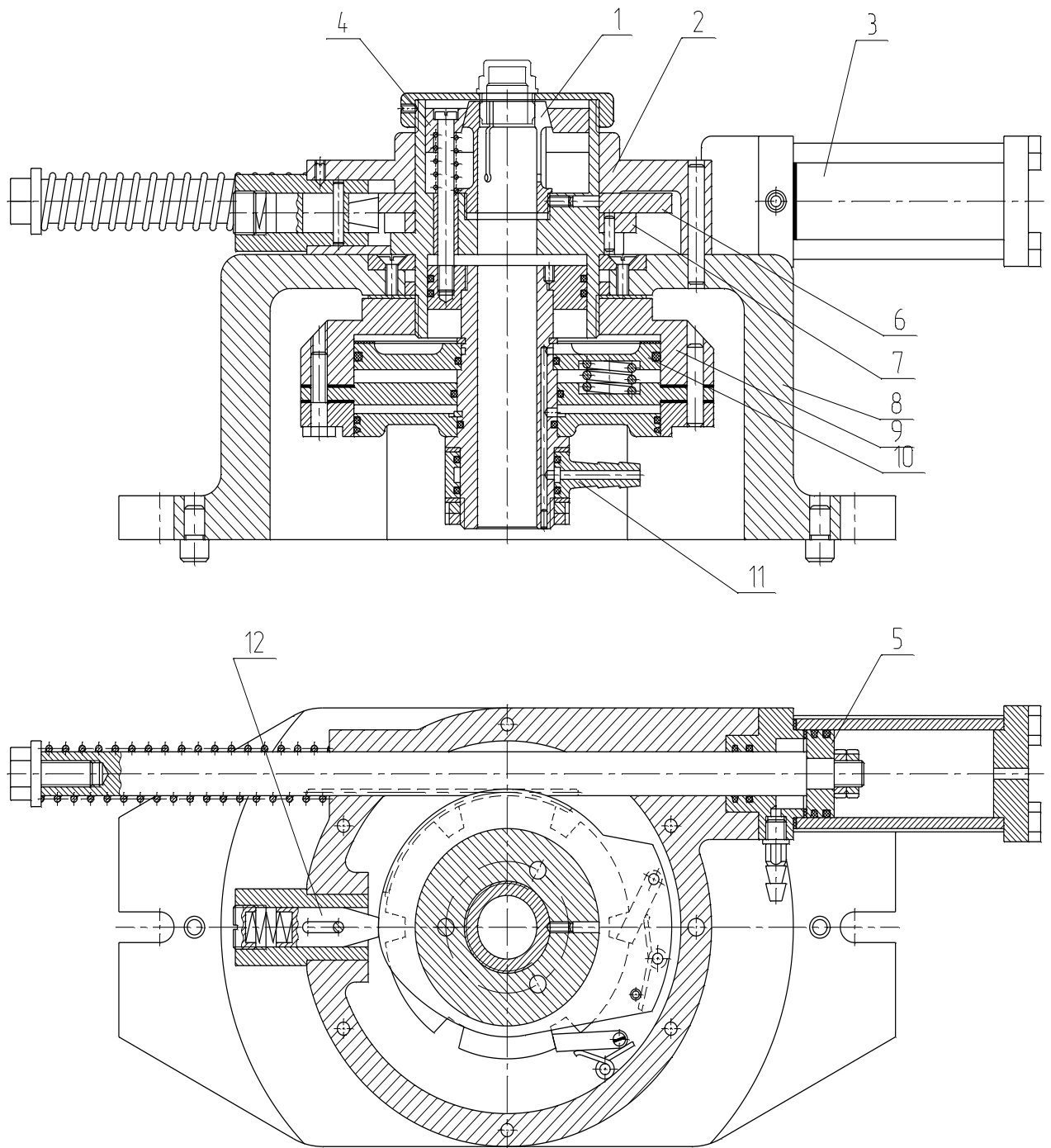


Рисунок 3.2 – Схема приспособления

3.1.3 Силовой и прочностной расчет основных элементов приспособления

Формула для расчета усилия цангового зажима будет выглядеть следующим образом:

$$Q=(P_1 + P_2 + P_3) \cdot \text{tg}(a+f), \quad (3.1)$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-----------------------|------|
| | | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 41 |

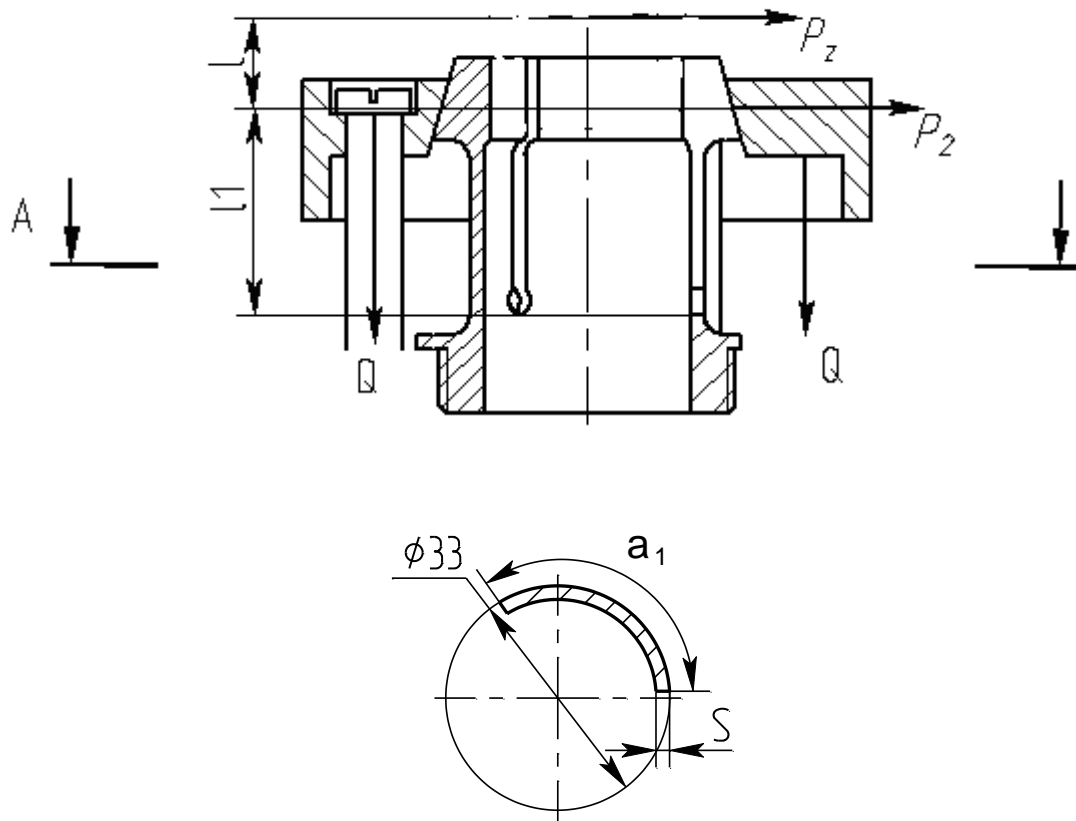


Рисунок 3.3 – Схема действия сил зажима

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

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

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

$$P_1 = 0.375 \frac{ED^3 S \Delta Z}{l_1^3} \left(0.0174 \frac{\alpha_1}{2} + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - 229.88 \frac{\sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right) \quad (3.2)$$

P_2 - сила противостоящая вращению вдоль оси детали

$$P_2 = \frac{1}{\Delta} \sqrt{\frac{M^2}{r^2} + q^2 K} \quad (3.3)$$

P_3 - сила противостоящая вращению детали относительно опорного торца.

$$P_3 = \frac{P_z l_2}{l_3} \quad (3.4)$$

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

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

r – радиус базовой зажатой части, $r = 13,5$ мм

$P_Z = 396,569$ – сила резания при обработке, $P_Z = 396,569$ Н

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

S – толщина изгибающегося лепестка цанги в тонком сечении, $S = 2$ мм²

D – наружный диаметр изгибающихся лепестков цанги, $D = 33$ мм

L_1 – длина лепестков цанги от места ее задела до середины конуса цанги, $L_1 = 30$

α_1 - угол лепестка цанги, $\alpha_1 = 120^\circ$

Z – количество лепестков цанги, $Z = 3$

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

$q = 0,25$

$P_Z = 0,25 \cdot 396,569 = 99,14$ - составляющая часть усилия сдвигающая заготовку вдоль оси,

M – момент, передаваемый цангой (Н·м)

Так как обработка производится парами фрез, то теоретически $M = 0$.

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

$$M = 0,2P_Z = 0,2 \cdot 396,569 = 79,31 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$P_1 = 0,375 \frac{2,1 \cdot 10^4 \cdot 33^3 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 3}{30^3} \left(0,0174 \frac{120}{2} + \sin 120 \cos 120 - 229,88 \frac{\sin^2 120}{120} \right)$$

$$P_1 = 1,32 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$$P_2 = \frac{1}{0,5} \sqrt{\frac{79,31^2}{13,5^2} + 99,14^2 \cdot 1,5} = 243,126 \text{ Н}$$

$$P_3 = \frac{396,569 \cdot 2}{10} = 79,31 \text{ Н}$$

$$Q = (13200 + 243,126 + 79,31) \cdot \text{tg}(30 + 7) = 10,1 \text{ кН}$$

Диаметр пневмоцилиндра определим по формуле

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.5)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 43 |

где D – диаметр пневмоцилиндра,
 d – диаметр штока, мм;
 p – давление сжатого воздуха, $p=0,4$ МПа;
 η – КПД, учитывающий потери в пневмоцилиндре, $\eta=0,8\dots0,9$.

$$\text{Отсюда } D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.6)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10100}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,8}} = 198,5 \text{ мм}$$

Принимаем $D_{п}=200$ мм

Тогда фактическое усилие зажима равно:

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

$$Q = \frac{200^2 \cdot 0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,8}{4} = 10105 \text{ Н}$$

3.1.4 Компоновка зажимного приспособления

Приспособление, показанное на рисунке 3.3, состоит из механизма зажима детали, который вращается вокруг своей оси и делительного механизма, который обеспечивает поворот и фиксацию механизма зажима детали.

Механизм зажима состоит:

- из корпуса 8, на котором закреплены все механизмы приспособления.
- пневмоцилиндра 9, который совместно с поршнем 10 через винты и втулку 4 обеспечивают зажим и разжим лепестков цанги 1, обеспечивая зажим и разжим детали
- штуцера 11, через который подается воздух в пневмоцилиндр.

Делительный механизм состоит:

- из корпуса 2, на котором закреплены делительные механизмы приспособления.
- пневмоцилиндра 3, который через поршень с рейкой 5 передает вращение эксцентриковому диску.
- эксцентрикового диска 6, который выводит из паза делительного диска 7 фиксатор 12 и через собачки поворачивает делительный диск совместно с механизмом зажима.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 44 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 151001.2017.110.00 ПЗ | | | | | |

3.1.5 Расчет приспособления на точность

Рассчитаем погрешность установки для данного приспособления по формуле

$$\delta_{\varepsilon} = K\sqrt{\delta_c^2 + \delta_{p.n}^2 + \delta_{п.о}^2 + \delta_{б.и.б}^2 + \delta_z^2 + \delta_{п.н}^2 + \delta_n^2 + \delta_i^2 + \delta_{p.и}^2 + \delta_d^2 + \delta_{из}^2}, \quad (3.7)$$

где $\delta_c=0.01$ мм – согласно таблице 8.1 /6, с153/;

$\delta_{p.n}=0$ мм – т.к. установочные и измерительные базы совпадают;

$\delta_{п.о}=0.01$ мм – т.к. допустимое биение опорной поверхности у приспособления относительно посадочных поверхностей – центровых отверстий – принято 0.01 мм.;

$\delta_{б.и.б}=0$ мм – т.к. при базировании заготовки в цанге зазор отсутствует;

$\delta_z=0$ мм – т.к. усилие закрепления практически не будет вызывать дополнительного смещения оси центрального отверстия заготовки относительно оси приспособления;

$\delta_{п.н}=0$ мм – т.к. у приспособления нет направляющих элементов для инструмента;

$\delta_n=0$ мм – т.к. погрешность расположения резца относительно приспособления (настройка на размер) не порождает биения поверхности заготовки относительно оси приспособления;

$\delta_i=0$ мм – т.к. погрешность изготовления резца не порождает биения поверхности заготовки;

$\delta_{p.и}=0$ мм – т.к. погрешность изготовления резца не порождает биения поверхности заготовки;

$\delta_d=0$ мм – т.к. при чистовой обработке припуск мал и почти одинаков по окружности;

$\delta_{из}=0$ мм – т.к. износ инструмента не вызывает биения поверхности заготовки относительно оси приспособления.

$$\delta_{\varepsilon} = 1.2\sqrt{0,01^2 + 0,01^2} = 0,017\text{мм.}$$

3.2 Проектирования прибора для контроля резьбы М22х1,5-6е

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

3.2.1 Выбор схемы контроля

При проведении замера, деталь устанавливается в кольцо резьбовое разъемное. Индикатор рычажного типа настраиваются на ноль. Деталь в процессе контроля зажимается в кольце, погрешность изготовления детали фиксируется на индикаторных часах.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 45 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 151001.2017.110.00 ПЗ | | | | |

3.2.2 Компоновка контрольного приспособления

Прибор, показанный на рисунке 3.4, состоит из основания 3, на которое установлен механизм контроля. В стойку 11 закреплен индикатор 52. В корпус 1 установлено кольцо резьбовое, которое настраивается по эталонной детали на ноль. Индикатор крепится сжатием разрезной втулки винтом 9. Принцип работы следующий: деталь устанавливается в разрезное кольцо и по погрешности изготовления детали фиксируется на индикаторных часах.

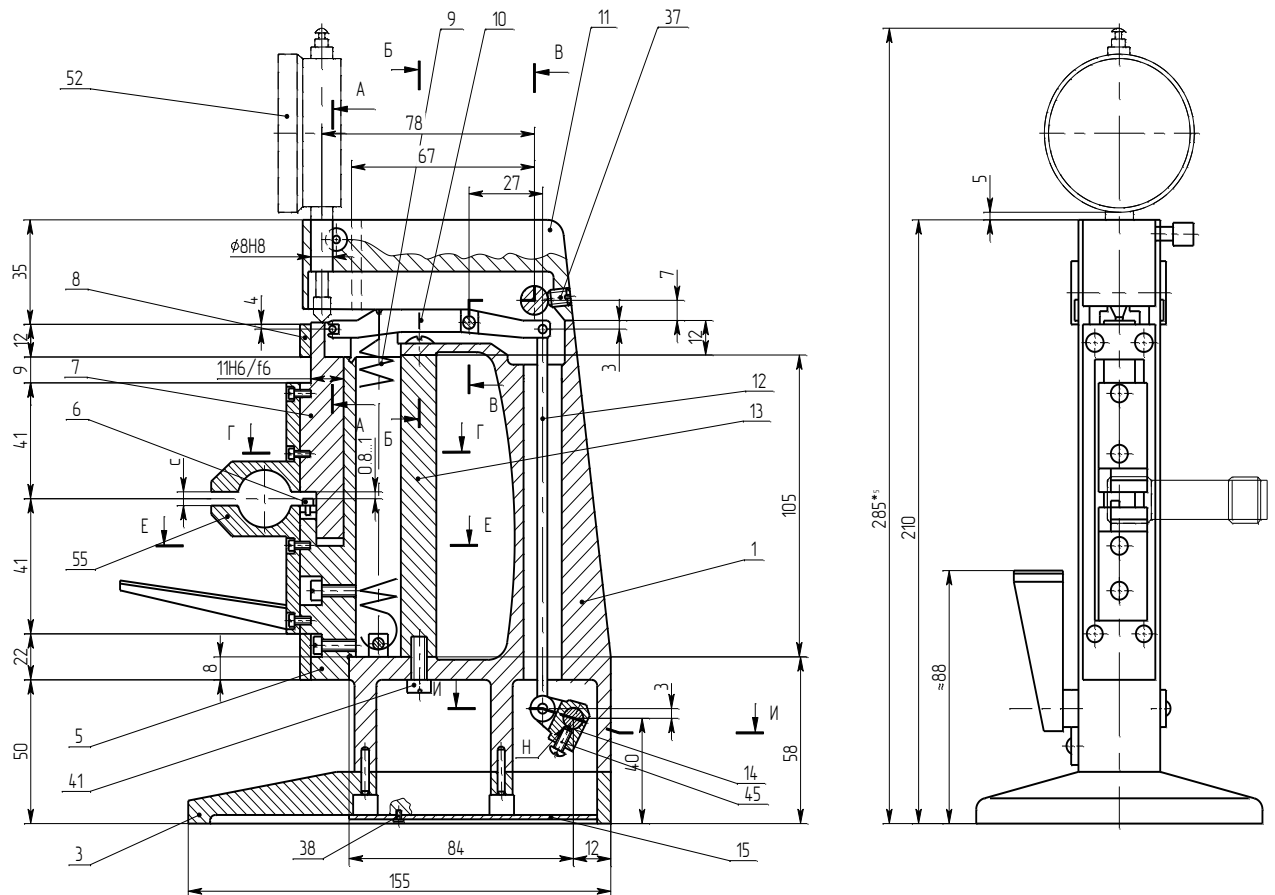


Рисунок 3.4 – Прибор для контроля резьбы

3.2.3 Расчет на точность

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

Расчет погрешности измерения произведем по формуле

$$\omega_{\text{изм}} = \omega_y + \omega_c + \omega_d, \quad (3.8)$$

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 46 |

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

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

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

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

3.3 Проектирование режущего инструмента

В качестве режущего инструмента конструируем набор фрез для обработки шестигранника на операции №210, который показан на рисунке 3.5.

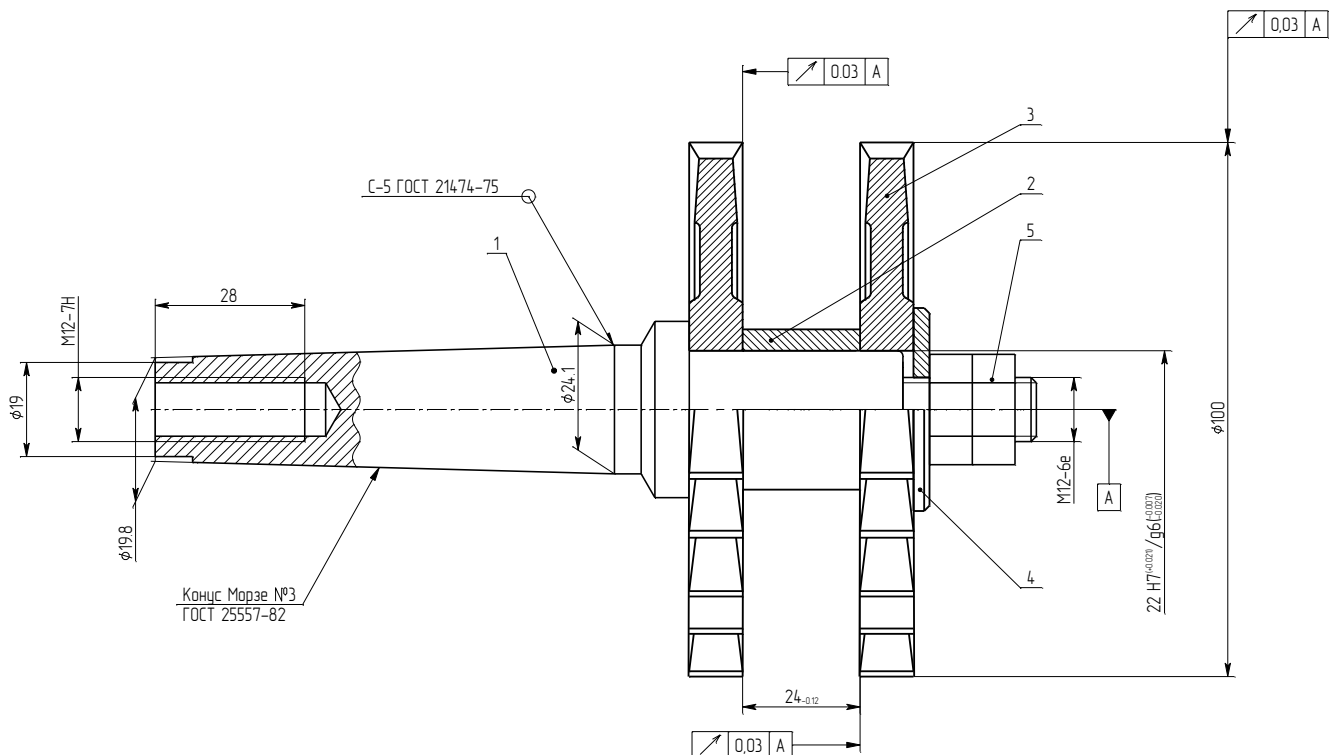


Рисунок 3.5 – Набор фрез

Рассчитаем необходимые усилия и рассмотрим геометрические параметры фрезы по рисунку 3.6.

Принимаем конструктивно:

Геометрия фрезы: передний угол $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\omega = 2^\circ$

Окружной шаг:

$$S_{\text{ОКР}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 100}{18} = 17,4. \quad (3.9)$$

Осевой шаг:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 47 |

$$S_{oc} = \frac{\pi \cdot D}{Z} \operatorname{ctg} \omega = \frac{3,14 \cdot 100}{18} \cdot \operatorname{ctg} 2 = 314.$$

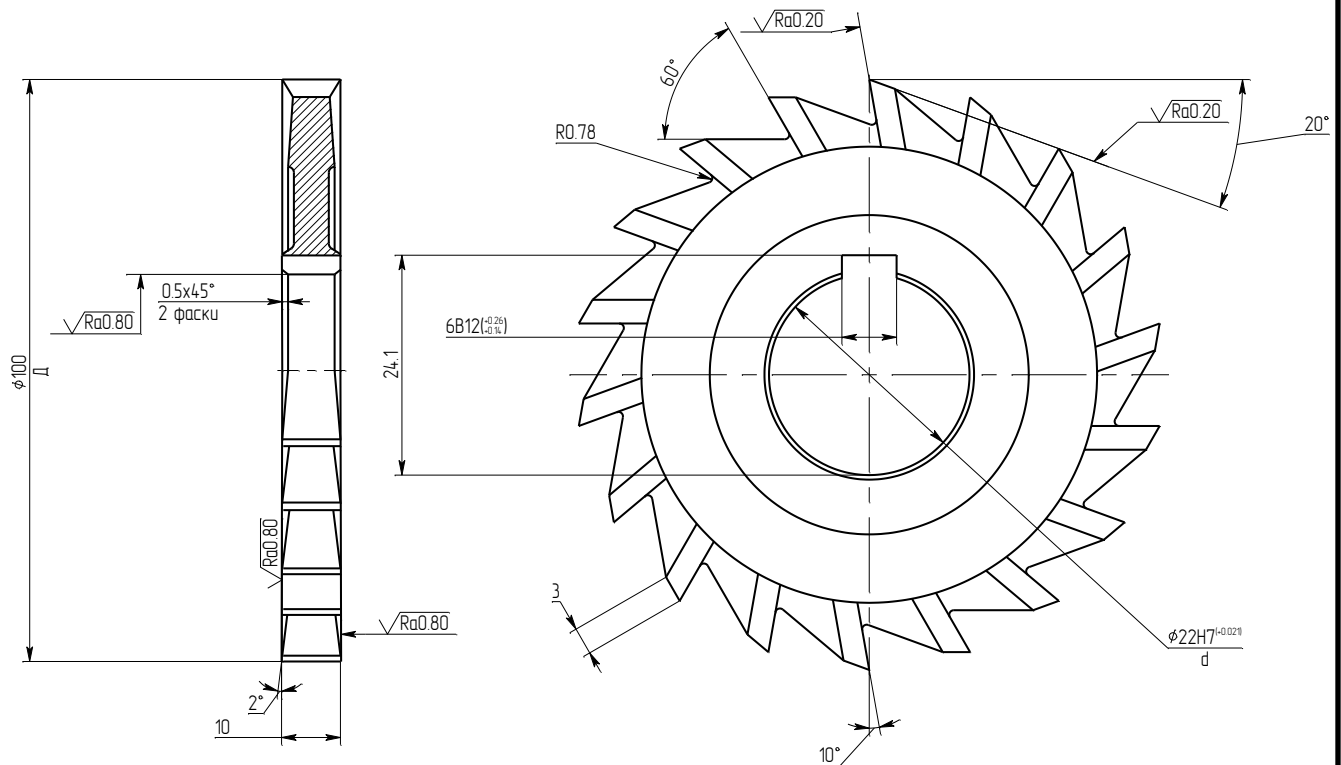


Рисунок 3.6 – Фреза дисковая

$S_z=0,06$ мм/зуб;
 $V= 37,7$ м/мин;
 $n=120$ об/мин;
 $P_z=115,5$ Н;

$$P=1,411 \cdot P_z=1,411 \cdot 115,5=163 \text{ Н}$$

Суммарный момент:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16} P l\right)^2 + \left(\frac{P_z D \phi}{2}\right)^2},$$

$$M_{\text{сум}}=422 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Диаметр посадочного отверстия:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1 \cdot \sigma_{\text{и}}}} \quad (3.12)$$

$$d=21,5 \text{ мм.}$$

Приемаем $d=22$ мм.

Хвостовик фрезы имеет конус Морзе №2 по ГОСТ 25557-82.

3.4 Автоматизация загрузки фрезерного станка.

При обработке шестигранника на горизонтально – фрезерном станке с ЧПУ КФПЭ-250Н автоматизирован процесс загрузки и разгрузки деталей в рабочей зоне станка, который показан на рисунке 3.7. Комплекс состоит из зажимного приспособления 1, в которое устанавливается и закрепляется деталь; манипулятора 2, передающего детали в зажимное приспособление; поворотного стола 3; установочного приспособления 5, ориентирующего деталь на поворотном столе.

Манипулятор 2 установлен на кронштейне 4, прикрепленном к поворотному столу.

Автоматический цикл состоит в следующем. Деталь, установленная в установочное приспособление на поворотном столе, при периодическом повороте стола поступает в рабочую зону манипулятора. Затем манипулятором переносится в рабочую зону станка и устанавливается в зажимном приспособлении. После обработки деталь переносится манипулятором в установочное приспособление. Приспособление остаётся свободным после снятия детали т.к. стол во время обработки не поворачивается. После установки детали в установочном приспособлении стол поворачивается и уже другая деталь переносится в рабочую зону манипулятора, затем цикл повторяется, установка детали на поворотный стол и снятие производится вручную или другими средствами автоматизации.

Расчет усилий.

Расчет диаметра поршня механизма зажима.

Рассмотрев действие сил на деталь, получаем два уравнения:

$$G=F_{\text{тр}} \text{ и } N=P,$$

где G – вес детали, $G = 0,013$ кг;

F – сила трения, $F_{\text{тр}} = 2,8$ Н

$$F_{\text{тр}} = f \cdot N, \quad (3.13)$$

f – коэффициент трения, $f = 0,2$

Отсюда имеем:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 49 |

$$P = \frac{G}{f}, \quad (3.14)$$

С другой стороны

$$P \cdot l_1 = F \cdot l_2, \quad (3.15)$$

где l_1 – плечо силы P , $l_1 = 55 \text{ мм} = 5,5 \text{ см}$

l_2 – плечо силы F , $l_2 = 21 \text{ мм} = 2,1 \text{ см}$

$$F = \frac{Q}{\cos \alpha}, \quad (3.16)$$

где Q – усилие создаваемое поршнем, $Q = 0,72 \text{ кгс}$

α – угол между силами, $\alpha = 74^\circ$

Отсюда имеем:

$$Q = \frac{G \cdot l_1}{l_2 \cdot f} \cdot \cos \alpha, \quad (3.17)$$

$$Q = \frac{0,013 \cdot 5,5}{2,1 \cdot 0,2} \cdot \cos 74 = 0,72 \text{ кгс}$$

Определим поршень гидроцилиндра

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (3.18)$$

где d – диаметр штока, принят конструктивно; $d = 18 \text{ мм} = 1,8 \text{ см}$;

η – коэффициент потерь на трение; $\eta = 0,85$;

p – давление масла в цилиндре, $p = 2 \text{ кг/см}^2$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (3.19)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,72}{2 \cdot 0,85 \cdot 3,14} + 1,8^2} = 2,01 \text{ см}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (3.20)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 50 |

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,72}{2 \cdot 0,85 \cdot 3,14} + 1,8^2} = 2,01 \text{ см}$$

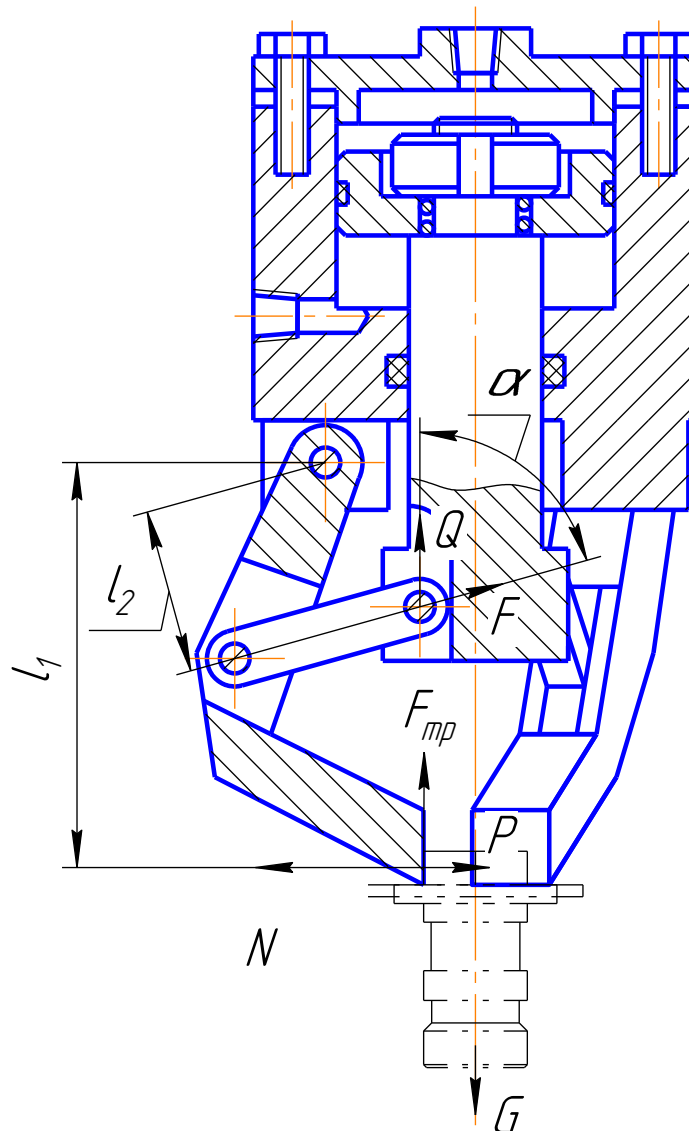


Рисунок 3.8 – Схема действующих сил

Принимаем $D = 35$ мм.

Усилие подъема траверсы

Вес траверсы вместе с корпусом и деталью $G \approx 10$ кг.

Сила сопротивления движения траверсы вверх:

$$Q = G + N_{\text{тр}}, \quad (3.21)$$

где $N_{\text{тр}}$ – сила трения, $N_{\text{тр}} = 2$ кг.

$$N_{\text{тр}} = G \cdot f \quad (3.22)$$

$$N_{\text{тр}} = 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ кг}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 51 |

$$Q = 10 + 2 = 12 \text{ кг}$$

Определим поршень гидроцилиндра

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (3.23)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2}, \quad (3.24)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{2 \cdot 0,85 \cdot 3,14}} = 2,99 \text{ см}$$

Принимаем $D = 35 \text{ мм}$.

Усилие на штоке – рейке при повороте траверсы при давлении $p = 2 \text{ кг/см}^2$:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \quad (3.25)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 2 = 39,25 \text{ кг}$$

где D – диаметр поршня, $D = 50 \text{ мм} = 5 \text{ см}$

3.4.1 Манипулятор

Манипулятор состоит из корпуса 8, в соответствии с рис. 3.9, в котором на конических подшипниках 7 установлен вал – шестерня 9. Зубья шестерни сцепляются со штоком – рейкой 11, на концах которой укреплены поршни 10. Корпус 8 - кроме того, выполняет роль гидроцилиндра.

На верхнем конце вала – шестерни 9 установлена траверса 5, в которую по резьбовой поверхности входит цилиндр 6, таким образом, вал – шестерня 9 является ещё и поршнем гидроцилиндра. На другом конце траверсы 5 укреплен корпус 3. Деталь закрепляется и удерживается тремя захватами 1, расположенными под углом 120° в корпусе 3. Захваты соединены со штоком 2, на котором установлен поршень 4. Корпус 3 - кроме того, выполняет роль гидроцилиндра. Траверса 5 вместе с корпусом 3 имеет два движения: вертикальное и круговое.

Вертикальное перемещение вверх осуществляется при подаче давления в полость цилиндра 6, при этом траверса поднимается вверх. При сбросе давления в

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 52 |

цилиндре траверса вместе с корпусом опускается вниз под собственным весом.

Круговое движение (на угол 180°) траверса вместе с корпусом получает при подаче давление в одну из полостей перед поршнем 10. При этом поршень перемещает шток – рейку, а та в свою очередь вращает вал – шестерню вместе с траверсой, через шпонку 14 установленную на валу. Винты 13 служат для регулирования величины угла поворота вала. Винт 12 является ограничителем хода траверсы в вертикальном направлении.

Захват детали производится при опускании траверсы с корпусом. Давление подается в нижнюю часть гидроцилиндра корпуса 1. Поршень 4 перемещает вверх шток 2 производя сжим захватов. Захваты обхватывают деталь. Затем происходит подъём траверсы вместе с деталью. После подъёма при повороте траверсы на 180° деталь опускается в зажимное приспособление, где и закрепляется. Давление подается в верхнюю часть гидроцилиндра корпуса 1. Поршень 4 перемещает вниз шток 2 производя разжим захватов. Траверса поднимается и поворачивается в исходное положение. Управление перемещениями траверсы, движением поворотного стола и работой зажимного приспособления производится при помощи систем автоматического управления (датчики, микропереключатели, упоры и другое) установленных на узлах и приспособлениях комплекса.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2017.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 53 |

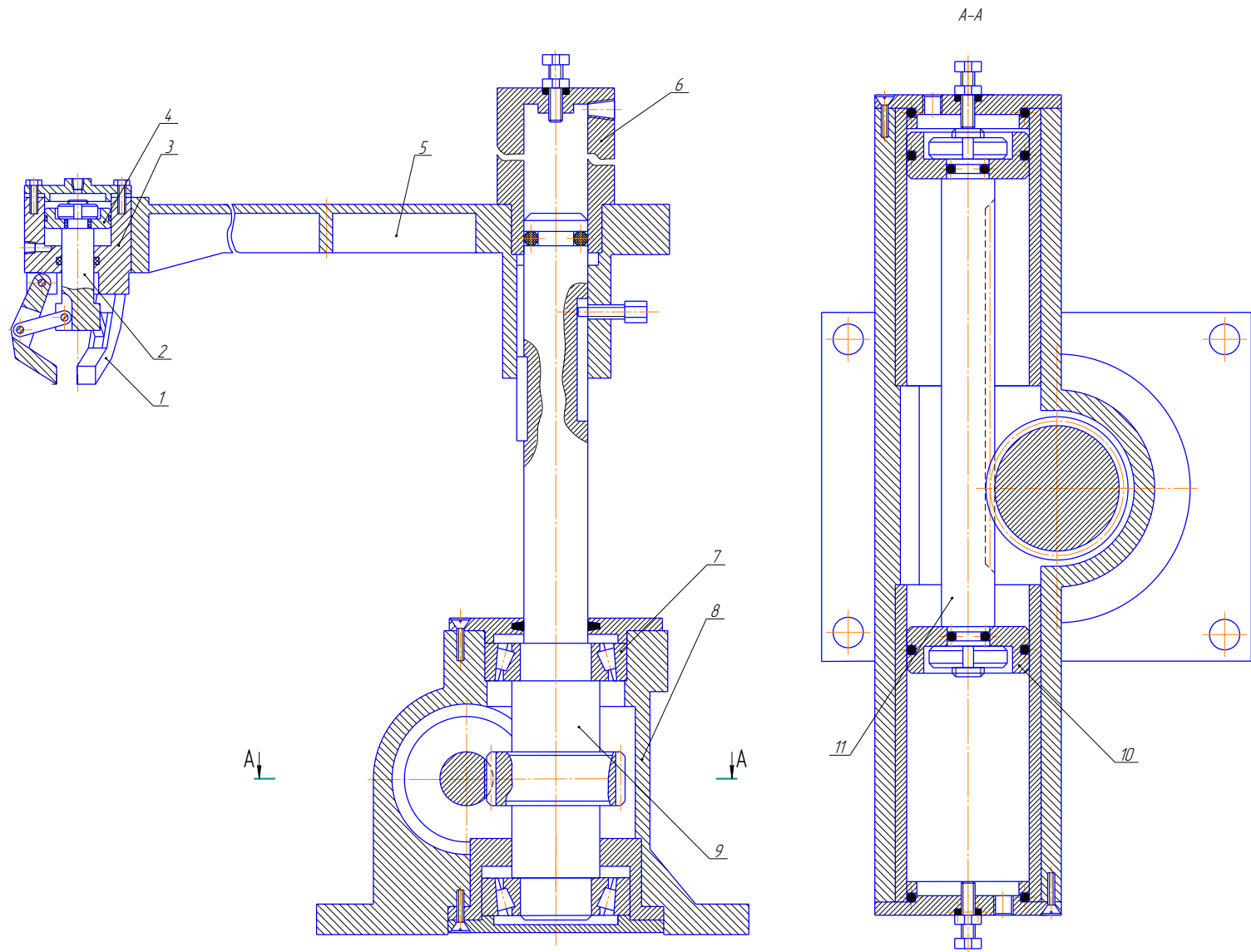


Рисунок 3.9 – Конструкция манипулятора

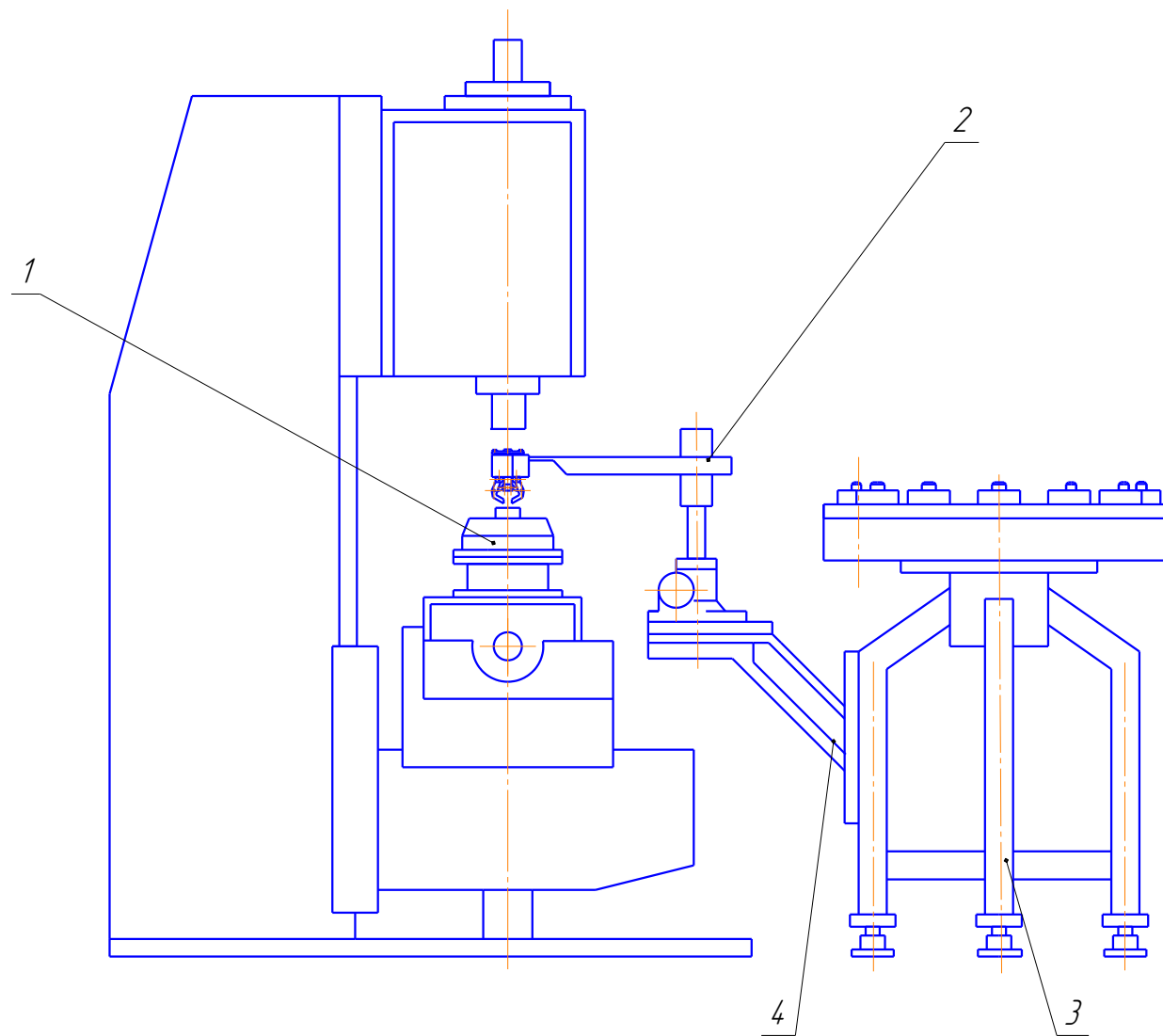
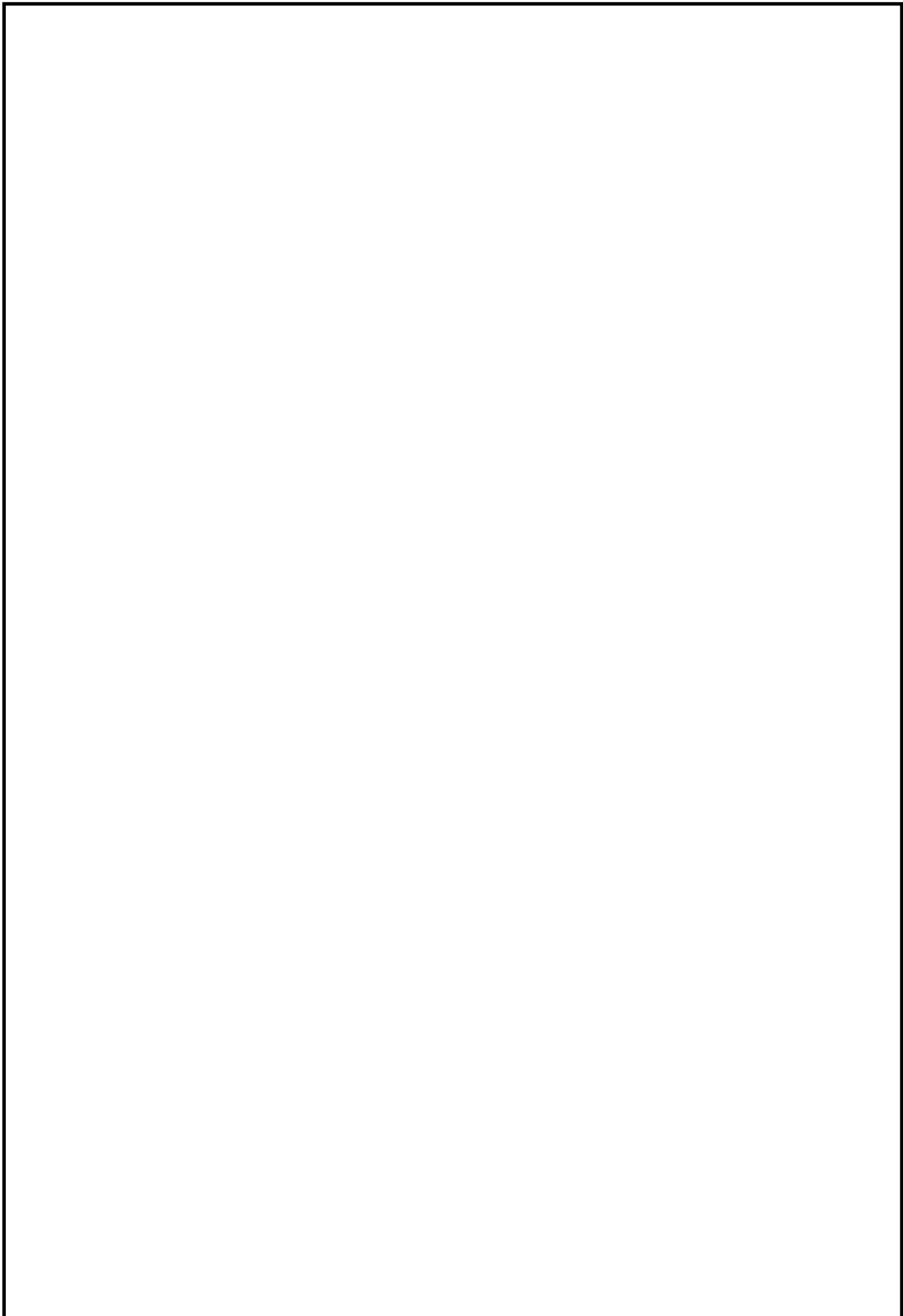


Рисунок 3.7 –Станок и манипулятор



| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 151001.2011.110.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

