

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
в г. Миассе
Факультет «Машиностроительный»
Кафедра «Технология производства машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
И.о. заведующий кафедрой, к.т.н.
_____ Ю.Г.Миков
«_____» 2018 г.

Участок механической обработки детали «Кольцо»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ – 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ ВКР

Консультант, ст. преподаватель
строительный раздел
_____ / О.Б.Кучина /
«_____» 2018 г.

Консультант, ст. преподаватель
безопасность жизнедеятельности
_____ / Е.С.Шапранова /
«_____» 2018 г.

Консультант, ст. преподаватель
автоматизированное проектирование
_____ / Я.В.Высогорец /
«_____» 2018 г.

Руководитель, ст. преподаватель
_____ / О.Б.Кучина /
«_____» 2018 г.

Автор
студент группы _МиМс-441

_____ / Д.В.Логинова/
«_____» 2018 г.

Нормоконтролер, ст. преподаватель
_____ / Е.С.Шапранова /
«_____» 2018 г.

| | |
|---|----|
| Оглавление | |
| Оглавление..... | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 6 |
| 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | 8 |
| 1.1 Описание конструкции и назначение детали | 8 |
| 1.2 Выбор метода получения заготовки и его описание | 10 |
| 1.3 Выбор оборудования..... | 11 |
| 1.4 Разработка маршрута технологического процесса и составление операционных эскизов..... | 16 |
| 1.5 Размерный анализ технологического процесса | 21 |
| 1.6 Режимы резания | 27 |
| 1.6.1. Токарная обработка..... | 28 |
| 1.6 Техническое нормирование. | 36 |
| 1.7 Коэффициент использования материала. | 38 |
| 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ..... | 39 |
| 2.1 Расчет и проектирование схвата промышленного робота | 39 |
| 2.2 Проектирование станочного приспособления для комплексной операции. | |
| | 46 |
| 2.3 Проектирование станочного приспособления для шлифования..... | 48 |
| 2.4 Проектирование контрольного приспособления для проверки расположения пазов. | 52 |
| 3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ..... | 55 |
| 3.1Выполнение симуляции механической обработки на станках с ЧПУ | 55 |
| 3.2 Построение 3D модели схвата робота..... | 59 |
| 4.3 Автоматизация технологического процесса детали..... | 60 |
| 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ | 62 |
| 4.1 Расчет количества оборудования для непоточного серийного производства | 62 |
| 4.2. Определение числа операторов-наладчиков. | 63 |
| 4.3 Выбор методов удаления стружки | 64 |
| 4.4 Выбор подсистемы раздачи СОЖ и сжатого воздуха. | 64 |
| 4.5 Выбор подъемно-транспортного средства и описание участка | 64 |
| 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТИ | 67 |

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 4 |

| | |
|--|----|
| 5.1 Производственный микроклимат | 67 |
| 5.2Производственное освещение..... | 68 |
| 5.3Пожарная безопасность | 69 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 74 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 76 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ | |
| а. Спецификации | |
| б. Технологические карты | |

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 5 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности. Развитие промышленности и народного хозяйства в значительной степени зависит от уровня развития машиностроения. Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкции машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства. От принятой технологии производства во многом зависит надежность выпускаемых машин, а также экономика их эксплуатации.

Наиболее важные задачи, стоящие перед современным машиностроением: повышение научно-технического уровня производства, обеспечение быстрого роста производительности труда, повышение эффективности производства, снижение затрат на производство, повышение культуры производства.

В настоящее время предъявляются жесткие требования к проектированию производств. Процесс работы производства должен быть гибким, т.е. приспособленным к возможным изменениям номенклатуры выпускаемой продукции.

Использование станков с ЧПУ обеспечивает высокую степень автоматизации производства, широкую универсальность применения, требует меньших затрат времени на переналадку станка с одной операции на другую. Значительно облегчается перевод производства на изготовление новой продукции, так как нет необходимости конструирования и изготовления сложных приспособлений и устройств.

Применение станков с ЧПУ также обеспечивает более высокую точность обработки вследствие исключения влияния ошибок, вызванных недостаточной квалификацией рабочих. Помимо этого на точности изделия сказываются силовые упругие деформации и износ инструмента, влияние этих факторов компенсируется за счет расширения диапазона регулирования скорости резания.

Одной из главных задач технологии машиностроения является изучение закономерностей протекания технологических процессов и выявление

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 6 |

параметров, воздействуя на которые можно интенсифицировать производство и повысить его точность. Знание этих закономерностей является основным условием рационального проектирования технологических процессов. Лишь на базе этих закономерностей может решаться задача автоматизации производства. В каждом конкретном случае принятый вариант автоматизации должен подтверждаться точными технологическими и экономическими расчётами.

Цель данной выпускной квалификационной работы: спроектировать гибкий участок механической обработки детали «Кольцо».

Задачи:

- снижение трудоемкости изготовления детали;
- повышение производительности производства, с сохранением требуемой точности изделий;
- разработка технологического процесса обработки с применением специализированных программ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ |

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание конструкции и назначение детали

Деталь «Кольцо» представляет собой деталь типа тела вращения, включающее в себя сквозное ступенчатое отверстие, наружную цилиндрическую поверхность, пазы в радиальном и осевом направлении и ступенчатые отверстия в радиальном направлении с метрической резьбой. Отверстие диаметром 70 8-ого квалитета с шероховатостью Ra 1.6. Расположение пазов $45^\circ \pm 1'$

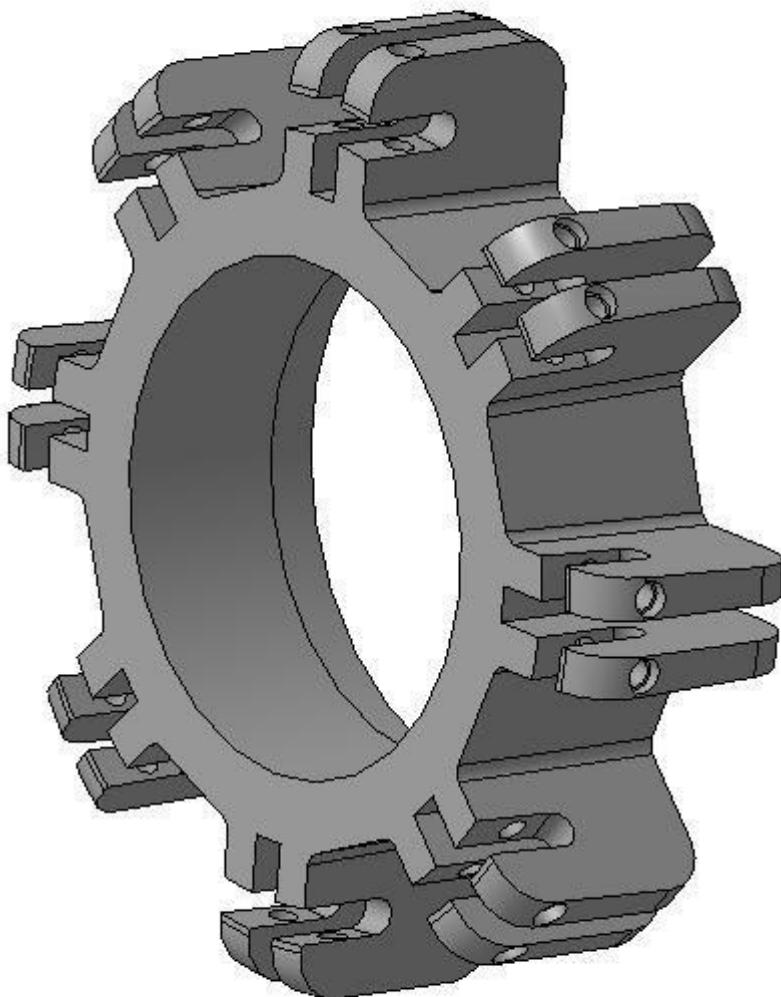


Рисунок 1 – Эскиз детали

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|-----------|
| | | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | лист 8 |
| Изм. | лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |

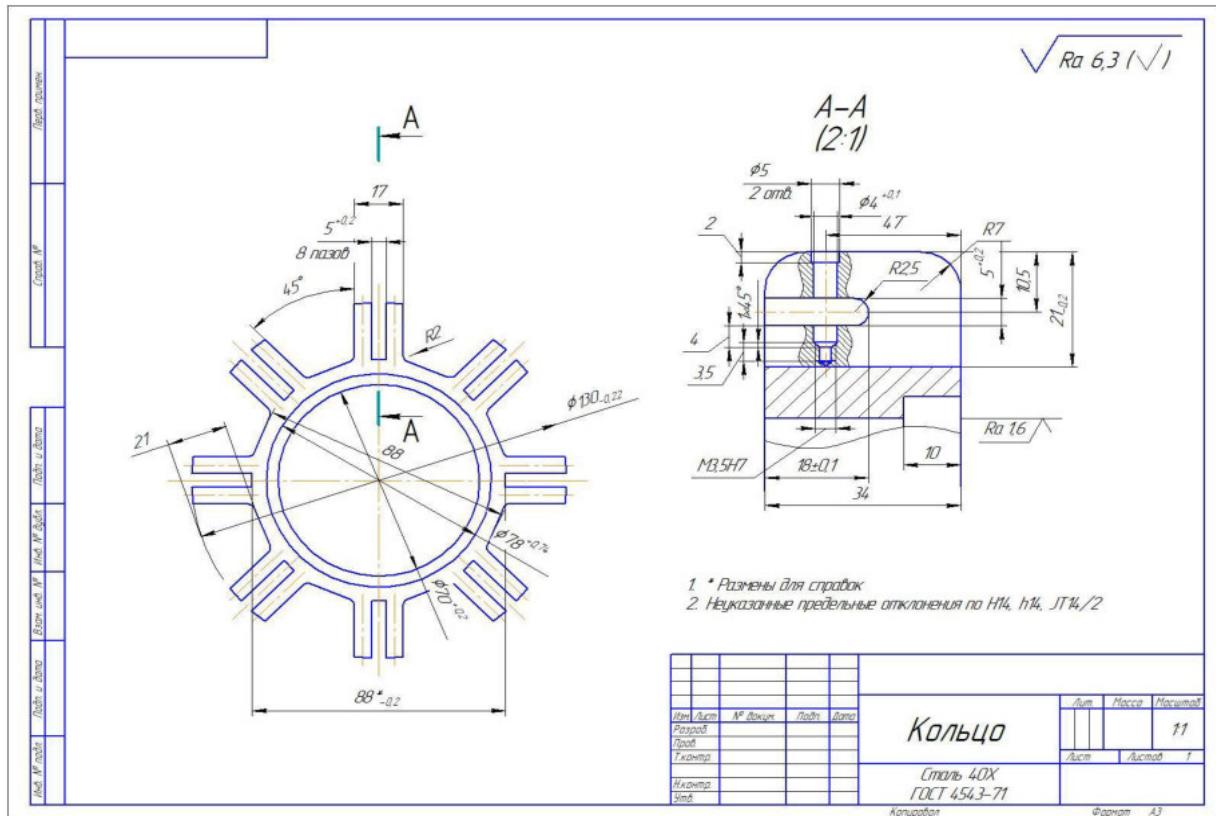


Рисунок 2 – Чертеж детали

Кольцо изготовлено из стали 40Х ГОСТ 4543-71 - сталь конструкционная легированная, хромистая.

Сталь 40Х содержания – от 0,36 до 0,44% углерода, содержит основной легирующий элемент – хрома, доля которого в составе от 0,8 до 1,1%.

Остальные примеси:

- кремний (Si) – от 0,17 до 0,37%;
- марганец (Mn) – от 0,5 до 0,8%;
- никель (Ni) – до 0,3%;
- сера (S) – до 0,035%;
- фосфор (P) – до 0,035%;
- медь (Cu) – до 0,3%.

Механические характеристики сплава: предел текучести $\sigma_T = 440$ МПа; предел прочности на растяжение $\sigma_B = 650$ МПа; относительное сужение $\Psi = 40\%$; плотность $\rho = 7825$ кг/м³.

Для данной детали термообработка не предусматривается.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 9 |

1.2 Выбор метода получения заготовки и его описание

Предлагаю в качестве метода получения заготовки кольца выбрать метод штамповки на КГШП в открытых штампах.

Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) по сравнению с молотами обладают рядом преимуществ:

- Повышенная точность получаемых поковок благодаря постоянству хода пресса и определенности нижнего положения ползуна, что позволяет уменьшить отклонения размеров поковок по высоте.
- Увеличенный коэффициент использования металла вследствие более совершенной конструкции штампов, снабженных верхним и нижним выталкивателем, что позволяет уменьшить штамповочные уклоны, припуски, напуски, допуски и тем самым приводит к экономии металла и уменьшению последующей обработки поковок резанием.
- Улучшенные условия труда вследствие меньших шумовых эффектов, вибраций, и сотрясения почвы, чем при работе на молотах, и относительно спокойным безударным характером работы.
- Возможность применения автоматических перекладчиков заготовок.
- Более высокой производительности, так как деформация на прессе в каждом ручье происходит за один ход, а на молоте за несколько ударов.
- Более высокому КПД, достигающему 6...8%; экономический (приведенный к энергии топлива) КПД пресса в 2...4 раза выше, чем у молота.
- Снижение себестоимости продукции за счет снижения расхода металла и эксплуатационной стоимости.

Технические требования для поковки детали кольцо:

1. Группа стали М2.
2. Степень сложности поковки С2.
3. Класс точности поковки Т4.
4. Исходный индекс поковки 13.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 10 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

5. Изогнутость оси не более 1мм.
6. Смещение по линии разъёма не более 0,8мм.
7. Внутренние штамповочные уклоны 7°.
8. Наружные штамповочные уклоны 5°
9. Радиусы закруглений 3мм.
10. Заусенец по периметру среза не более 1,1мм.
11. Очистка поверхности от окалины галтовкой или дробью.

1.3 Выбор оборудования

Для обработки детали выбираем станки с ЧПУ. Преимущество использования станков с ЧПУ заключается в более высоком уровне автоматизации, высокая точность изготовления деталей, любое оборудование с ЧПУ является гибкость и возможность быстрой переналадки оборудования.

Для токарной обработки выбираю станок токарный с ЧПУ HAAS SL-30.



Рисунок 3 токарный станок с ЧПУ HAAS SL-30

Технические характеристики приведены в таблице 1.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 11 |

Таблица 1

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Система управления | CNC Haas |
| Макс. длина точения | 864 мм |
| Макс. О точения над суппортом | 432 мм |
| Макс. О над станиной | 762 мм |
| Отверстие в шпинделе О | 76 мм |
| Инструментальных мест в револьвере | 12 поз. |
| Обороты шпинделя | 3400 об / мин. |
| Суммарная мощность станка | 22 кВт |
| Габариты станка ДхШхВ | 3900 x 2000 x 1900 мм |
| Вес станка | 7250 кг |

Для всех фрезерных операций выбираю горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ТАЙМАС-ZPS H630



Рисунок 4 – горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ТАЙМАС-ZPS H630

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 12 |

Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ТАЙМАС-ZPS H630 - станок с четырьмя управляемыми осями. Классическое исполнение горизонтального обрабатывающего центра с устройством автоматической смены палет и ЧПУ-управляемым столом. Концепция станка построена на Т-образном исполнении станины с поперечно- перемещаемой стойкой (ось X), по которой в вертикальном направлении перемещается шпиндельная бабка (ось Y). Перемещения по оси Z выполняет поворотный стол (ось В) с обрабатываемой деталью.

Таблица 2.

| Технические характеристики ТАЙМАС-ZPS H630 | Значения |
|---|-----------|
| Перемещение - ось X (Стойка), мм | 750 |
| Перемещение - ось Y (Шпиндельная бабка), мм | 700 |
| Перемещение - ось Z (поворотный стол), мм | 770 |
| Пределы вращения стола - ось В, град. | 360 |
| Максимальные размеры обрабатываемой детали (диам. высота), мм | 750 x 800 |
| Рабочие подачи по осям X, Y, Z, м/мин | 50 |
| Ускоренная подача по осям X, Y, Z, м/мин | 50 |
| Максимальная частота вращения - ось В, мин-1 | 8 |
| Ускорение по осям X, Y, Z, м/с ² | 5 |
| Рабочая поверхность палеты, мм | 630 x 630 |
| Максимальная нагрузка палеты, кг | 800 |
| Точность позиционирования палет (P), мм | 0,01 |
| Повторяемая точность по осям X, Y, Z, мм | 0,006 |

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 2

| | |
|---|------------------|
| Повторяемая точность по оси В, мм | 3" |
| Количество палет, шт | 2 |
| Время смены палет, секунд | 10 |
| Точность смены палет, мм | 0,01 |
| Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мм | 0.01 |
| Точность позиционирования по оси В, мм | 6" |
| Емкость инструментального магазина, шт | 56 |
| Время смены инструмента, сек. | 3,1 |
| Габариты фрезерного обрабатывающего центра в плане, Д x Ш, мм | 5 800 x 3 140 |
| Высота станка, мм | 3 260 |
| Масса станка, кг | 17 000 |
| Варианты шпинделей | |
| Шпиндель | HSK-A63 |
| Максимальная частота вращения, мин-1 | 18 000 |
| Тип передачи | планетарная |
| Продолжительная мощность / с перегрузкой S6 - 40%, кВт | 25 / 31 |
| Крутящий момент / С перегрузкой при S6 - 40%, Нм | 159 / 157 |
| Шпиндель | ISO 50 |
| Максимальная частота вращения, мин-1 | 8 000 |

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

лист

14

Окончание таблицы 2

| | |
|--|----------------|
| Продолжительная мощность / с перегрузкой S6 - 40%, кВт | 20 / 30 |
| Крутящий момент / С перегрузкой при S6 - 40%, Нм | 306 / 458 |
| Тип передачи | мотор-шпиндель |
| Шпиндель | HSK-A100 |
| Максимальная частота вращения, мин-1 | 14 000 |
| Продолжительная мощность / с перегрузкой S6 - 40%, кВт | 25 / 37 |
| Крутящий момент / С перегрузкой при S6 - 40%, Нм | 159 / 236 |

Для внутреннего шлифования выбираю станок универсальный круглошлифовальный станок + внутри шлифовальный станок Bahmuller 122-0 CNC



Рисунок 5

Технические характеристики приведены в таблице 3.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 15 |

Таблица 3.

| | |
|---------------------------|----------------|
| Система управления | SINUMERIC |
| Длина шлифования | 100 мм |
| Перемещение по осям X / Z | 200 x 300 мм |
| Обороты шпинделя | 120000 об/мин |
| Мощность шпинделя | 2.2 кВт |
| Скорость рабочей подачи | 0-8 м/мин |
| Габариты станка ДхШ | 5200 x 3000 мм |

1.4 Разработка маршрута технологического процесса и составление операционных эскизов.

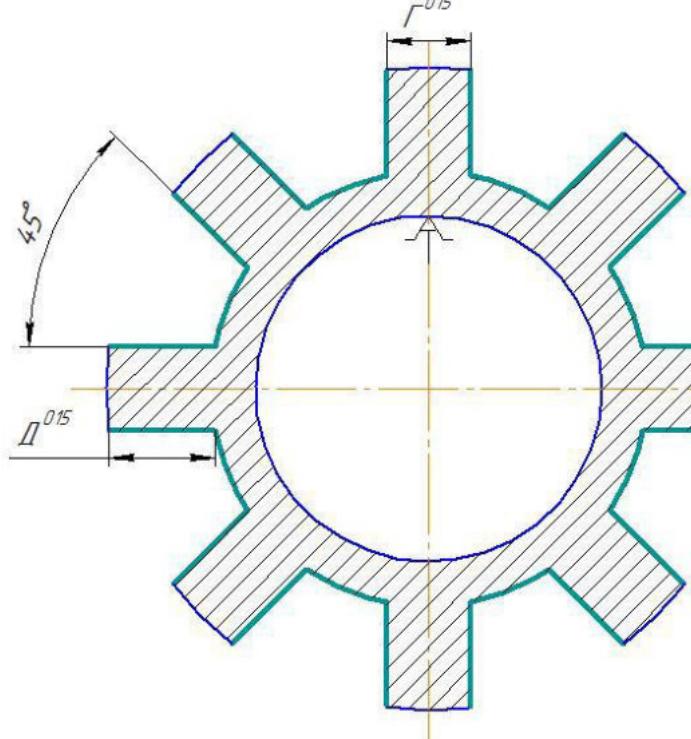
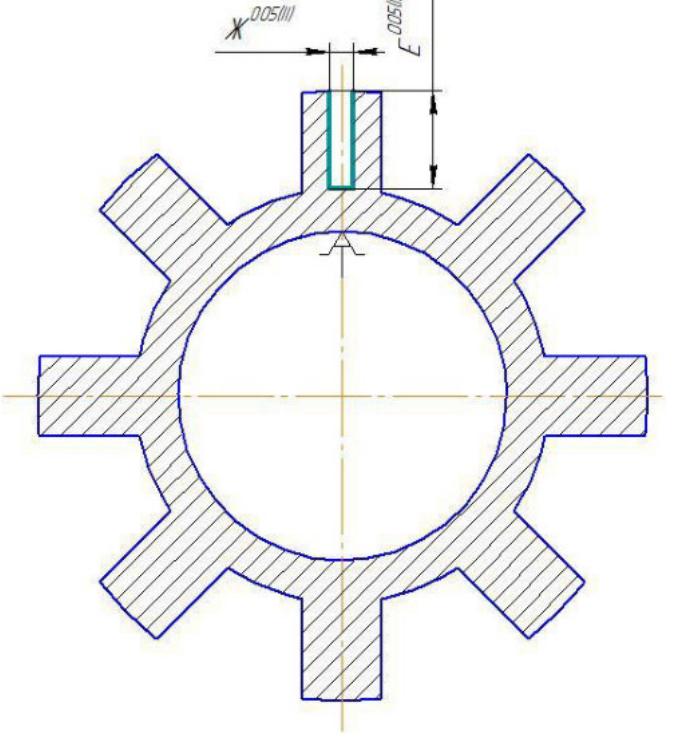
Таблица 4.

| № операции | Операционные эскизы | Допуски и Технические требования |
|-----------------------------|---------------------|---|
| 000 Заготовитель- ная | | $T2R^{000}=1.4$ $T2r^{000}=1.0$ $TA^{000}=1.0$ $\Theta (2^{000} 4^{000})=0.8$ $2^0=4^0=1.0$ |

Продолжение таблицы 4

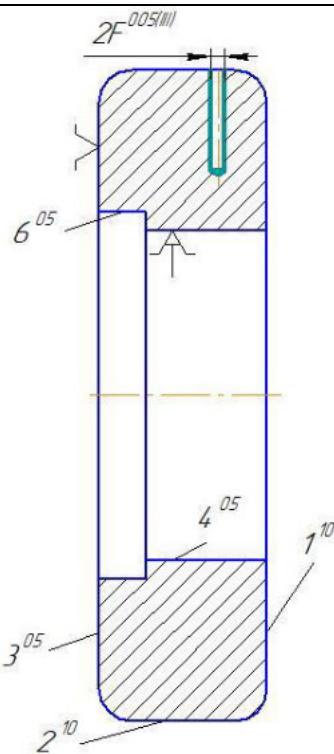
| | | |
|--|--|--|
| 005 Токарная ЧПУ Подрезание торца (поверхность 1), Растачивание отверстий, (поверхность 4 и 6).. | | TБ ⁰⁰⁵ =0.22 T2r ⁰⁰⁵ =0.12 T2B ⁰⁰⁵ =0.12 TA ⁰⁰⁵ =0.39 $\Theta (2^{005} 4^{005}) = 0.2$ |
| 010 Токарная ЧПУ Подрезание торца (поверхность 1), Наружная обработка (поверхность 2). | | T2R ⁰¹⁰ =0.14 TA ⁰¹⁰ =0.16 $\Theta (2^{000} 4^{005}) = 0.0.8$ |

Продолжение таблицы 4

| | | |
|--|--|------------------------------------|
| <p>015. 1 переход Фрезерная операция на ЧПУ Фрезерование пазов</p> |  | $TГ^{015}=0.15$ $TД^{015}=0.13$ |
| <p>015. 2 переход Фрезерная операция на ЧПУ Фрезерование пазов (8 пазов)</p> |  | $TЖ^{020}=0.12$ $TE^{020}=0.13$ |

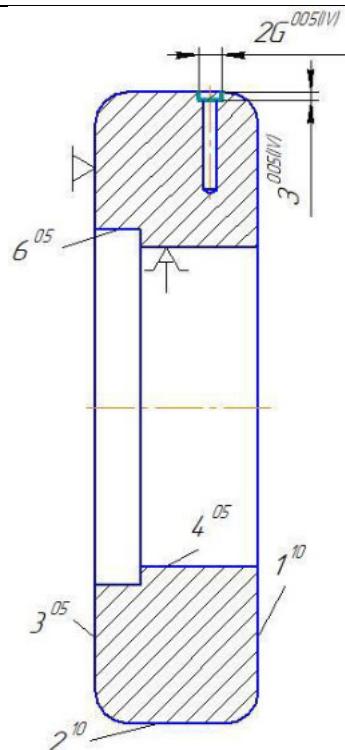
Продолжение таблицы 4

015. 3 переход
Фрезерная
операция.
Сверление
отверстий (16
отверстий)



$$T2F^{025}=0,012$$

015. 4 переход
Фрезерная
операция.
Зенкерование
отверстий (16
отверстий)



$$T2G^{030}=0.075$$

$$T23^{030}=0.1$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист
19

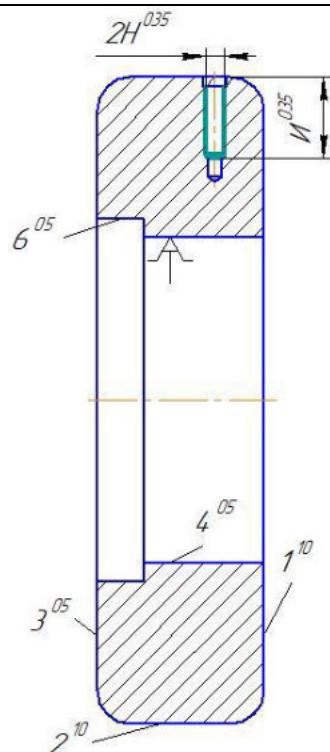
Продолжение таблицы 4

015. 5 переход

Фрезерная

операция.

Зенкерование
отверстий (16
отверстий)



T2H⁰³⁵=0,14

ТИ⁰³⁵=0,21

015. 6 переход

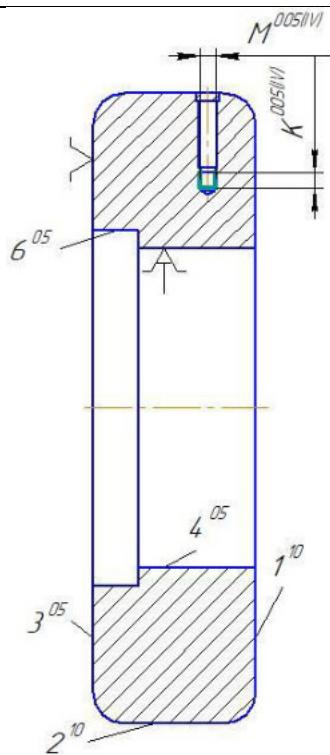
Фрезерная

операция.

Нарезание

резьбы (16

отверстий)



TM⁰⁴⁰=0,18

TK⁰⁴⁰=0,18

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист

20

Продолжение таблицы 4

| | | |
|---|--|--|
| <p>015. 7 переход Фрезерная операция на ЧПУ Фрезерование пазов (8 пазов)</p> | | <p>$TЛ^{045}=0,18$ $TP^{045}=0,18$</p> |
| <p>020 Шлифование отверстия 4.</p> | | <p>$T2r^{050}=0,046$ $\Theta (2^{010} 4^{050})=0.08$</p> |

1.5 Размерный анализ технологического процесса

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 21 |

Для разработанного маршрута обработки составляем линейный и диаметральный размерные анализы. Размерный анализ мне необходим для определения операционных размеров и припусков на обработку.

Схема линейного размерного анализа

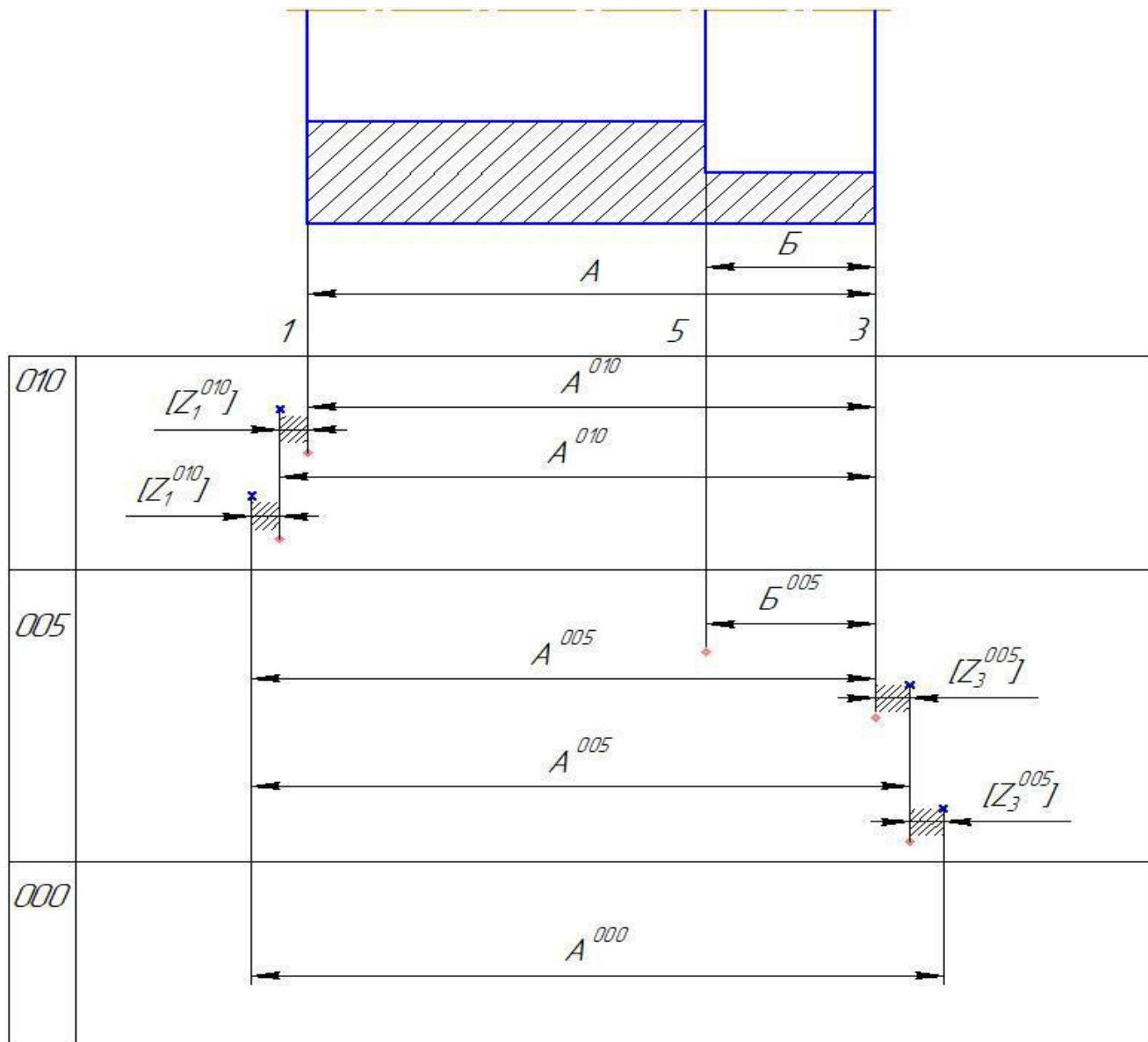


Рисунок 6

Проанализировав схему размерного анализа составим уравнения для припусков, так как для размеров нет замыкающих звеньев

$$[z_1^{010}] = A^{010} - A^{010|}$$

$$[z_1^{010}] = A^{005|} - A^{010}$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист

22

$$[z_3^{005}] = A^{005} - A^{005^I}$$

$$[z_3^{005}] = A^{000} - A^{005}$$

Схема диаметрального размерного анализа

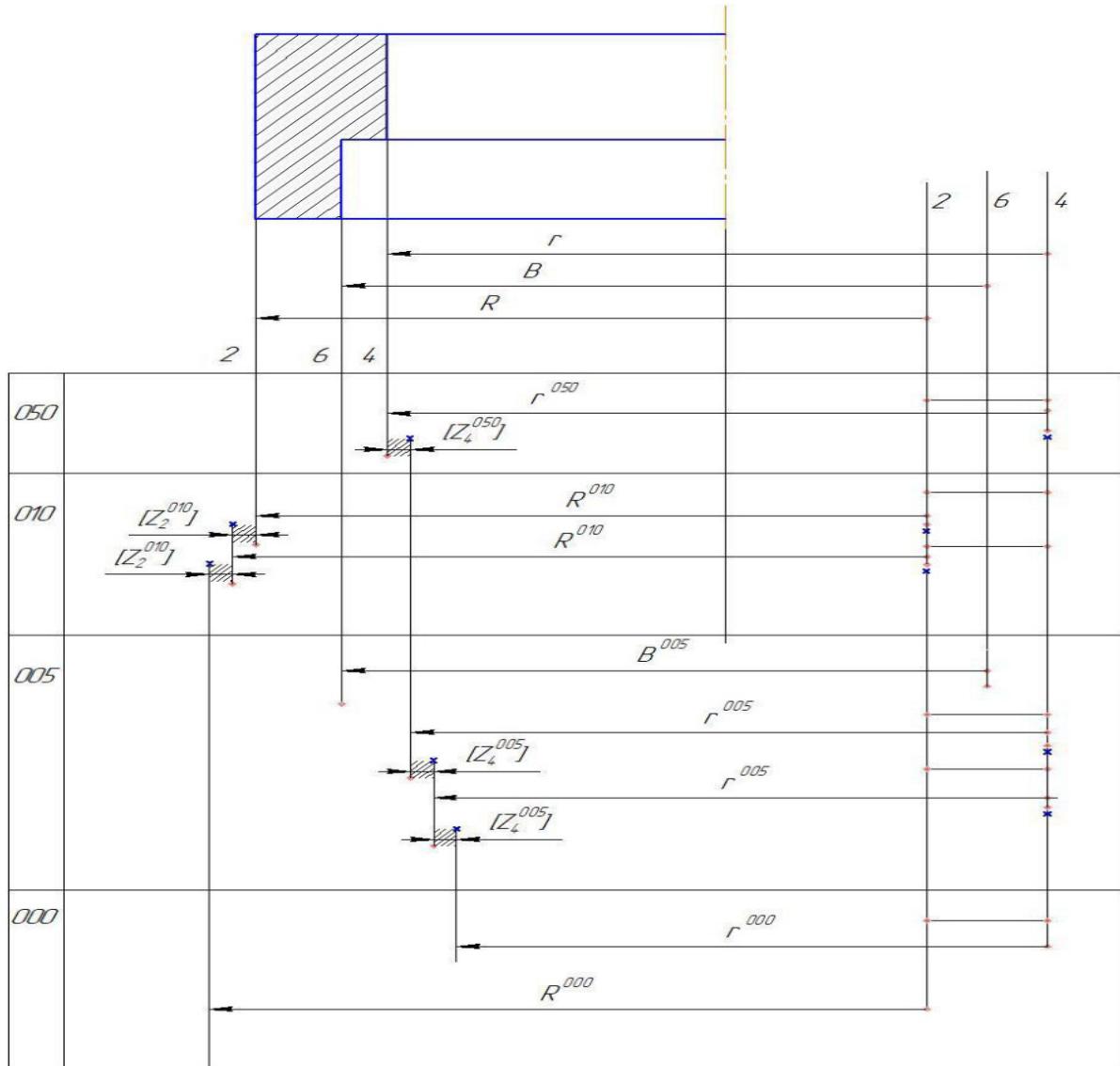


Рисунок 7

Проанализировав схему размерного анализа составим уравнения для припусков, так как для размеров нет замыкающих звеньев

$$[z_2^{010}] = R^{000} - (2^{000} 4^{005^I}) - (2^{010} 4^{005^{II}}) - R^{010}$$

$$[z_2^{010^I}] = R^{010} - (2^{010^I} 4^{005^{II}}) - (2^{010} 4^{005^I}) - R^{010^I}$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

лист
23

$$[z_4^{050}] = r^{050} - (2^{010} 4^{050}) - (2^{010} 4^{005}) - r^{005}$$

$$[z_4^{005}] = r^{005} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{000} 4^{005}) - r^{005}$$

$$[z_4^{005}] = r^{005} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{000} 4^{000}) - r^{000}$$

Уравнения решаем методом Максимум – минимум.

$$[z_{1min}^{010}] = A_{min}^{010} - A_{max}^{010}$$

$$[z_{1min}^{010}] = A_{min}^{005} - A_{max}^{010}$$

$$[z_{3min}^{005}] = A_{min}^{005} - A_{max}^{005}$$

$$[z_{3min}^{005}] = A_{min}^{000} - A_{max}^{005}$$

$$[z_{3min}^{005}] = A_{min}^{005} - A_{max}^{005}$$

$$[z_{3min}^{005}] = A_{min}^{000} - A_{max}^{005}$$

$$[z_{2min}^{010}] = R_{min}^{000} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{010} 4^{005}) - R_{max}^{010}$$

$$[z_{2min}^{010}] = R_{min}^{010} - (2^{010} 4^{005}) - (2^{010} 4^{005}) - R_{max}^{010}$$

$$[z_{4min}^{050}] = r_{min}^{050} - (2^{010} 4^{050}) - (2^{010} 4^{005}) - r_{max}^{005}$$

$$[z_{4min}^{005}] = r_{min}^{005} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{000} 4^{005}) - r_{max}^{005}$$

$$[z_{4min}^{005}] = r_{min}^{005} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{000} 4^{000}) - r_{max}^{000}$$

Определим минимальные припуски по формуле (1.1):

$$z_{min} = R_z + h, \quad (1.1)$$

где R_z – высота неровностей профиля, образовавшегося на предыдущей операции, мм;

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося на предыдущей операции, мм.

$$[z_{1min}^{010}] = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{мм}$$

$$[z_{1min}^{010}] = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{мм}$$

$$[z_{3min}^{005}] = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{мм}$$

$$[z_{3min}^{005}] = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{мм}$$

$$[z_{2min}^{010}] = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{мм}$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|-------------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 ПЗ | 24 |

$$[z_{2min}^{010}] = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{мм}$$

$$[z_{4min}^{050}] = 0,05 - 0,10 = 0,15 \text{мм}$$

$$[z_{4min}^{005}] = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{мм}$$

$$[z_{4min}^{005}] = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{мм}$$

После определения минимальных припусков рассчитаем до конца уравнения и рассчитываем максимальные припуски.

$$[z_{1min}^{010}] = A_{min}^{010} - A_{max}^{010}$$

$$0.05 = A_{min}^{010} - 34.16$$

$$A_{min}^{010} = 34.16 + 0.05 = 34.21 \text{мм}$$

$$A_{max}^{010} = A_{min}^{010} + TA^{010}$$

$$A_{max}^{010} = 34.21 + 0.25 = 34.46 \text{мм}$$

$$A^{010} = 34.46_{-0,25} \text{мм}$$

$$[z_{1max}^{010}] = [z_{1min}^{010}] + \Sigma T$$

$$[z_{1max}^{010}] = 0,05 + 0,16 + 0,25 = 0,9 \text{мм}$$

$$[z_{1min}^{005}] = A_{min}^{005} - A_{max}^{005}$$

$$0.1 = A_{min}^{005} - 34.46$$

$$A_{min}^{005} = 34.46 + 0.1 = 34.56 \text{мм}$$

$$A_{max}^{005} = A_{min}^{005} + TA^{005}$$

$$A_{max}^{005} = 34.56 + 0.39 = 34.95 \text{мм}$$

$$A^{005} = 34.95_{-0.39} \text{мм}$$

$$[z_{1max}^{010}] = [z_{1min}^{010}] + \Sigma T$$

$$[z_{1max}^{010}] = 0.1 + 0.39 + 0.25 = 0,74 \text{мм}$$

$$[z_{3min}^{005}] = A_{min}^{005} - A_{max}^{005}$$

$$0.05 = A_{min}^{005} - 34.95$$

$$A_{min}^{005} = 34.95 + 0.05 = 35.00 \text{мм}$$

$$A_{max}^{005} = A_{min}^{005} + TA^{005}$$

$$A_{max}^{005} = 35.00 + 0.62 = 35.62 \text{мм}$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

лист

25

$$A^{005} = 35.00_{-0.62} \text{ММ}$$

$$[z_{3max}^{005}] = [z_{3min}^{005}] + \Sigma T$$

$$[z_{3max}^{005}] = 0.05 + 0.62 + 0.39 = 0.83 \text{ММ}$$

$$[z_{3min}^{005}] = A_{min}^{000} - A_{max}^{005}$$

$$0.1 = A_{min}^{000} - 35.62$$

$$A_{min}^{000} = 35.62 + 0.1 = 35.72 \text{ММ}$$

$$A_{max}^{000} = A_{min}^{000} + TA^{000}$$

$$A_{max}^{000} = 35.72 + 1 = 36.72 \text{ММ}$$

$$A^{000} = 36.72_{-1} \text{ММ}$$

$$[z_{3max}^{005}] = [z_{3min}^{005}] + \Sigma T$$

$$[z_{3max}^{005}] = 0.1 + 1 + 0.62 = 1.72 \text{ММ}$$

$$[z_{2min}^{010}] = R_{min}^{010} - (2^{010} 4^{005}) - (2^{010} 4^{005}) - R_{max}^{010}$$

$$0.1 = R_{min}^{010} - 0.04 - 0.06 - 65$$

$$R_{min}^{010} = 65 + 0.04 + 0.06 + 0.1 = 65,2 \text{ММ}$$

$$R_{max}^{010} = R_{min}^{010} + TR^{010}$$

$$R_{max}^{010} = 65.2 + 0.315 = 65.515 \text{ ММ}$$

$$2R^{010} = 131.03_{-0.63} \text{ММ}$$

$$[z_{2max}^{010}] = [z_{2min}^{010}] + \Sigma T$$

$$[z_{2max}^{010}] = 0.1 + 0.04 + 0.06 + 0.315 + 0.07 = 0,59 \text{ММ}$$

$$[z_{2min}^{010}] = R_{min}^{000} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{010} 4^{005}) - R_{max}^{010}$$

$$0.2 = R_{min}^{000} - 0.1 - 0.06 - 65,515$$

$$R_{min}^{000} = 65.515 + 0.1 + 0.1 + 0.06 = 65.775 \text{ММ}$$

$$R_{max}^{000} = R_{min}^{000} + TR^{000}$$

$$R_{max}^{000} = 65.775 + 0.7 = 66.475 \text{ММ}$$

$$2R^{000} = 132.95_{-1.4} \text{ММ}$$

$$[z_{2max}^{010}] = [z_{2min}^{010}] + \Sigma T$$

$$[z_{2max}^{010}] = 0.2 + 0.2 + 0.12 + 1.4 + 0.63 = 2.35 \text{ММ}$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

лист

26

$$[z_{4min}^{050}] = r_{min}^{050} - (2^{010} 4^{050}) - (2^{010} 4^{005}) - r_{max}^{005}$$

$$0.015 = 35 - 0.03 - 0.04 - r_{max}^{005}$$

$$r_{max}^{005} = 35 - 0.03 - 0.04 - 0.015 = 34.9225 \text{мм}$$

$$r_{min}^{005} = r_{max}^{005} - Tr^{005}$$

$$r_{min}^{005} = 34.9225 - 0.06 = 34.9825 \text{мм}$$

$$2r^{005} = 69.725^{+0.12} \text{мм}$$

$$[z_{4max}^{050}] = [z_{4min}^{050}] + \Sigma T$$

$$[z_{4max}^{050}] = 0.015 + 0.04 + 0.03 + 0.023 + 0.06 = 0.168 \text{мм}$$

$$[z_{4min}^{005}] = r_{min}^{005} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{000} 4^{005}) - r_{max}^{005}$$

$$0.05 = 34.9825 - 0.1 - 0.15 - r_{max}^{005}$$

$$r_{max}^{005} = 34.9825 - 0.1 - 0.15 - 0.05 = 34.5875 \text{мм}$$

$$r_{min}^{005} = r_{max}^{005} - Tr^{005}$$

$$r_{min}^{005} = 34.5875 - 0.3 = 34.4375 \text{мм}$$

$$2r^{005} = 68.875^{+0.3} \text{мм}$$

$$[z_{4max}^{005}] = [z_{4min}^{005}] + \Sigma T$$

$$[z_{4max}^{005}] = 0.05 + 0.1 + 0.15 + 0.15 + 0.06 = 0.51 \text{мм}$$

$$[z_{4min}^{005}] = r_{min}^{005} - (2^{000} 4^{005}) - (2^{000} 4^{000}) - r_{max}^{000}$$

$$0.1 = 34.4375 - 0.15 - 0.35 - r_{max}^{000}$$

$$r_{max}^{000} = 34.4375 - 0.15 - 0.35 - 0.1 = 33.8875 \text{мм}$$

$$r_{min}^{000} = r_{max}^{000} - Tr^{000}$$

$$r_{min}^{000} = 33.8875 - 0.5 = 33.3875 \text{мм}$$

$$2r^{000} = 67.775^{+1} \text{мм}$$

$$[z_{4max}^{005}] = [z_{4min}^{005}] + \Sigma T$$

$$[z_{4max}^{005}] = 0.1 + 0.15 + 0.35 + 0.5 + 0.06 = 1.16 \text{мм}$$

1.6 Режимы резания

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 27 |

1.6.1. Токарная обработка

Исходные данные:

Операция 005, переход 2. Растворение сквозного отверстия на токарном станке с ЧПУ HAAS SL-30 размером 35.62, материал сталь 40Х, черновая обработка.

Глубина резания при снятии припуска за один проход

$$t = 1,16 \text{ мм.}$$

Назначаем подачу по таблице 12 [4, с. 268]. Для параметра шероховатости поверхности $R_a = 12,5 \text{ мкм}$ при обработке стали резцом с радиусом при вершине $r_v = 0,6 \text{ мм}$, $S = 0,25 \text{ мм/об}$.

Назначаем период стойкости резца. При одноинструментальной обработке рекомендуемый период стойкости $T = 60 \text{ мин.}$

Определяем скорость резания (м/мин), допускаемую режущими свойствами резца, по следующей формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V . \quad (1.2)$$

где T – период стойкости инструмента, мин,

t – глубина резания, мм,

s – подача, мм/об.

Из таблицы 17 [4, с. 269] выписываем значения коэффициента и показателей степеней формулы: при наружном поперечном точении с подачей $S > 0,3 \text{ мм/об}$, для резца с пластиной из сплава T15K6 находим $C_V = 350$; $x = 0,12$; $y = -0,5$; $m = 0,28$.

Коэффициент K_V является произведением коэффициентов, учитывающих влияние свойств обрабатываемого материала заготовки K_{MV} , состояния поверхности K_{PV} , материала инструмента K_{IV} , углов в плане резца $K_{\phi V}$ и радиуса при вершине K_{rv} .

$K_{MV} = 1,13$; по таблице 4 [4, с. 263]

$K_{IV} = 0,6$; по таб.6 [4, с. 263]

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 28 |

для $\phi = 80^0$, $K_{\phi V} = 1$ по таблице 18 [4, с. 271]. Остальные поправочные коэффициенты на скорость резания (для заданных условий обработки) не влияют.

$$K_{rV} = 1; K_{\Pi V} = 1;$$

С учетом найденных коэффициентов

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{MV} K_{\Pi V} K_{IV} K_{\phi V} K_{rV},$$

$$V = \frac{30328}{30^{0,28} \cdot 1,16^{0,12} \cdot 0,51^{0,5}} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 174 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания, находится по формуле (1.3):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (1.3)$$

где V – скорость резания, м/мин,

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Подставляя значения, получаем

$$n = \frac{1000 \cdot 174}{3,14 \cdot 130} = 719 \text{ об/мин.}$$

Мощность (кВт), затрачиваемая на резание,

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} \quad (1.4)$$

Сила резания (H) по формуле (1.5)

$$P_z = 10 C_P t^x S^y V^n K_P \quad (1.5)$$

Из таблицы 22 [4, с.273] выписываем коэффициент и показатели степеней формулы. Для заданных условий обработки $C_P = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = 0$.

Поправочный коэффициент K_P представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние свойств обрабатываемого материала и геометрии резца:

$$K_P = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{rP}$$

Численные значения коэффициентов приведены в таблице 10 [4, с. 264] и таблице 23 [4, с. 275].

Поправочные коэффициенты на силу резания:

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|-------------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 ПЗ | 29 |

$K_{MP} = 1$;

$K_{\varphi P} = 0,89$, так как $\varphi = 80^\circ$;

$K_{\gamma P} = 1$, так как $\gamma = 10^\circ$;

$K_{\lambda P} = 1$, так как $\lambda = 0^\circ$.

Прочие поправочные коэффициенты на силу резания при заданных условиях обработки не влияют.

Подставив численные значения в формулу силы резания, получим

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,16^1 \cdot 0,51^{0,75} \cdot 174^{-0,15} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 863 \text{ Н.}$$

Рассчитываем мощность по формуле (1.4)

$$N = \frac{863 \cdot 174}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт.}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка по условию $N \leq N_{шп}$.

У станка 16К20 $N_{шп} = N_d \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$. Условие выполняется ($2,4 \leq 17,6$), следовательно, обработка возможна.

Основное время

Основное время на обработку рассчитывается по формуле:

$$T_o = \frac{Li}{ns}, \quad (1.6)$$

где L – длина рабочего хода, мм;

i – число рабочих ходов, в данном случае $i = 1$.

Длина рабочего хода резца

$$L = l + y + \Delta,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

y – величина врезания, мм;

Δ – величина перебега, мм.

Величина врезания

$$y = t \operatorname{ctg} \varphi,$$

$$y = 1,5 \cdot \operatorname{ctg} 80^\circ = 1,5 \cdot 0 = 0,26 \text{ мм.}$$

Перебег принимаем равным 3 мм:

$$L = 34 + 0 + 0,26 = 34,26 \text{ мм.}$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 30 |

$$T_0 = \frac{34,26 \cdot 1}{716 \cdot 0,51} = 0,08 \text{ мин.}$$

1.5.2 Фрезерование паза.

Исходные данные:

Операция 015, переход 2.

Фрезерование паза, B=5, t=21,

Принимаем дисковую трехстороннюю фрезу со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом Т15К6 по таблице 3 [4, с. 117] ГОСТ 5348-69 диаметром D=80 мм, шириной B=5 мм с числом зубьев z=18 [4, с. 182].

Определяем геометрические параметры фрезы по таблице 17 [4, с. 225]:

$$\varphi = 90^0, \alpha = 15^0, \gamma = 5^0, w = 10^0, \varphi_1 = 5^0, f = 2.$$

Устанавливаем глубину резания.

$$t = 21 \text{ мм.}$$

Назначаем подачу на зуб фрезы по таблице 33 [4, с. 283]. Для стали при твердом сплаве Т15К6 и мощности станка 22кВт: S_z=0,09 мм/зуб.

Определяем скорость резания (м/мин), допускаемую режущими свойствами фрезы, по следующей формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_V . \quad (1.7)$$

Из таблицы 39 [1, с. 288] выписываем значения коэффициента и показателей степеней формулы: C_V = 68,5; q = 0,2; x = 0,35; y = 0,3; u = 0,1; p = 0,4; m = 0,35.

Период стойкости по таблице 40 [4, с. 290] T= 60 мин.

Коэффициент K_V является произведением коэффициентов, учитывающих качество обрабатываемого материала K_{MV}, состояния поверхности заготовки K_{PV}, материала инструмента K_{IV}.

По таблице 1 [4, с. 261] для обработки стали с σ 6500 определяем:

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{\sigma}\right)^{n_V}, \text{ где } n_V = 0,9;$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 31 |

Остальные поправочные коэффициенты на скорость резания (для заданных условий обработки) не влияют.

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{650}\right)^{0,9} = 1,13; K_{PV} = 1; K_{IV} = 1.$$

С учетом найденных коэффициентов:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

$$V = \frac{68,5 \cdot 80^{0,2}}{60^{0,35} \cdot 21^{0,3} \cdot 0,08^{0,4} \cdot 50^{1,1} \cdot 18^0} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 = 43,5 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания, находится по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (1.8)$$

Подставляя значения, получаем:

$$n = \frac{1000 \cdot 43,5}{3,14 \cdot 80} = 173 \text{ об/мин.}$$

Подача минутная

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \quad (1.9)$$

$$S_M = 0,08 \cdot 18 \cdot 719 = 907 \text{ мм/мин.}$$

где S_z – подача на один зуб, об/зуб

z – число зубьев,

n – частота вращения шпинделя.

Мощность (кВт), затрачиваемая на резание:

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

Сила резания (Н):

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (1.10)$$

Из таблицы 41 [1, с.291] выписываем коэффициент и показатели степеней формулы. Для заданных условий обработки $C_p = 68,5$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $n = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|-------------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 ПЗ | 32 |

Поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала K_{MP} определяем по таблице 9 [4, с. 264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^n, \text{ где } n = 0,3; K_{MP} = \left(\frac{650}{750}\right)^1 = 0,9$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,5 \cdot 21^{0,9} \cdot 0,09^{0,8} \cdot 5^{1,1} \cdot 18}{80^{1,1} \cdot 173^0} \cdot 0,9 = 3107$$

Крутящий момент, Н·м, на шпинделе:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (1.11)$$

Где D – диаметр фрезы, мм

$$M_{kp} = \frac{3107 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 1243$$

Мощность резания (эффективная), кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.12)$$

$$N_e = \frac{3107 \cdot 43,5}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ кВт}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка по условию $N_e \leq N_{шп}$. Мощность на шпинделе станка $N_{шп} = N_d \eta = 2,2 \cdot 0,8 = 17,6$ кВт.

Условие выполняется ($2,2 \leq 17,6$), следовательно, обработка возможна.

Основное время

Основное время на обработку рассчитывается по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_M}, \quad (1.13)$$

где L – длина рабочего хода, мм;

S_M – минутная подача.

Длина рабочего хода резца:

$$L = l + y + \Delta,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

y – величина врезания, мм;

Δ - величина перебега, мм.

Величина врезания:

$$y = 0,3D$$

$$y = 0,3 \cdot 80 = 24$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|-------------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 ПЗ | 33 |

Перебег принимаем равным 36 мм:

$$L = 34 + 24 = 58 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{58}{907} = 0,4 \text{ мин.}$$

1.5.3 Зенкерование отверстий

Выбор инструмента:

Для обработки выбираем цельный зенкер диаметром 4.

Припуск на обработку:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{4 - 2,9}{2} = 0,55 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Назначаем подачу. При обработке стали из твердого сплава подача $S = 0,3 \text{ мм/об.}$

Определяем скорость резания, допускаемую режущими свойствами зенкера:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m t^x S^y} K_V \quad (1.15)$$

Назначаем период стойкости развертки.

$$: T = 45 \text{ мин} [4, с.280]$$

Значения коэффициента и показателей выбираются в зависимости от стали отсутствуют:

$C_V = 163$; $x = 0,2$; $y = 0,5$; $m = 0,45$; $q = 0,3$; охлаждение – есть таб.29 [4, с.279].

Коэффициент K_V является произведением коэффициентов, учитывающих влияние свойств обрабатываемого материала заготовки K_{MV} ; материала инструмента K_{IV} и коэффициента учитывающего глубину развертывания K_{PV} .

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{PV}$$

По таблице 1 [4, с. 261] для обработки стали с $\sigma 6500$ определяем:

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{\sigma}\right)^{n_V}, \text{ где } n_V = 0,9;$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 34 |

Остальные поправочные коэффициенты на скорость резания (для заданных условий обработки) не влияют.

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{650}\right)^{0,9} = 1,13; K_{PV} = 1; K_{IV} = 1.$$

$$V = \frac{163 \cdot 4^{0,2}}{20^{0,3} \cdot 0,55^{0,2} \cdot 0,3^{0,5}} \cdot 1,13 = 29,3 \text{ м/мин.}$$

Определим крутящий момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_{mp}$$

Значения коэффициентов и показателей степени находятся по таблице 22[1, с.274]: $C_p = 0,09; x = 0,9; q = 1; y = 0,75$.

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,09 \cdot 4^1 \cdot 0,55^{0,9} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,9 = 0,7 \text{ Нм}$$

Мощность:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} \quad (1.16)$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 29,3}{3,14 \cdot 4} = 1451 \text{ об/мин}$$

$$N_e = \frac{0,7 \cdot 1451}{9750} = 0,13$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка по условию $N \leq N_{шп}$.

Станок 2Н135 имеет $N_{шп} = N_d \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$. Условие выполняется $0,13 < 17,6$ следовательно обработка возможна.

Основное время на обработку

$$T_0 = \frac{L}{nS} \quad (1.18)$$

где L - длина рабочего хода, мм;

Длина рабочего хода развертки:

$$L = l + y + \Delta$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 35 |

где l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

y - величина врезания, мм;

Δ - величина перебега, мм;

$$y + \Delta = 2 \text{мм}$$

$$L = 11,5 + 2 = 13,5 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{13,5}{1451 \cdot 0,3} = 0,02 \text{мин}$$

Расчет режимов для оставшихся операций сведем в таблицу 7

Таблица 5

| № операции | Операция | t | S | V | n | P | $M_{\text{кр}}$ | N | t_0 , мин |
|---------------|-------------|--------------|------|-------|------|------|-----------------|------|----------------|
| 005 | Токарная | 0,9 | 0,51 | 179 | 485 | 703 | - | 2 | 0,27 |
| | | 0,74 | 0,33 | 215 | 527 | 405 | - | 1,4 | 0,35 |
| 010 | Токарная | 1,03 | 0,51 | 162 | 398 | 936 | - | 2,9 | 0,3 |
| | | 0,75 | 0,33 | 215 | 527 | 705 | - | 1,4 | 0,35 |
| 015 | Комплексная | 21 | 0,3 | 20 | 184 | 6391 | 639 | 5,6 | 0,4 |
| | | 1 | 0,15 | 30 | 228 | 4952 | 742 | 4,6 | 3,9 |
| | | 21 | 0,08 | 43,5 | 173 | 3107 | 1243 | 2,2 | 0,4 |
| | | 20 | 0,09 | 3,6 | 305 | 40 | 0,2 | 1,6 | 0,2 |
| | | 1,05 | 0,3 | 22,1 | 1406 | 38 | 0,16 | 0,02 | 0,005 |
| | | 0,55 | 0,3 | 23,3 | 1854 | 79 | 0,7 | 0,13 | 0,002 |
| | | - | 0,3 | 20 | 1818 | - | 0,8 | 0,14 | 0,003 |
| | | 18 | 0,08 | 49,4 | 341 | 1168 | 228 | 1,77 | 0,47 |
| | 020 | Шлифовальная | 0,1 | 0,025 | 15 | 73,5 | | | 1,04 |

1.6 Техническое нормирование.

Для примера расчета нормирования приведет расчет операции 005.
Токарная обработка.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист | 36 |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|----|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | |

Основное технологическое время определяется исходя из режимов резания $t_o = 0.88$ мин

Вспомогательное время на установку и снятие детали

$t_{уст} = 0.43$ мин. [6, с. 56, таблица 2].

Вспомогательное время, связанное с переходом

$t_{пер} = 0.15$ мин [6, с. 110, т. 20].

Вспомогательное время на контрольные измерения $t_{изм} = 0$, так как нет необходимости контролировать поверхности на данной операции.

Вспомогательное время на операцию:

$$t_B = (t_{уст} + t_{пер} + t_{изм}) \cdot K_{tB}$$

где $K_{tB} = 1.15$ – поправочный коэффициент на вспомогательное время для обработки корпусных и оригинальных деталей среднесерийного производства.

$$t_B = (0.43 + 0.15 + 0) \cdot 1.15 = 0.66$$

Оперативное время считаем по формуле:

$$t_{оп} = t_0 + t_B$$

$$t_{оп} = 0.88 + 0.66 = 1.57$$

Время на обслуживание рабочего места равно 6% от оперативного времени. [6, с. 223, таблица 45].

$$t_{обс} = t_{оп} \cdot 0,06$$

$$t_{обс} = 1.57 \cdot 0.06 = 0.053$$

Время перерывов на отдых и личные надобности равно 4% от оперативного времени. [6, с. 236, таблица 46].

$$t_{отд} = t_{оп} \cdot 0,04$$

$$t_{отд} = 1.57 \cdot 0.04 = 0.035$$

Штучное время составит:

$$t_{шт} = (t_o + t_B) \cdot \left(1 + \frac{t_{обс} + t_{отд}}{100}\right)$$

$$t_{шт} = (t_o + t_B) \cdot \left(1 + \frac{t_{обс} + t_{отд}}{100}\right)$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист
37

Результаты технического нормирования всех операций сведены в таблицу

6

Таблица 6

| №опер | то | tv | туст | тпер | тобс | тотд | KтB | топ | тшт |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 005 | 0,880 | 0,667 | 0,430 | 0,150 | 0,053 | 0,035 | 1,150 | 1,547 | t |
| 010 | 1,110 | 0,667 | 0,430 | 0,150 | 0,067 | 0,044 | 1,150 | 1,777 | 1,778 |
| 015 | 3,900 | 1,024 | 0,680 | 0,210 | 0,234 | 0,156 | 1,150 | 4,924 | 4,942 |
| 020 | 3,200 | 0,598 | - | 0,520 | 0,192 | 0,128 | 1,150 | 3,798 | 3,810 |
| 025 | 8,480 | 0,115 | - | 0,100 | 0,509 | 0,339 | 1,150 | 8,595 | 8,667 |
| 030 | 0,320 | 0,115 | - | 0,100 | 0,019 | 0,013 | 1,150 | 0,435 | 0,435 |
| 035 | 0,080 | 0,115 | - | 0,100 | 0,005 | 0,003 | 1,150 | 0,195 | 0,195 |
| 040 | 0,048 | 0,115 | - | 0,100 | 0,003 | 0,002 | 1,150 | 0,163 | 0,163 |
| 045 | 3,760 | 0,897 | 0,680 | 0,100 | 0,226 | 0,150 | 1,150 | 4,657 | 4,674 |
| 050 | 0,580 | 1,081 | 0,520 | 0,420 | 0,035 | 0,023 | 1,150 | 1,661 | 1,661 |

1.7 Коэффициент использования материала.

Значение коэффициента использования материала для диска должно удовлетворять условию $0,5 < K_{u.m} \leq 1$.

Коэффициент использования материала определим по формуле (1.20) [1, с.6]

$$K_{u.m} = \frac{G_D}{G_3}, \quad (1.20)$$

где G_D – масса детали, кг;

G_3 – масса заготовки, кг.

$$K_{u.m} = \frac{1,23}{2,3} = 0,53,$$

следовательно условие $0,5 < K_{u.m} \leq 1$ выполняется и деталь «Кольцо» является технологичной.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 38 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Расчет и проектирование схвата промышленного робота

Для данной детали должен быть спроектирован схват для деталей типа «диск».

Схват должен обеспечивать точное положение оси симметрии детали. В таких схватах должно обеспечиваться одновременное перемещение всех губок в направлении плоскости симметрии, поэтому выбираем центрирующий схват.

Так как проектируется схват для серийного производства, для конкретной детали и для конкретной операции, то можно выбрать узкодиапазонный схват.

Масса заготовки детали составляет 1,23 кг, поэтому привод используем пневматический, использующий цеховой сетевой сжатый воздух давлением 0,5МПа.

Данное захватное устройство проектируется для комплексной операции на горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ТАЙМАС-ZPS H630. На этой операции фрезеруются пазы, сверлятся, зенкеруются отверстия, нарезается резьба. Захватное устройство предназначено для взятия детали из тары-накопителя, закрепления на станке, снятия детали после обработки и складирования в другую тару.

Выбираем схват со следующей схемой рычажного механизма:

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист | 39 |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|----|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | |

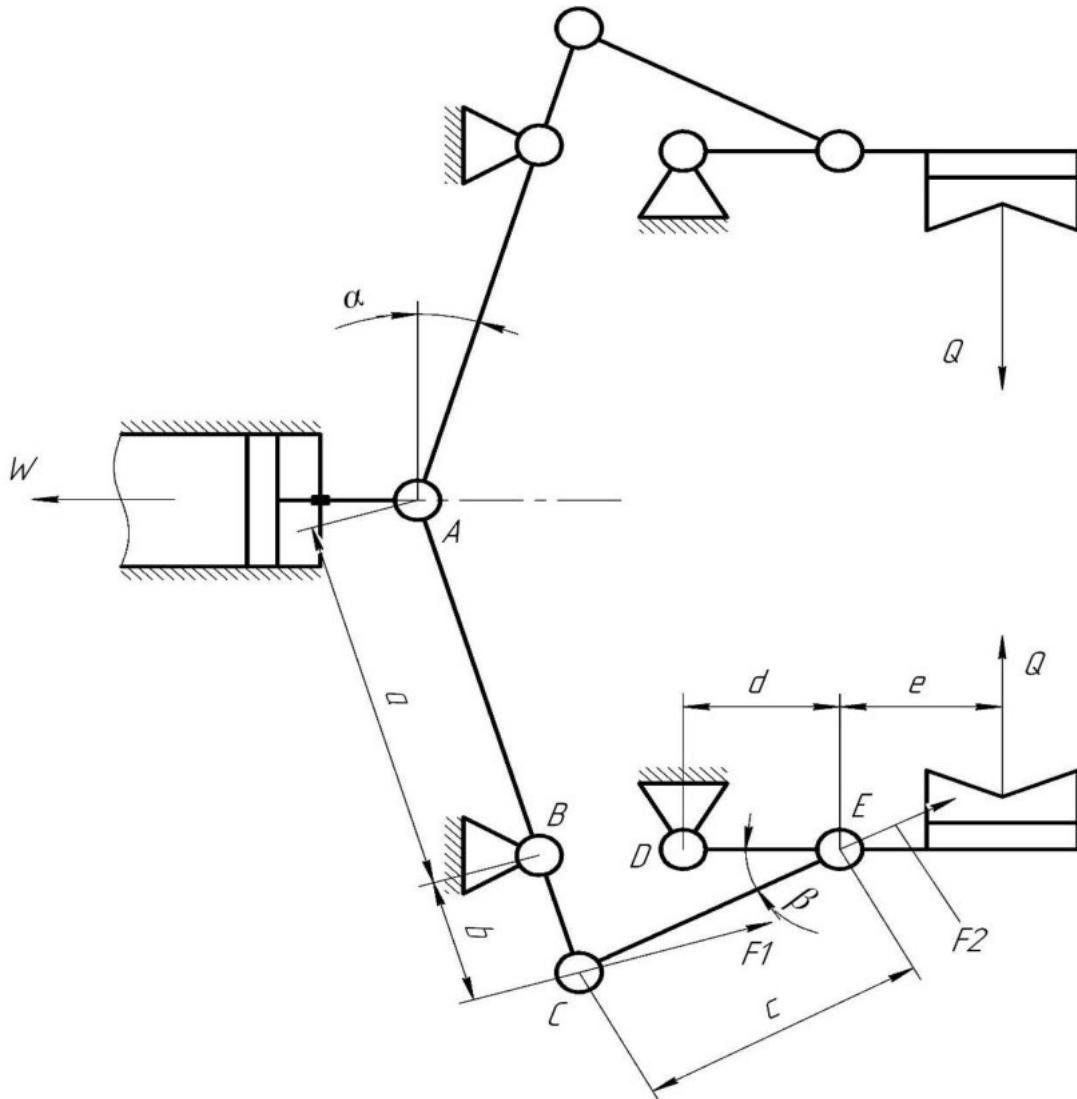


Рисунок 8 – Расчетная схема рычажного механизма схваты

Расчет потребного усилия захвата заготовки и приводного пневмоцилиндра

Рассчитаем силу зажима, она должна быть достаточной, чтобы исключить сдвиг заготовки

$$F_{mp} = Q \cdot f \cdot \sin 50^\circ, \quad (2.1)$$

где F_{tp} – сила трения детали об губки схваты;

Q – необходимая сила зажима;

f – коэффициент трения.,

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист

40

$$G - 2 \cdot F_{mp} = 0, \quad (2.2)$$

где G – вес детали;

$$G - 2 \cdot Q \cdot f \cdot \sin 50^\circ = 0 \quad (2.3)$$

$$Q = \frac{G \cdot k}{2 \cdot f \cdot \sin 50^\circ}, \quad (2.4)$$

где k – общий коэффициент зажима:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3,$$

где k_1 - коэффициент безопасности, $k_1 = 1,7$;

k_2 - коэффициент, зависящий от максимального ускорения, с которым робот перемещает закрепленную в захвате заготовку, $k_2 = 1,4$;

k_3 - коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки, $k_3 = 1,8$ (5, с. 506).

f - коэффициент трения, $f = 0,4$ (5, с. 85);

$$Q = \frac{1,23 \cdot 9,81 \cdot 1,7 \cdot 1,4 \cdot 1,8}{2 \cdot 0,4 \cdot \sin 50^\circ} = 107H$$

Определим усилие на штоке захватного устройства W .

Усилие на штоке цилиндра определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма.

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Из условия $\sum M=0$ относительно точки А имеем:

$$W \cdot \cos\alpha \cdot a = F1 \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot b; \\ F2 = F1 \cdot \cos(\alpha - \beta) = \frac{W \cdot \cos\alpha \cdot a}{b}. \quad (2.5)$$

Из условия $\sum M=0$ относительно точки D имеем:

$$Q \cdot (d + e) = F2 \cdot \sin\beta \cdot d; \\ F2 = \frac{Q \cdot (d + e)}{\sin\beta \cdot d}. \quad (2.6)$$

Подставив формулу (2.5) в (2.6), получим:

$$\frac{W \cdot \cos\alpha \cdot a}{b} = \frac{Q \cdot (d + e)}{\sin\beta \cdot d}; \\ W = \frac{Q \cdot (d + e) \cdot b}{\cos\alpha \cdot a \cdot \sin\beta \cdot d} = \frac{107 \cdot (17,5 + 40) \cdot 20}{\cos 15^\circ \cdot 50 \cdot \sin 75^\circ \cdot 17,5} = 1207H,$$

где а и b – плечи передаточного механизма; a=50мм; b=20мм; d=17,5мм; e=40мм $\alpha=15^\circ$ мм; $\beta=75^\circ$ мм (определен конструктивно).

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot p \cdot \eta; \quad (2.8)$$

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (2.9)$$

где р - давление воздуха на поршень, р = 0,5 МПа;

η - КПД пневмоцилиндра, $\eta = 0,9$;

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 42 |

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 1207}{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,9}} = 58 \text{мм}$$

Принимаем D_u из стандартного ряда. $D_u = 63$ мм.

Диаметр штока принимается из соотношения:

$$d_{um} = 0,3 \div 0,5 D_u \quad (2.10)$$

$$d_{um} = 20 \text{мм}$$

Действительная сила на штоке пневмоцилиндра, исходя из формулы 2.9, равна:

$$W = \frac{50^2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9}{4} = 1402H$$

Определение усилий в элементах схвата и его конструктивных параметров

Усилие, действующее на оси схвата находим из суммы проекций сил на оси X и Y:

$$\Sigma F_x = Q - F_{Ax} = 0;$$

$$\Sigma F_y = W - G - F_{Ay} = 0,$$

откуда:

$$F_{Ax} = Q;$$

$$F_{Ay} = W - G.$$

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

$$F_{Ax} = 107;$$

$$F_{Ay} = 1207 - 1,23 \cdot 9,81 = 1195.$$

Суммарная нагрузка в шарнире:

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2};$$

$$F_A = \sqrt{107^2 + 1195^2} = 1199H.$$

Диаметр осей выбираем из расчета на срез:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_A}{\pi \cdot [\tau_{cp}]}} \quad (2.11)$$

где $[\tau_{cp}]$ - допустимое напряжение среза для стали 40Х $[\tau_{cp}] = 120$ МПа;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1199}{3,14 \cdot 120}} = 4,04 \text{мм.}$$

Такой размер осей слишком мал. Конструктивно принимаем $d=8$ мм.

Проверяем шарниры на смятие, принимая допускаемое напряжение на смятие для стали 40Х $[\sigma_{cm}] = 80$ МПа:

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_u \cdot b}, \quad (2.12)$$

где $b=20$ мм – принятая ширина оси;

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 44 |

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 1199}{3,14 \cdot 8 \cdot 20} = 6,13 \text{ МПа} << 80 \text{ МПа.}$$

Конструкция и расчет губок схвата

Губки схвата контактируют с деталью и от их конструкции во многом зависит точность и надежность работы схвата. При конструировании следует учитывать, что на губки действуют значительные нормальные усилия и силы инерции, которые сдвигают губки со своего места. С другой стороны, губки должны обеспечить наибольшую силу трения. Что позволит уменьшить размеры элементов схвата. Поэтому в конструкции крепления губок необходимо предусмотреть их жесткую фиксацию, выполнение рабочей поверхности губок с высокой твердостью и возможностью их быстрой и легкой замены.

Размеры губок определяют исходя из расчета на контактную прочность:

$$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot E_{np}}{l \cdot d}}, \quad (2.13)$$

где $E_{np} = \frac{2 \cdot E_r \cdot E_d}{E_r + E_d}$ - приведенный модуль упругости материала губок схвата и материала детали; $E_r = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ (сталь 40Х), $E_d = 2,12 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ (сталь 40Х);

$$E_{np} = \frac{2 \cdot 2,15 \cdot 10^5}{2,15 \cdot 10^5 + 2,12 \cdot 10^5} = 2,13 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 45 |

где d – диаметр детали;

l – ширина губок схваты.

$$\sigma = 650 \text{ MPa} \text{ (сталь 40Х).}$$

Ширина губок схваты:

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot Q \cdot E_{np}}{d \cdot \sigma^2}; \quad (2.14)$$

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot 107 \cdot 2,13 \cdot 10^5}{130 \cdot 650^2} = 3.2 \text{ мм.}$$

Конструктивно слишком мал. Принимаем $l=40\text{мм}$.

2.2 Проектирование станочного приспособления для комплексной операции.
Для комплексной операции спроектируем оправку с пневмоприводом. Для закрепления заготовки будут использоваться тарельчатые пружины. С целью возможности отключения пневмопривода на время обработки.

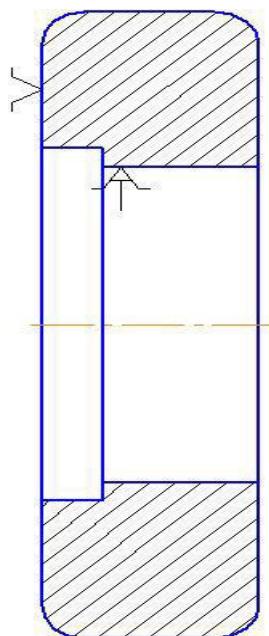


Рисунок 9 – Схема закрепления

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист
46

Заготовка базируется по торцовой поверхности центрируется по внутреннему отверстию.

$$kM = Qf_1R + \frac{1}{3}Qf_2\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}\right) + \frac{1}{3}Pf_2\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}\right) \quad (2.15)$$

$$Q = \frac{kM - \frac{1}{3}Pf_2\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}\right)}{f_1R + \frac{1}{3}f_2\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}\right)}$$

$$Q = \frac{2.5 \cdot 12459 - \frac{1}{3} \cdot 0.15 \cdot 6390 \cdot \left(\frac{100^3 - 78^3}{100^2 - 78^2}\right)}{\frac{1}{3} \cdot 0.15 \cdot \left(\frac{100^3 - 78^3}{100^2 - 78^2}\right)} = 6849, \text{Н}$$

Выбираем тарельчатые пружины по ГОСТ 3057-90.

Тип 3. Наружный диаметр $D = 71$ мм, внутренний диаметр $d=28$ мм, толщина пружины $t = 2,6$ мм, максимальная деформация $S_3 = 2$ мм, высота пружины $h=4,6$

Необходимую силу для сжатия пружин рассчитываем по формуле

$$P = \frac{4E\delta\lambda}{(1 - \mu^2)D^2} \left[(h - \lambda) \left(h - \frac{\lambda}{2} \right) + \delta^2 \right]$$

$$P = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2.6 \cdot 2}{(1 - 0.3^2)71^2} \left[(4.6 - 2) \left(4.6 - \frac{2}{2} \right) + 2.6^2 \right] = 7800, H.$$

Диаметр цилиндра рассчитаем по формуле

$$D_{\text{ц}} = 1,14 \sqrt{\frac{P_{\text{шт}}}{p}},$$

где p – величина давления сжатого воздуха в пневмоцилиндре, $p = 0,5$ МПа.

$$D_{\text{ц}} = 1,14 \cdot \sqrt{\frac{7800}{0,5}} \approx 124.9 \text{ мм.}$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 47 |

По ГОСТ 15608-81 принимаем ближайшее большее значение диаметра пневмоцилиндра и соответствующий ему диаметр штока: $D_{ц} = 125$ мм, $d_{шт} = 32$ мм.

По формулам (2.16) и (2.17) найдем действительные силу на штоке $P_{шт}^{\text{действ}}$ [Зубарев, табл. 6.11, с. 151] и усилие закрепления $Q^{\text{действ}}$:

$$P_{шт}^{\text{действ}} = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta, \quad (2.16)$$

где η – коэффициент полезного действия привода, $\eta = 0,85$.

$$P_{шт}^{\text{действ}} = \frac{\pi}{4} \cdot 125^2 \cdot 0,5 \cdot 0,85 = 10431 \text{ Н};$$

$$Q^{\text{действ}} = P_{пл}^{\text{действ}} \cdot \eta, \quad (2.17)$$

$$Q^{\text{действ}} = 10431 \cdot 0,9 \approx 9387 \text{ Н.}$$

2.3 Проектирование станочного приспособления для шлифования

Спроектируем мембранный патрон для шлифования внутреннего отверстия. Мембранные самоцентрирующие механизмы используются для точного центрирования заготовки по короткой внутренней или наружной цилиндрической поверхности. Закрепление заготовки осуществляется силами упругости мембраны, так как диаметр, на который установлены кулачки, несколько меньше базового диаметра заготовки. Мембранные патроны имеют высокую точность центрирования, благодаря чему применяются на чистовых операциях.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 48 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

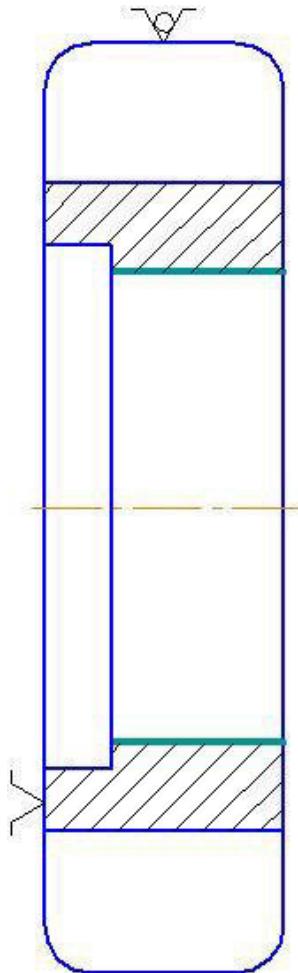


Рисунок 10 –схема закрепления

Расчет патрона выполняется по литературе [8 стр. 151]

Расчет мембран выполняют с учетом последовательности работы патрона.

Когда мембрана находится в исходном плоском состоянии (Рисунок 11,а).

Потом под действием осевой силы P_{oc} мембрана прогибается (Рисунок 11 б)

Кулачки поворачиваются на угол ϕ и кулачки разжимаются.

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

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

Лист

49

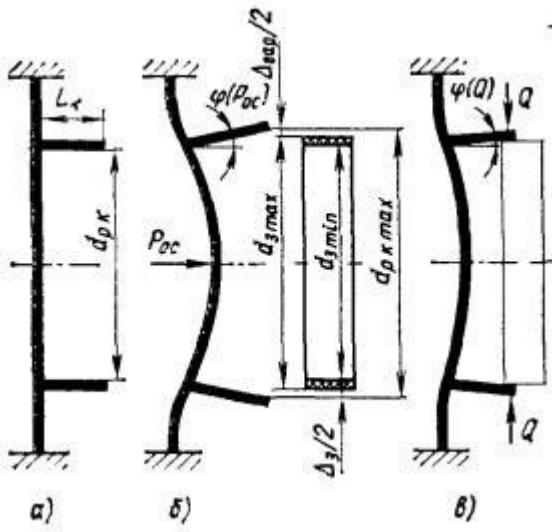


Рисунок 11

Определим зажимное усилие на одном рожке

$$Q = 10^3 \cdot \frac{k \cdot M_{\text{рез}}}{n \cdot r \cdot l}, \quad (2.18)$$

где Q — сила зажима, Н; $M_{\text{рез}}$ — момент от сил резания, Н·м; n — число рожков ($n = 6$); f — коэффициент трения между заготовкой и рожком ($f = 0,15$);

r — радиус базы заготовки $r = D/2$, мм; k — коэффициент надежности закрепления.

$$Q = 10^3 \cdot \frac{3 \cdot 920}{6 \cdot 35 \cdot 65} = 47 \cdot 10^3$$

Найдем величину момента, вызывающего изгиб диска мембранны:

$$M_{\text{изг}} = \frac{Q \cdot n \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

где $M_{\text{изг}}$ — распределенный по окружности радиусом r момент, вызывающий изгиб диска мембранны, Н; l — расстояние от середины рожка до плоскости мембранны, мм.

$$M_{\text{изг}} = \frac{47 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 65}{2 \cdot \pi \cdot 35} = 13 \cdot 10^3$$

Выбираем наружный диаметр мембранны D .

$$D = (1.3 - 1.4) \cdot D',$$

где D' — диаметр базы заготовки, мм; диаметр D' выполняется по $h7-h9$.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|-------------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 ПЗ | 50 |

Рассчитывается толщина диска мембранны b , мм, по соотношению $b = 0,025 \cdot D$.

$$D = 1.3 \cdot 142 = 184, \text{мм}$$

Определяется отношение $D/2r$, а по нему — величина момента заделки $M_{\text{зад}}$, Н_м, волях от $M_{\text{изг}}$.

Рассчитываем цилиндрическую жесткость изгиба мембранны:

$$B = \frac{E \cdot b^3}{10^3 \cdot 12 \cdot (1 - \mu^2)},$$

где B — цилиндрическая жесткость изгиба мембранны единичной ширины, Н_м;

E — модуль упругости, МПа ($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа);

b — толщина мембранны, мм;

$\mu = 0,3$.

$$B = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 5^3}{10^3 \cdot 12 \cdot (1 - 0,3^2)} = 24 \cdot 10^3$$

Определим угол разжима рожков при закреплении заготовки с наименьшим предельным размером установочной базы (D_{\min}):

$$\varphi = \frac{M_{\text{зад}} \cdot r}{10^3 \cdot b \cdot (1 + \mu)},$$

где φ — угол зажима кулачков, рад.

$$\varphi = \frac{1310^3 \cdot 35}{10^3 \cdot 5 \cdot (1 + 0,3)} = 0,18, \text{рад.}$$

8. Определяется угол максимального разжима рожков:

$$\varphi' = \varphi + \frac{T_D}{2 \cdot l} + \frac{\Delta}{2 \cdot l},$$

где T_D — допуск на диаметр D , мм; $\Delta = 0,01 - 0,03$ — зазор между базой заготовки и кулачками перед установкой заготовки с D_{\max} .

$$\varphi' = 0,18 + \frac{0,8}{2 \cdot 65} + \frac{0,01}{2 \cdot 65} = 0,186, \text{рад.}$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 51 |

9. Рассчитывается исходное усилие P_i , необходимое для разжима рожков перед закреплением заготовки:

$$P_i = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot b \cdot \varphi'}{r \cdot l},$$

$$P_i = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 0,816'}{35 \cdot 65} = 513, \text{ Н}$$

Диаметр цилиндра рассчитаем по формуле

$$D_{ц} = 1,14 \sqrt{\frac{P_{шт}}{p}},$$

где p – величина давления сжатого воздуха в пневмоцилиндре, $p = 0,5 \text{ МПа}$.

$$D_{ц} = 1,14 \cdot \sqrt{\frac{513}{0,5}} \approx 44 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 15608-81 принимаем ближайшее большее значение диаметра пневмоцилиндра и соответствующий ему диаметр штока: $D_{ц} = 50 \text{ мм}$, $d_{шт} = 16 \text{ мм}$.

По формулам и найдем действительные силу на штоке $P_{шт}^{\text{действ}}$ [Зубарев, табл. 6.11, с. 151] и усилие закрепления $Q^{\text{действ}}$:

$$P_{шт}^{\text{действ}} = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta, \quad (2.2.12)$$

где η – коэффициент полезного действия привода, $\eta = 0,85$.

$$P_{шт}^{\text{действ}} = \frac{\pi}{4} \cdot 50^2 \cdot 0,5 \cdot 0,85 = 834 \text{ Н};$$

$$Q^{\text{действ}} = P_{шт}^{\text{действ}} \cdot \eta, \quad (2.2.13)$$

$$Q^{\text{действ}} = 834 \cdot 0,9 \approx 751 \text{ Н.}$$

2.4 Проектирование контрольного приспособления для проверки расположения пазов.

Для проверки расположения пазов проектируем калибр собираемости.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 52 |

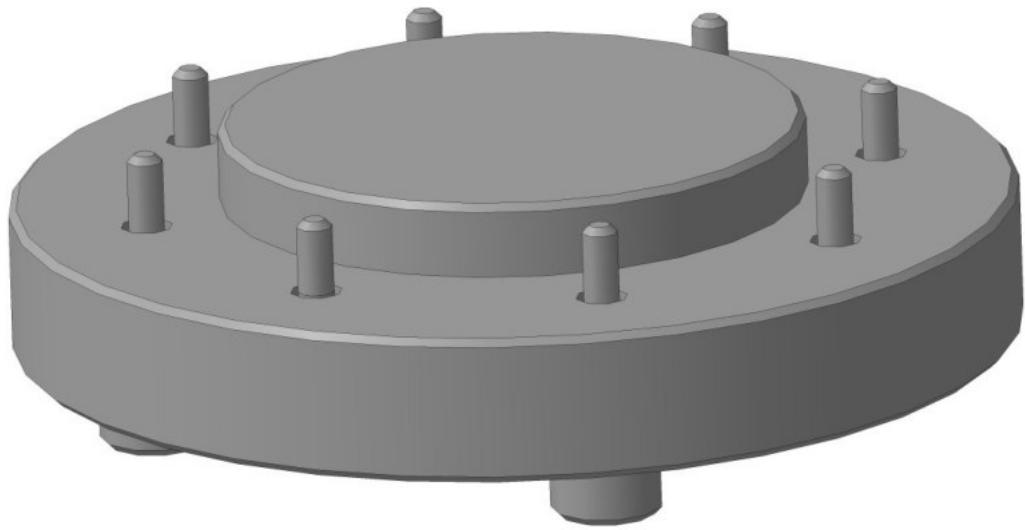


Рисунок 12

- Предельные отклонения и допуски диаметров измерительных пробок калибра выбираем по таблице 1 ГОСТ 16085-80, при $T_p=0.2$ мм:
для пробок, контролирующих расположение пазов размером 5H10 :

$$F=0.026 \text{ мм}; H=0,008 \text{ мм}; W=0,01 \text{ мм};$$

для базовой пробки :

$$H_0=H=0,008 \text{ мм}; W_0=W=0,01 \text{ мм};$$

- Предельные отклонения пробок калибра рассчитываются по формуле :

$$d_{k0\max} = d_{G0-W}=78 \text{ мм};$$

размер поэлементного проходного предельного изношенного калибра определяется по ГОСТ 24853-81

$$d_{k0\min} = d_{G0-W}=78-0.008=77.992 \text{ мм};$$

$$d_{k0x-W} = 78-0.008-0.010=77.982 \text{ мм};$$

для остальных пробок:

$$d_{k\max} = 5-0.2+0.026+0.008 = 4.834 \text{ мм};$$

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------------|------|
| | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | 53 |

3. Позиционный допуск осей пробок калибра определяются по таблице 1
ГОСТ 16085-80

При нормировании и контроле размеров, координирующих оси пробок, должны быть соблюдены следующие требования:

- а) предельные отклонения размера между осью каждой пробки и осью базовой пробки
- б) предельные отклонения центрального угла между осями двух любых пробок, расположенные по окружности диаметром 100мм, , база – ось центральной пробки

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|------|
| | | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |

3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

3.1 Выполнение симуляции механической обработки на станках с ЧПУ

Симуляция механической обработки крышки выполнена в программе САМ. Используемая САМ-система автоматизирует обработку, автоматически или вручную распознает типовые элементы и выбирает соответствующие инструменты.

На рисунке показана заготовка перед токарной обработкой.

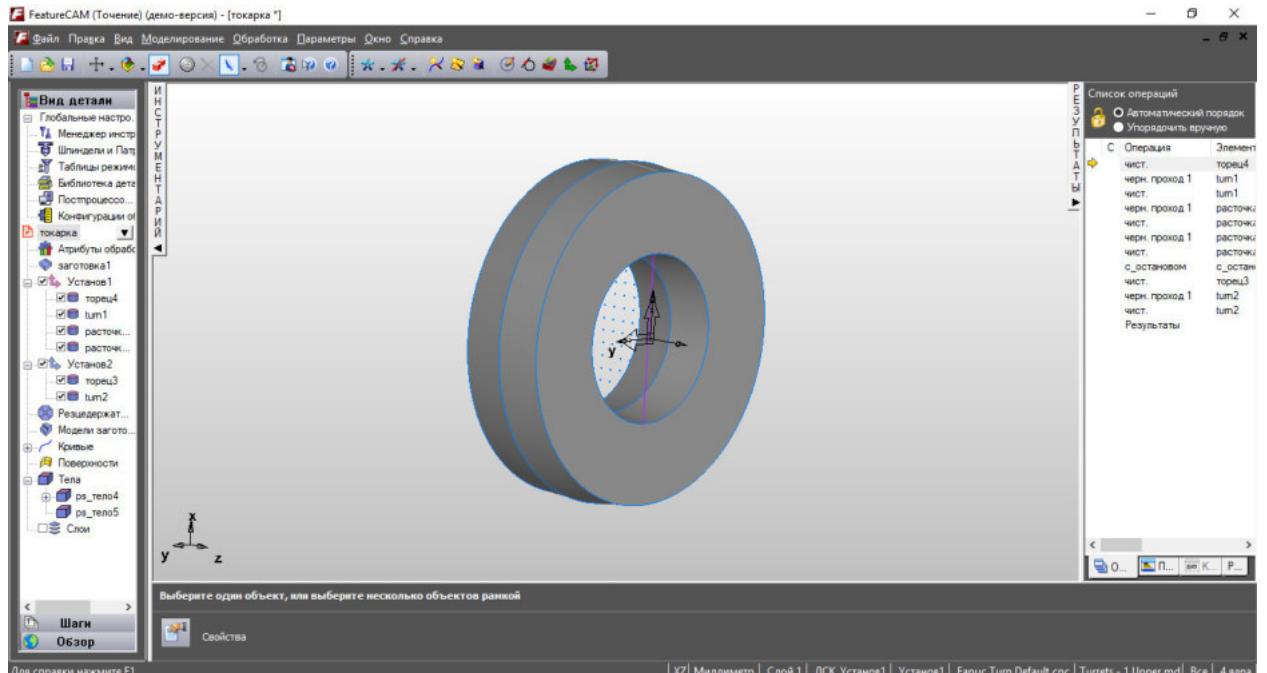


Рисунок 13 – Заготовка

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист | 55 |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|----|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 | ПЗ |

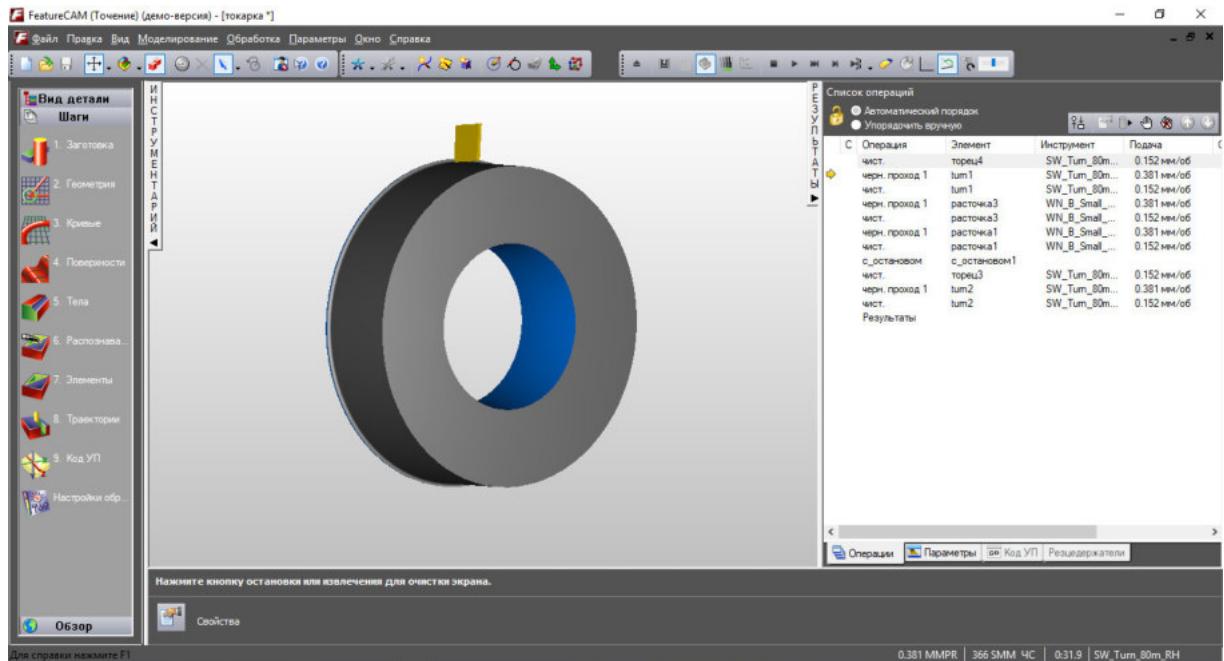


Рисунок 14- Токарная обработка наружной поверхности

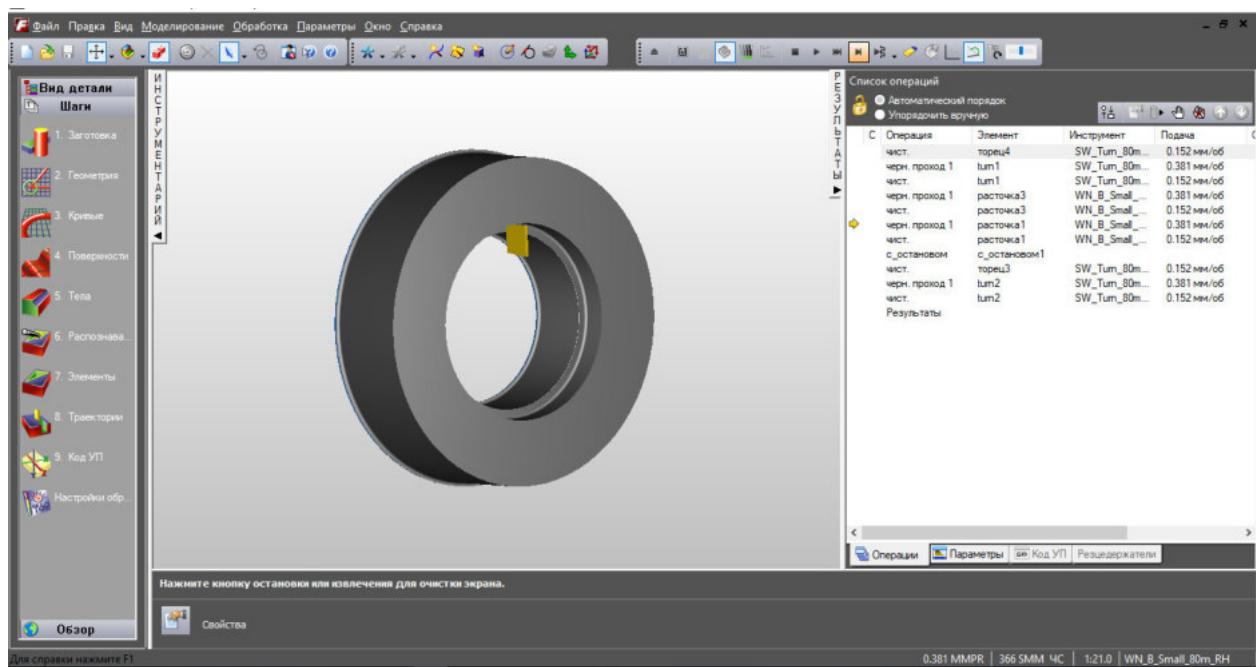


Рисунок 15 –Растачивание в упор

На следующем рисунке показана деталь после токарной обработки и заготовка для фрезерной операции...

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ |
| | | | | | | 56 |

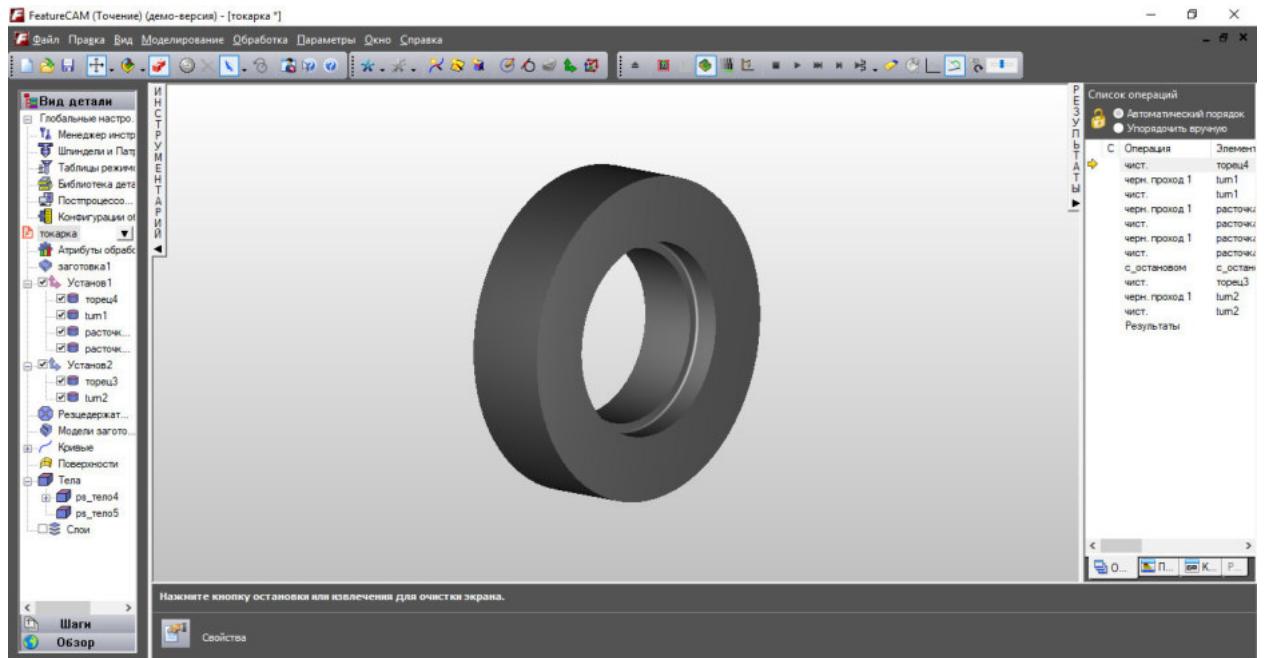


Рисунок 16

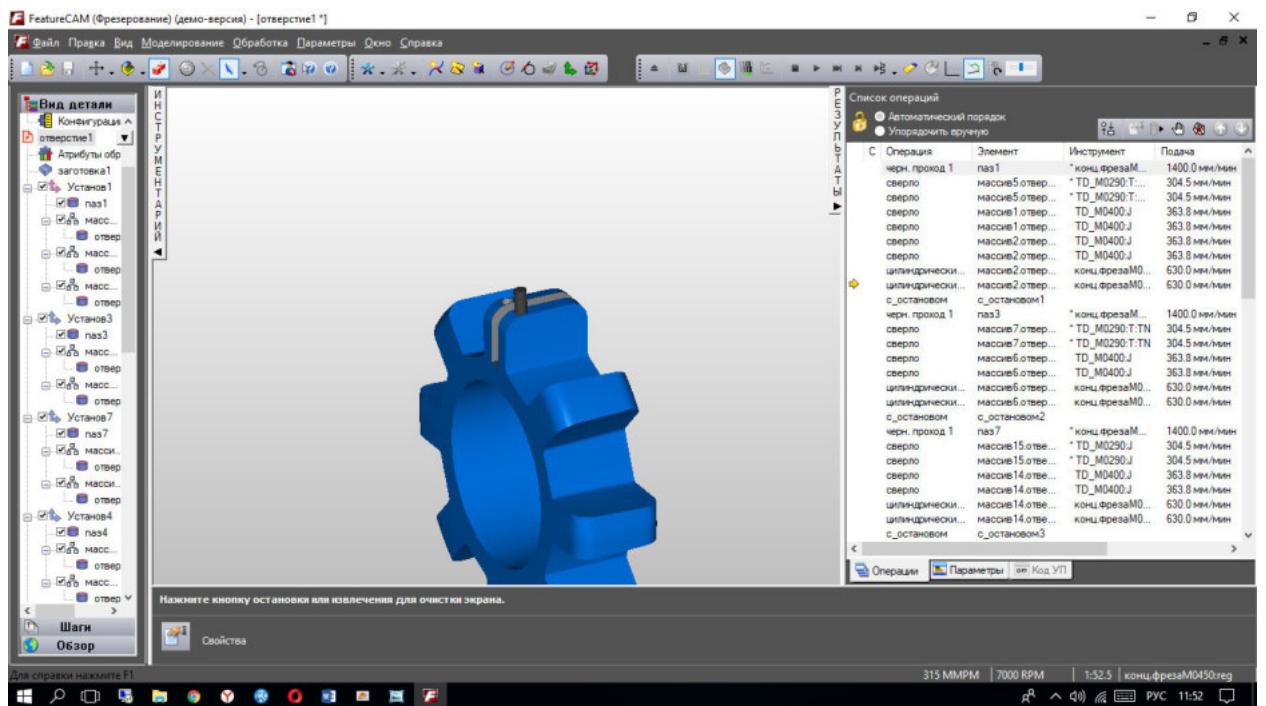


Рисунок 17 - обработка отверстий

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ |

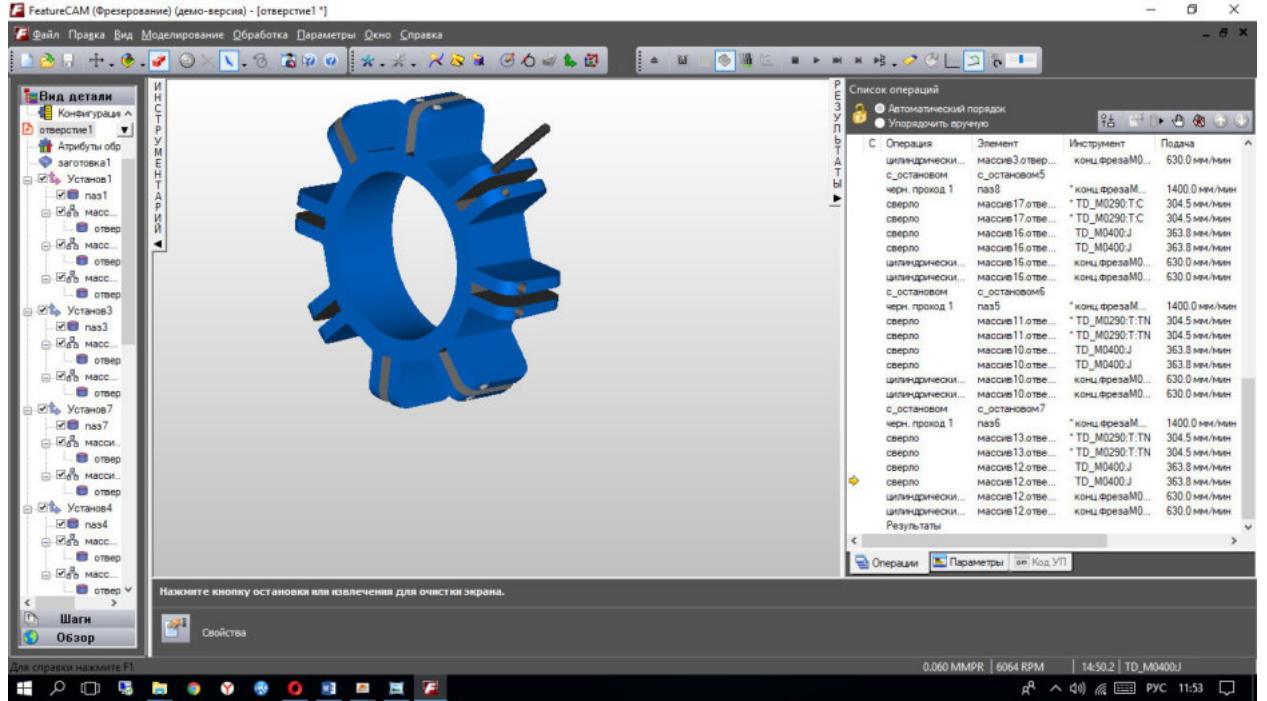


Рисунок 18

На рисунках показан результат после обработки на фрезерной операции.

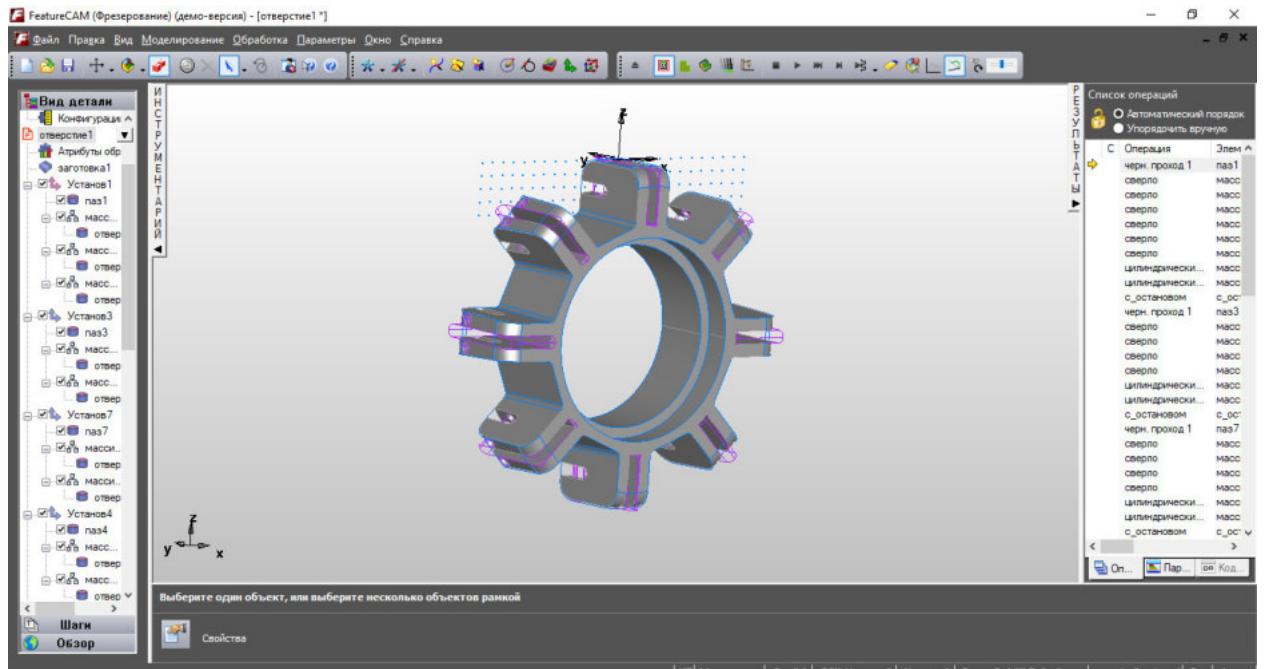


Рисунок 19 .

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 58 |

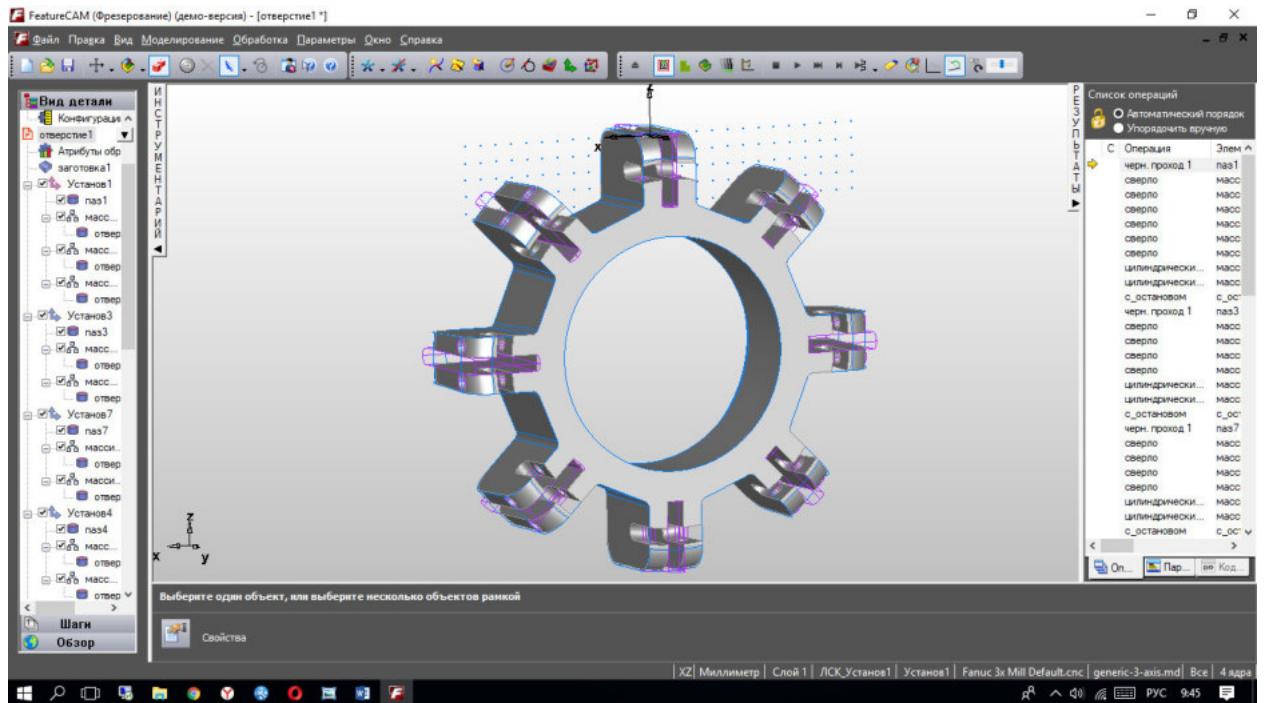


Рисунок 20

3.2 Построение 3D модели схвата робота

Для построения 3D модели схвата робота использовалась программа Компас-3D V16.1. Она позволяет быстро выбирать компоненты в 3D-модели изделия и производить с ними различные операции.

Для создания сборки необходимо создать 3D модели деталей, входящих в приспособление. После того как все модели спроектированы, создаем сборку. Добавляем корпус, фиксируем его, и относительно него последовательно вставляем все созданные компоненты. Каждый компонент базируется относительно другого при помощи функций сопряжения. В процессе создания сборки используется библиотека стандартных изделий.

3D модель фрезерного приспособления показана на рисунке.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|----------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 | ПЗ |

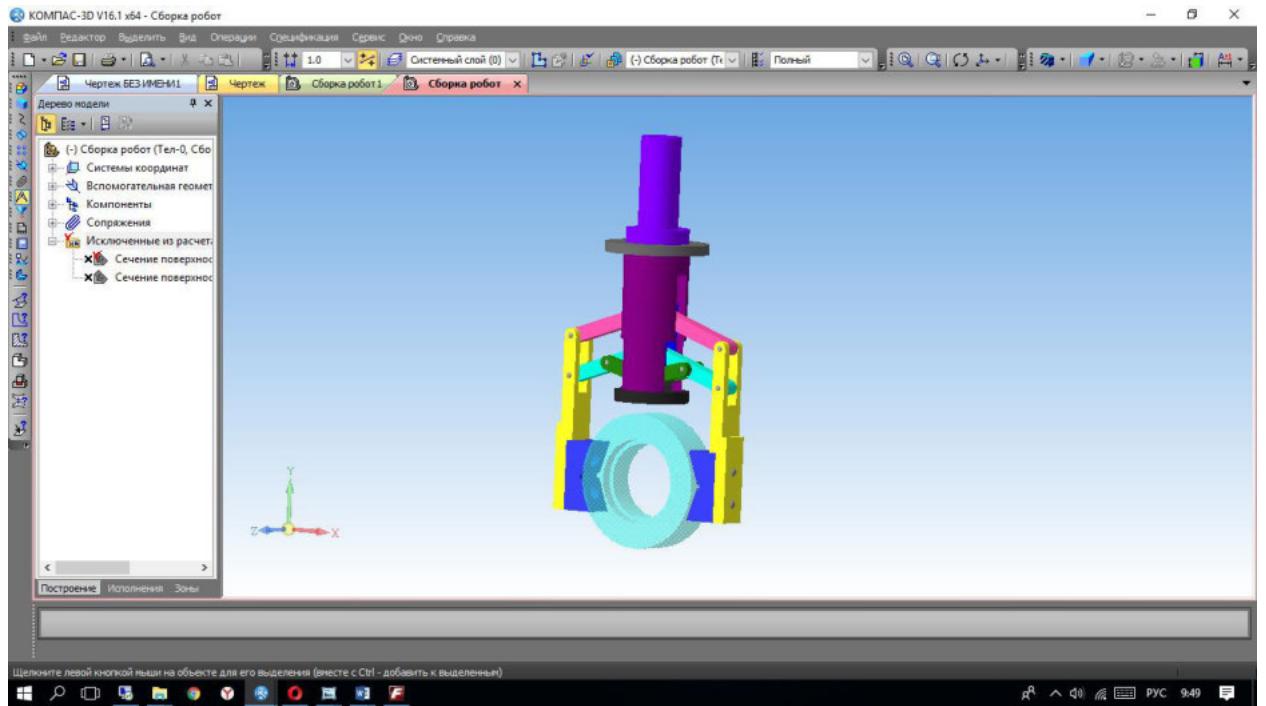


Рисунок 21

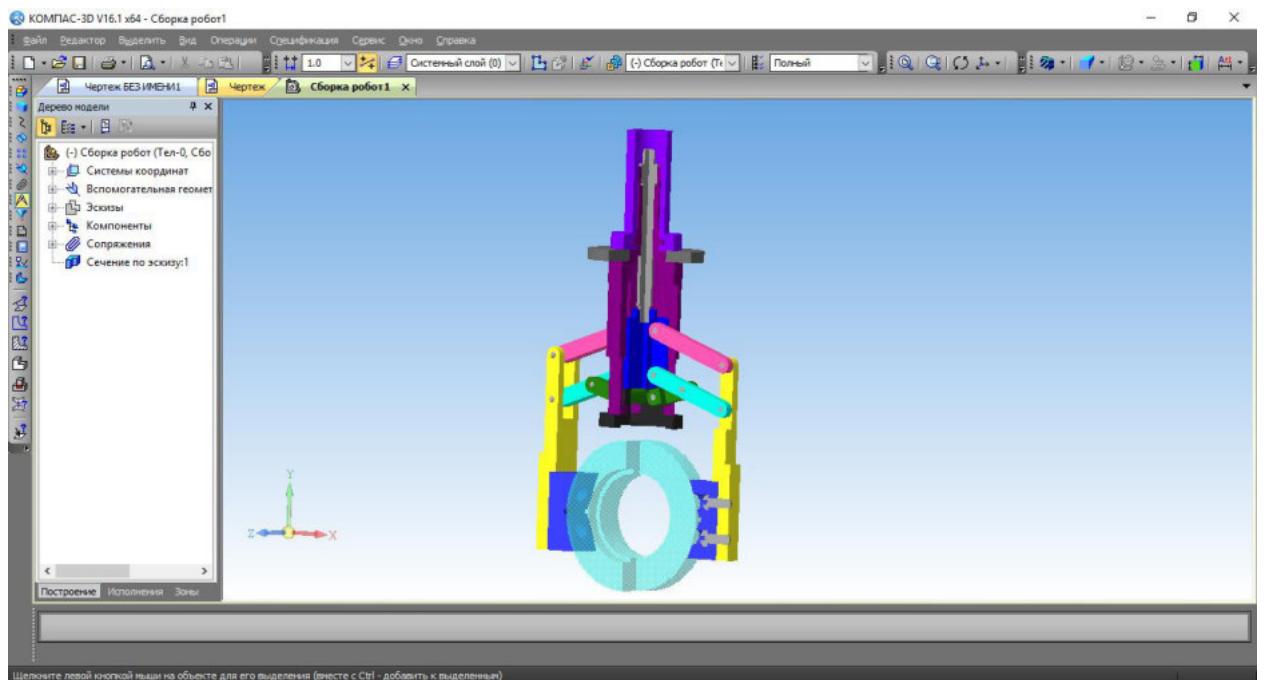


Рисунок 22

4.3 Автоматизация технологического процесса детали

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|------|
| | | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |

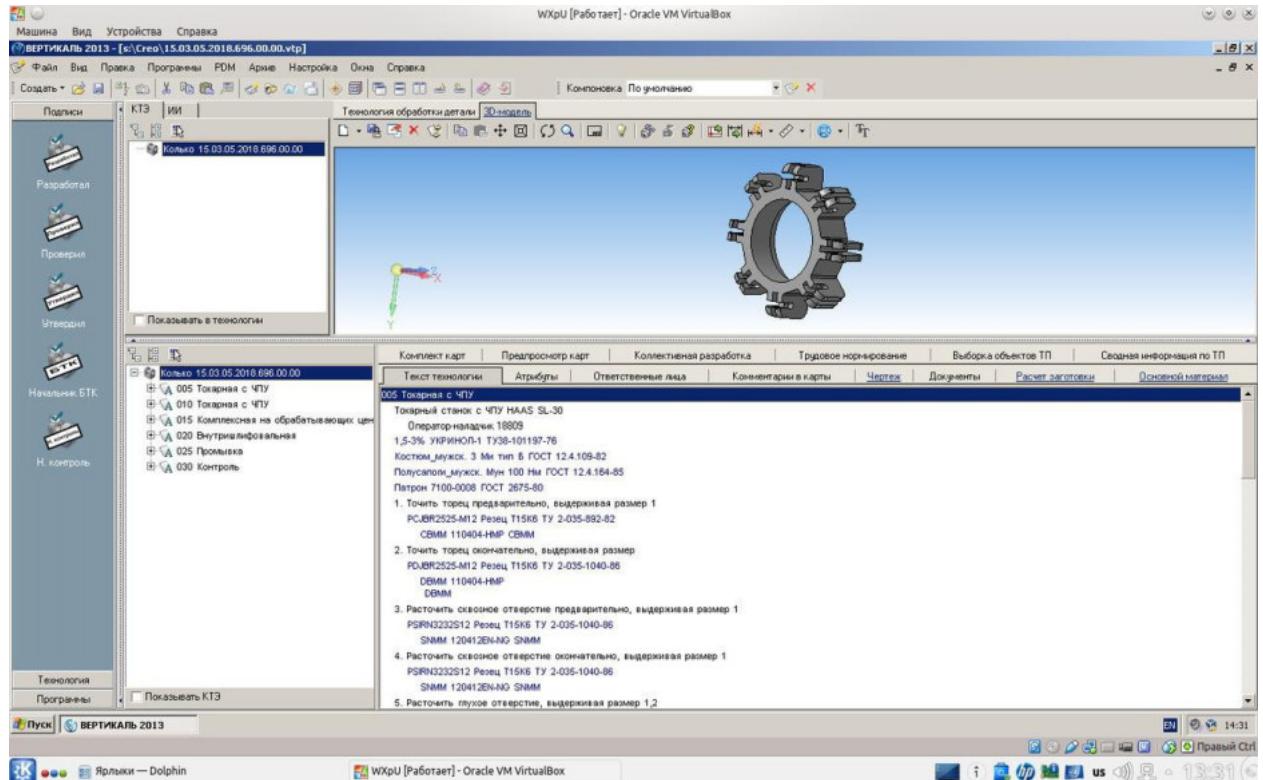


Рисунок 23 – Вертикаль

Проектирование технологического процесса обработки крышки люка лаза в автоматическом режиме выполнялось в программе САПР ТП Вертикаль. Эта программа объединена с Компас-3D, что удобно, т.к упрощает работу с эскизами и чертежами.

Вертикаль позволяет добавлять чертежи заготовки и готовой детали, а также 3D модель.

Для формирования карт эскизов технологического процесса, добавляем соответствующие эскизы на операции, необходимое оборудование и приспособления из встроенной библиотеки.

Справочник позволяет вносить изменения, а также добавлять недостающие данные. Формирование документации(маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов и др.) происходит автоматически в соответствии с ГОСТ и стандартами. карта и карта эскизов) в соответствии с ГОСТ РФ и стандартами

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 61 |

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Расчет количества оборудования для непоточного серийного производства

Число станков в непрерывно-поточной линии определяем для каждой операции. Для начала определим расчетное количество станков по формуле (3):

$$C_{\text{рас}} = \frac{T_{C\Sigma}}{F_0} \quad (4.1)$$

где $C_{\text{рас}}$ – расчетное число станков,

$T_{C\Sigma}$ -суммарная станкоемкость обработки годовой программы выпуска деталей, мин,

$F_0 = 3890$ - эффективный годовой фонд времени работы оборудования [11, с.18],

$$T_{C\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{\text{ш} i,j} N_i}{60},$$

где t – штучное время выполнения j -ой операции изготовления i -ой детали, мин.

N – годовоая программа i -ой детали.

$$T_{C\Sigma} = \frac{3,3 \cdot 3000}{60} = 165$$

Количество станков для токарной операции:

$$C_{\text{рас}} = \frac{165}{3890} = 0,04$$

Округляем до ближайшего большего значения и принимаем $C_{\text{пр}} = 1$.

Коэффициент загрузки оборудования на операции рассчитывается по формуле (4):

$$K_3 = \frac{C_{\text{рас}}}{C_{\text{пр}}} \quad (4.2)$$

где K_3 - коэффициент загрузки оборудования,

$C_{\text{рас}}$ - расчетное количество станков,

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист | 62 |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|----|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | |

$C_{\text{пр}}$ - принятое количество станков,

$$K_3 = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

Таким же образом рассчитывается количество станков для всех операций.

Результат расчета сведен в таблицу 9

Таблица 7.

| Операция | $C_{\text{рас}}$ | $C_{\text{пр}}$ | K_3 |
|-----------------|------------------|-----------------|-------|
| Токарная | 0,04 | 1 | 0,043 |
| Фрезерная | 0,06 | 1 | 0,063 |
| Шлифлифовальная | 0,02 | 1 | 0,21 |

Определим средний коэффициент загрузки станков по формуле (4.3):

$$K_{3,cp} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{\text{рас}i}}{\sum_{i=1}^m C_{\text{пр}i}} \quad (4.4)$$

где $\sum_{i=1}^m C_{\text{рас}i}$, $\sum_{i=1}^m C_{\text{пр}i}$ – соответственно расчетное и принятое количество станков на i -ой операции,
 m - количество операций.

$$K_{3,cp} = \frac{0,043 + 0,063 + 0,021}{1 + 1 + 1} = 0,042$$

4.2. Определение числа операторов-наладчиков.

Таблица 8

| Номер операции | Операция | Операторы-наладчики |
|-----------------|-----------------|---------------------|
| Токарный станок | Токарная | 1 |
| Фрезерный | Фрезерная | робот |
| Шлифлифовальный | Шлифлифовальная | 1 |

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 63 |

15.03.2018.696.00.00 ПЗ

4.3 Выбор методов удаления стружки

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки на 1 м² производственной площади С , т/м².

Но для среднесерийного производства целесообразно собирать стружку в специальные емкости и доставлять к месту сбора стружки напольным транспортом (электрокарами). Так же станки с ЧПУ позволяют быстро переналадить оборудование на другой материал и стружку необходимо будет собирать в другую тару.

Стружка собирается в тару, расположенную около каждого станка. Уборка стружки на станках с числовым программным управлением уборка стружки автоматизирована.

4.4 Выбор подсистемы раздачи СОЖ и сжатого воздуха.

На проектируемом участке применяется централизованно-групповой способ снабжения станков СОЖ. СОЖ марки Mobilmet фирмы Mobil подают по трубопроводам из центральной установки к разборным кранам, установленным на участке. Система охлаждения станка ежесуточно пополняется для восполнения потерь СОЖ вследствие ее разбрызгивания, уноса со стружкой.

Для очистки заготовок и деталей на участке предусмотрен подвод сжатого воздуха с давлением 6 атм.

4.5 Выбор подъемно-транспортного средства и описание участка

. Выбираем кран электрический мостовой однобалочный опорный: 1-А-5-16,5-12-380 ГОСТ 22045-89.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист | 64 |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|----|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | |

Габаритные размеры Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ
ТАЙМАС-ZPS H630 - 5800x3140x3260

Высоту пролета выбирают исходя из схемы, приведенной на рисунке 5

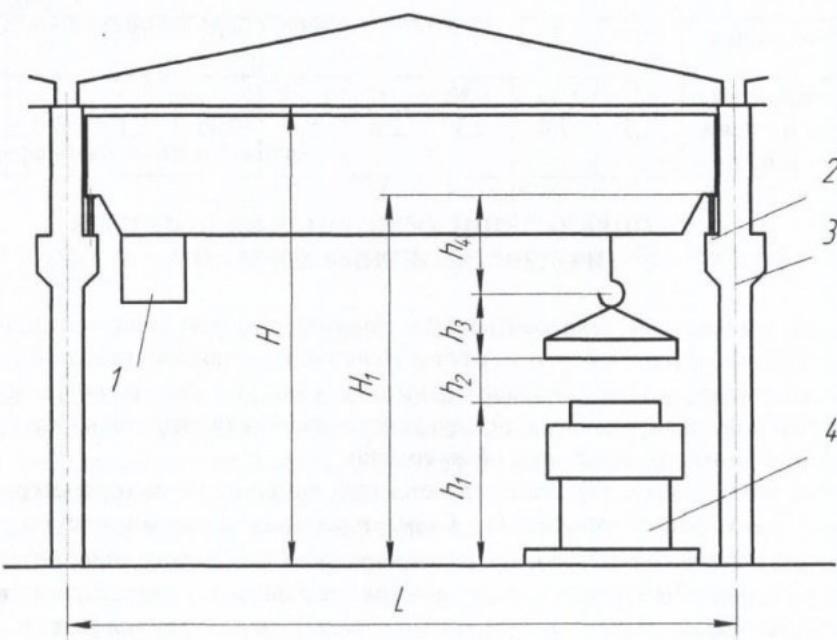


Рисунок 19 - Схема поперечного разреза

1 – кабина крана; 2 - ось подкрановых путей; 3 – продольная разбивочная ось; 4 – станок

Для организации механосборочного производства преимущественно применяют одноэтажные здания, т.к. в этом случае облегчается установка тяжелого металорежущего оборудования, а так же упрощаются транспортные связи между отдельными цехами. Ширину пролета выбирают такой, чтобы можно было рационально разместить кратное число рядов оборудования.

Сетка колонн для одноэтажного здания, оборудованного мостовым краном принимаем 18x12

Исходя из максимального габаритного размера оборудования по высоте h_1 , минимального расстояния h_2 между оборудованием и перемещаемым грузом, а также размеров по высоте транспортируемых грузов h_3 и подъемно

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|-------------------------|------|
| | | | | 15.03.2018.696.00.00 ПЗ | 65 |

транспортных средств h_4 определяют высоту H_1 до головки подкранового рельса:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

где h_1 -максимальный габаритный размер оборудования;

h_2 - минимально расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом;

h_3 -размер по высоте транспортируемых грузов;

h_4 - высота подъемно-транспортного средства (крана)

$$H_1 = 3140 + 0.4 + 2.2 + 1.1 = 6,84 \text{ м.}$$

Принимаем: $H_1 = 6,95$ м по таблице 7.1 [14, с.43]

По высоте H_1 определяем высоту пролета H по таблице 7.1 [14, с.43]

Принимаем $H = 9,6$ м

Для здания высотой 9,6 м и крана грузоподъемностью 5 т принимаем по ГОСТ 25628-90 колонну типа 1КК96 с размерами 400x600 мм.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 66 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕНДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Производственный микроклимат

Микроклимат – это метеорологические условия внутренней среды помещения, которые определяются действующими на организм тремя факторами: температура окружающей среды, влажность воздуха, скорость движения воздуха.

Одним из важнейших условий нормальной жизнедеятельности человека при выполнении профессиональных функций является сохранение теплового баланса организма при значительных колебаниях различных параметров производственного микроклимата, оказывающего существенное влияние на состояние теплового обмена между человеком и окружающей средой. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывая отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать установленным величинам

«Санитарные нормы микроклимата» участка механической обработки детали «Кольцо» относятся ко II (средней) категории работ. Категории работ - это разграничение работ на основе общих энергозатрат организма, измеряемых в Дж/сек. Термические, механосборочные цеха, а, следовательно, и данный участок относятся ко II (средней) категории работ, где энергозатраты составляют от 172 до 293 Дж/сек, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнецких, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.). Для второй категории работ температура окружающей среды должна составлять в холодный период года 18 - 20 °C, в теплый период года 20 - 23 °C; влажность

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | 67 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ | |

воздуха должна составлять 40 - 60 %; а скорость движения воздуха, которая создается при разности температур в холодный период года, должна составлять 0,2 м/с, в теплый -0,3 м/с.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин для отдельных категорий работ.

5.2Производственное освещение

Основную часть информации человек получает через органы зрения. Свет оказывает положительное влияние на обмен веществ, сердечно-сосудистую систему. Рациональное производственное освещение, создаваемое естественными или искусственными источниками света, обеспечивает высокую производительность трудового процесса и улучшение качества выполняемой работы.

Качество поступающей информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное количественно или качественно оно не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерациональное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники и блики от них, резкие тени ухудшают видимость настолько, что вызывает полную потерю ориентировки работающих.

Освещение соответствует нормам СНиП 23-05-95. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) на рабочих поверхностях должен соответствовать санитарным нормам и правилам. При искусственном освещении в заготовительных цехах применяется система общего освещения, в остальных – система комбинированного освещения (общее и местное).

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 68 |

Естественное освещение подразделяется на боковое освещение (окна), верхнее освещение и комбинированное, а искусственное подразделяется на: рабочее, местное, аварийное (не менее 5 люкс) и эвакуационное (не менее 0,3 люкс). Освещенность при естественном освещении изменяется в достаточно широких пределах, в зависимости от времени суток и времени года.

Для общего освещения помещения отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать 1,5 раза. Для местного освещения следует применять светильники, установленные на металлорежущих станках. Для местного освещения должны использоваться светильники с не просвечиваемыми отражателями с защитным углом не менее 30° . Кроме того, должны быть предусмотрены меры по ограждению отраженной блёсткости в соответствии со СНиП 23-05-95.

Освещенность от системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк при разрядных лампах и 100 лк при лампах накаливания. Создавать освещенность более 750 лк при разрядных лампах и 300 лк при лампах накаливания допускается только при наличии обоснований. Чистка стекол, оконных проемов и световых фонарей должна проводиться не реже двух раз в год.

5.3 Пожарная безопасность

По нормам технологического проектирования пожарной безопасности спроектированный цех относится к категории Д (цех, связанный с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии) и ко II степени огнестойкости. Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей цеха.

Цеха механической обработки должны быть оборудованы средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

К средствам пожаротушения, находящимся в цехе можно отнести:

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 69 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

- а) огнетушители;
- б) пожарные краны;
- в) пожарные щиты;
- г) ящики с песком.

Огнетушители должны размещаться в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное (без заградительных щитков) воздействие отопительных и нагревательных приборов.

Ручные огнетушители должны размещаться:

- навеской на вертикальные конструкции на высоте не более 1,5 м от уровня пола до нижнего торца огнетушителя и на расстоянии от двери, достаточном для ее полного открывания;
- установкой в пожарные шкафы совместно с пожарными кранами, в специальные тумбы или на пожарные щиты и стенды. Навеска огнетушителей на кронштейны, установка их в тумбы или пожарные шкафы должны выполняться так, чтобы обеспечивалась возможность прочтения маркировочных надписей на корпусе, а также удобство и оперативность пользования ими.

К введению в эксплуатацию допускаются пожарные краны, оборудованные:

- пожарным клапаном с соединительной головкой;
 - напорным пожарным рукавом с присоединенным к нему пожарным стволом;
 - рычагом для облегчения открывания клапана.
- Пожарный рукав должен быть присоединен к клапану.

Пожарный кран с перечисленным оборудованием должен размещаться в пожарном шкафу.

Пожарные щиты и стенды должны обеспечивать удобство и оперативность съема (извлечения) закрепленных на них комплектующих изделий и соблюдение требований по их размещению.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 70 |

Ящики для песка должны иметь вместимость 1,0 м³ и быть укомплектованы совковой лопатой по ГОСТ 19596. Конструкция ящика (емкости) должна обеспечивать удобство извлечения песка и исключать попадание осадков.

Двери, предназначенные для эвакуации, должны открываться в сторону выхода из здания.

При проектировании в противопожарных стенах проемов, которые не могут закрываться противопожарными дверями или воротами, для сообщения между смежными помещениями с производствами категории Д в местах этих проемов следует предусматривать открытые (без дверей и ворот) тамбуры длиной не менее 4 м, оборудованные установками автоматического пожаротушения с объемным расходом воды 1 л/с на 1 м² пола тамбура. Ограждающие конструкции тамбура (перегородки и перекрытие) должны быть противопожарными.

На дверце пожарных шкафов с внешней стороны, на пожарных щитах, стендах, ящиках для песка и бочках для воды должны быть указаны порядковые номера и номер телефона ближайшей пожарной части.

Пожарный инвентарь должен размещаться на видных местах, иметь свободный и удобный доступ и не служить препятствием при эвакуации во время пожара.

Если возник пожар, необходимо:

- немедленно вызвать пожарную охрану по телефону 112, (указав адрес объекта, место возникновения пожара, свою фамилию);
- сообщить руководству, персоналу и посетителям о пожаре;
- принять меры к эвакуации людей, тушению пожара, сохранности материальных ценностей.
- обесточить все приборы и аппараты, отключить вентиляцию, вынести из помещения все емкости с огнеопасными веществами;
- принять меры по эвакуации людей;
- прекратить все работы, кроме ликвидации пожара;

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 71 |

- при эвакуации из задымленных помещений обезопасить органы дыхания (закрыть влажным полотенцем или платком рот и нос) и пригнувшись ниже к полу покинуть задымленное помещение;
- встретить прибывшие пожарные подразделения и проводить их к месту пожара, предупредить об особенностях тушения пожара в данном помещении. Все поступающие на работу проходят инструктаж о правилах пожарной безопасности, введенных на предприятии, и порядке пользования средствами пожаротушения и пожарной сигнализации и связи. [15]

5.4 Электробезопасность

Проектируемый участок расположен в цехе, относящемся к цехам с повышенной опасностью в отношении поражения электрическим током, который характеризуется токопроводящим покрытием пола и возможностью прикосновения человека имеющимся, соединенным с землей, машинами и механизмами.

- пройти инструктаж на рабочем месте;
- пройти обучение безопасным методам ведения работ и стажировку на рабочем месте;
- внимательно ознакомиться со схемой оповещения и схемой действий персонала в чрезвычайных ситуациях;
- немедленно извещать своего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей.

При изменении технологического процесса работники должны пройти внеплановый инструктаж по охране труда.

Работник должен выполнять требования электробезопасности вблизи электрооборудования и во избежание поражения электрическим током обязан соблюдать следующие правила:

- не прикасаться к арматуре общего освещения, электрическим проводам, к неизолированным и не огражденным токоведущим частям электрических устройств, аппаратов и приборов (розеток, патронов, переключателей, рубильников, предохранителей и др.);

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 72 |

- в случае обнаружения нарушения изоляции электропроводок, открытых токоведущих частей электрооборудования или нарушения заземления оборудования немедленно сообщить об этом администрации;
- не наступать на переносные электрические провода, лежащие на полу;
- не снимать ограждения и защитные кожухи с токоведущих частей оборудования, аппаратов и приборов; не открывать двери электрораспределительных шкафов (щитов), не класть в них никаких предметов (например, ключей от помещений);
- не производить самостоятельно ремонт электрооборудования, аппаратов, приборов, светильников, замену электроламп и электрозащиты (плавких предохранителей), чистку электросветильников;
- при перерыве в подаче электроэнергии и уходе с рабочего места, хотя и на короткое время, обязательно выключать электрооборудование, на котором выполнялась порученная работа.

Разрешается применять только исправное электрооборудование, укомплектованное всеми деталями, предусмотренными конструкцией.

Электрооборудование следует использовать только по их прямому назначению.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | 73 |

15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработан участок механической обработки детали «Кольцо» для условий серийного производства.

Для достижения заданной цели были поставлены следующие задачи:

- снижение трудоемкости изготовления детали;
- повышение производительности производства, с сохранением требуемой точности изделий;

-разработка технологического процесса обработки с применением специализированных программ.

Метод получения заготовки – штамповка в открытых штампах на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП), был заимствован из действующей технологии, так как полностью удовлетворяет требованиям нашего производства и обеспечивает получение требуемых точностных параметров заготовки.

Разработан технологический процесс механической обработки детали с применением станков с ЧПУ. Таким образом, мы добились снижения трудоемкости изготовления детали и повышения производительности производства, без потери качества продукции, а также обеспечили гибкость участка. Гибкость участка позволяет без особых затрат времени и труда переналадить участок на изготовление на имеющемся оборудовании других, аналогичных по конструкции деталей. Средний коэффициент загрузки оборудования получился $K_3=0,04$

Использование современных марок инструментальных материалов позволило значительно повысить производительность обработки.

Спроектировали схват промышленного робота. Применение промышленного робота на комплексной операции позволило сократить количество основных производственных рабочих.

В ходе разработки технологического процесса были применены средства автоматизации, а именно: была осуществлена 3D-симуляция механической обработки на станках с ЧПУ, построена 3D-модель станочного

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 74 |

приспособления, созданы карты технологического процесса в автоматизированной системе проектирования.

В строительном разделе рассчитано количество единиц оборудования и коэффициент его загрузки, определено количество основных производственных рабочих, выбрано подъемно-транспортное средство, произведен расчет высоты пролета здания, разработана планировка участка.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» приведены нормы производственного микроклимата, производственного освещения, разработаны меры по пожарной безопасности и электробезопасности.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 75 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Л29 —3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с
2. Проектирование заготовок: Учебное пособие для практических знаний и самостоятельной работы студентов / О.Б.Кучна. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2010. – 101 с.
3. Технология машиностроения: учебное пособие к курсовому проектированию / сост. Ю.Г. Миков. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005.– 39 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, – 4–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.2. – 496 с.
5. Общестроительные нормативы режимов резания: Справочник: в 2 т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, Б.Н. Балашов и др. – М.: Машиностроение, 1991. -Т.2. – 304 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – 2–е изд., уточ. и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 411 с.
7. Кучина, О.Б. Технологическая оснастка: учебное пособие /О.Б. Кучина - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 63 с.
8. Зубарев Ю. М.Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2015. — 320 с
9. Горошкин А.К. Приспособления для металорежущих станков. Справочник. 6-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 1971. 384 с.
10. Проектирование приспособлений. Учебное пособие. / сост. Ю.Г. Миков, О.Б. Кучина. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 56 с.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 76 |

11. Кучина, О.Б. Проектирование машиностроительного производства: учебное пособие к практическим занятиям / под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2007. – 63 с.
12. Нормы пожарной безопасности НПБ 105-03 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314)
13. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21)
14. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)
15. ГОСТ 12.0.004-90 «Организация обучения по охране труда. Общие положения»

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Лист |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------------|
| | | | | | 15.03.05.2018.696.00.00 ПЗ 77 |