

# **Выпускная квалификационная работа**

**Тема:** Разработка интегрированной технологии  
изготовления детали «Втулка кремальеры»

**Разработал:** Стешин А.Н. НМТЗ-473539у  
**Руководитель:** Мирошин Д.Г. к.п.н. доцент

Екатеринбург  
2021

# Цели и задачи

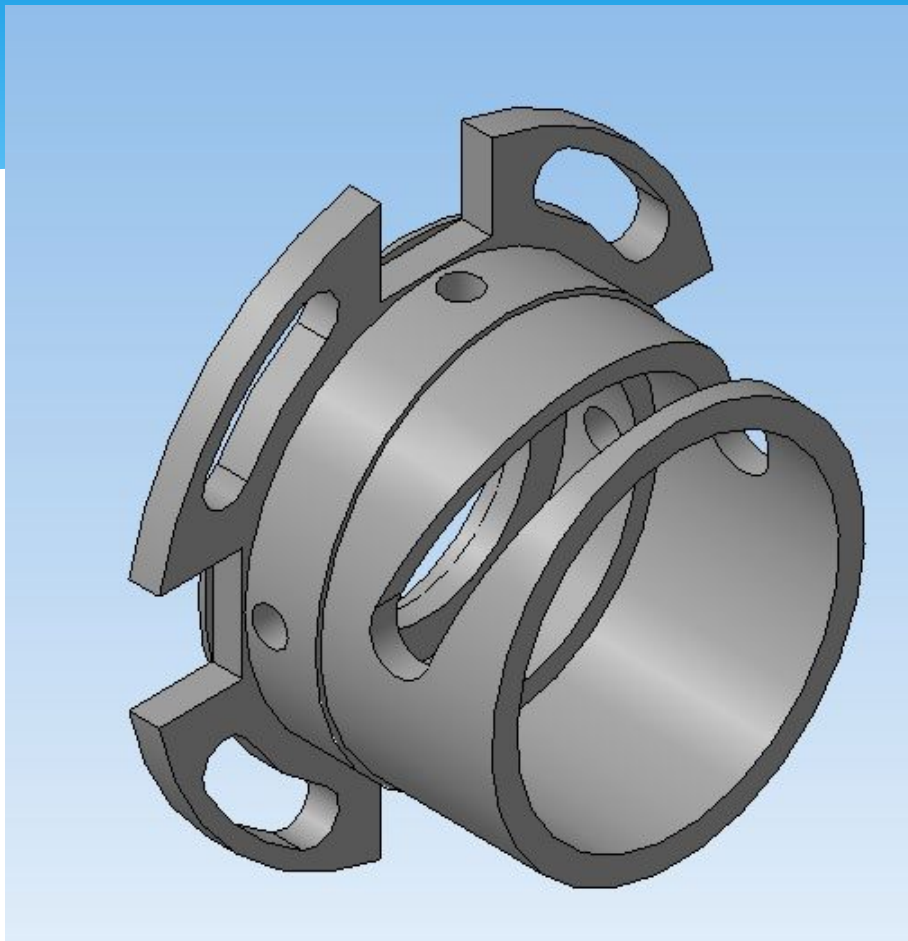
## Цель исследования:

Разработать технологический процесс для обработки детали «Втулка кремальеры»

## Задачи исследования:

- 1) определить форму и размеры заготовки, а также способ получения заготовки;
- 2) определить припуски на механическую обработку на каждую операцию поверхностей;
- 3) разработать маршрутный технологический процесс, в котором для каждой поверхности выбрать вид обработки для получения требуемого качества точности и параметра шероховатости;
- 4) выбрать и проанализировать выбранное оборудование, оснастку и инструмент;
- 5) определить режимы резания на операции, обеспечивающие наименьшее основное время;
- 6) выполнить нормирование технологического процесса, где требуется определить штучно-калькуляционное время каждой операции;
- 7) спроектировать специальное зажимное приспособление;
- 8) спроектировать автоматизированный механический участок по обработке детали

## Характеристика детали и ее основное назначение



Деталь «Втулка кремальеры», является частью теодолита. Теодолит – прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности

**Масса: 15,66 г.**

**Материал: сталь 45ГОСТ 1050-2013**

**Производство штук: 1000 шт. в год**

### Химический состав ЛС59-1 ГОСТ 15527-2004, %

Fe	P	Cu	Pb	Zn	Sb	Sn	Примесей
0,5	0,02	57-60	0,8-1,9	37-42	0,01	0,3	0,75

### Механические свойства ЛС59-1 ГОСТ 15527-2004

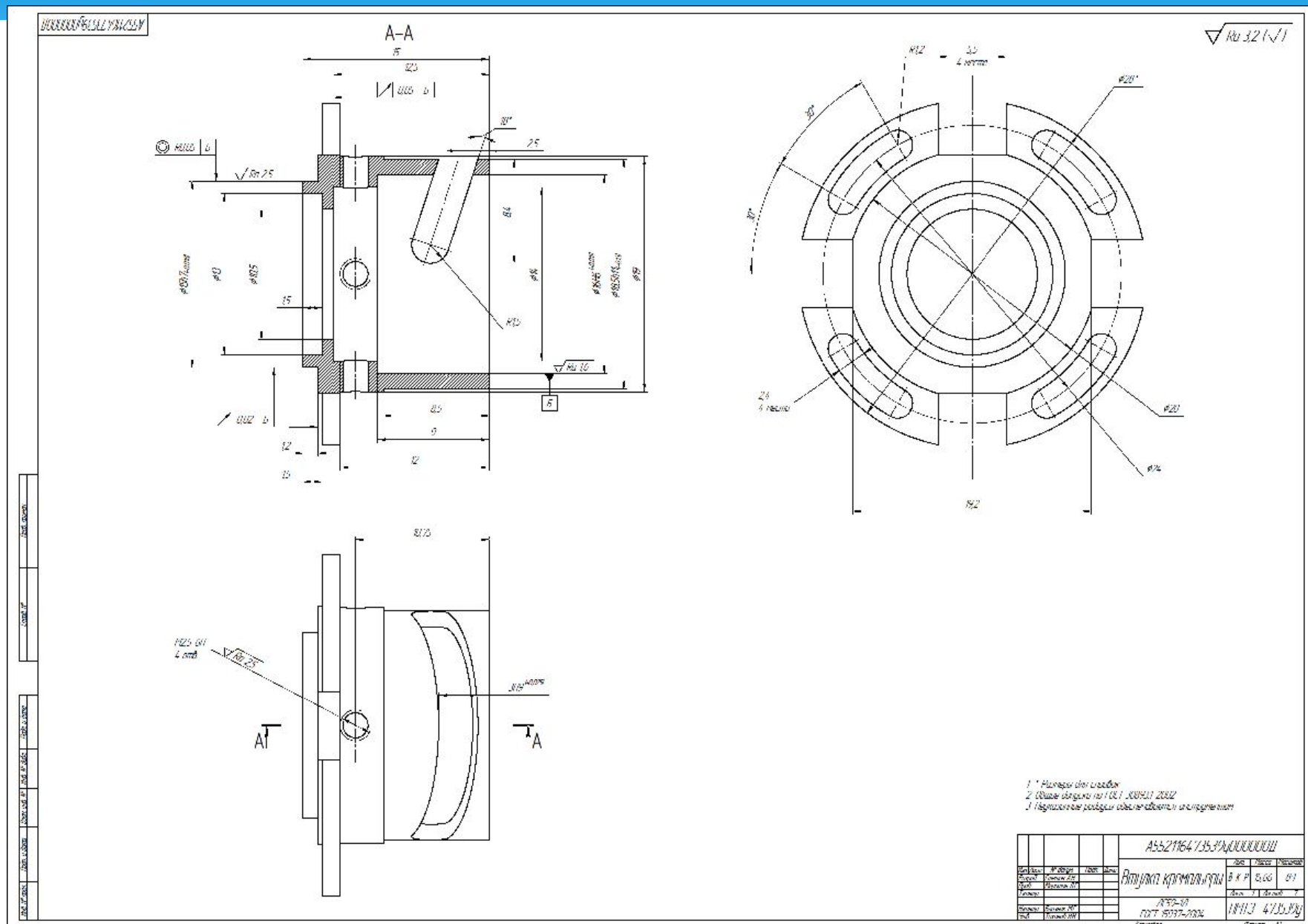
$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_s$ , %	НВ
400	22	130

Литейно-технологические свойства ЛС59-1Л:

- температура плавления 900°C
- температура горячей обработки 780-820 °С
- температура отжига 600-650 °С

Данный сплав оптимально подходит для изготовления детали

# Чертеж детали



## Основные технические требования к детали:

Квалитеты H6, h7, h11,  
остальные по 12-му квалитету.

Качество поверхностей Ra 1,6, Ra 2,5, остальные  
по Ra 3,2.

Допуск соосности не более 0,05 мм.

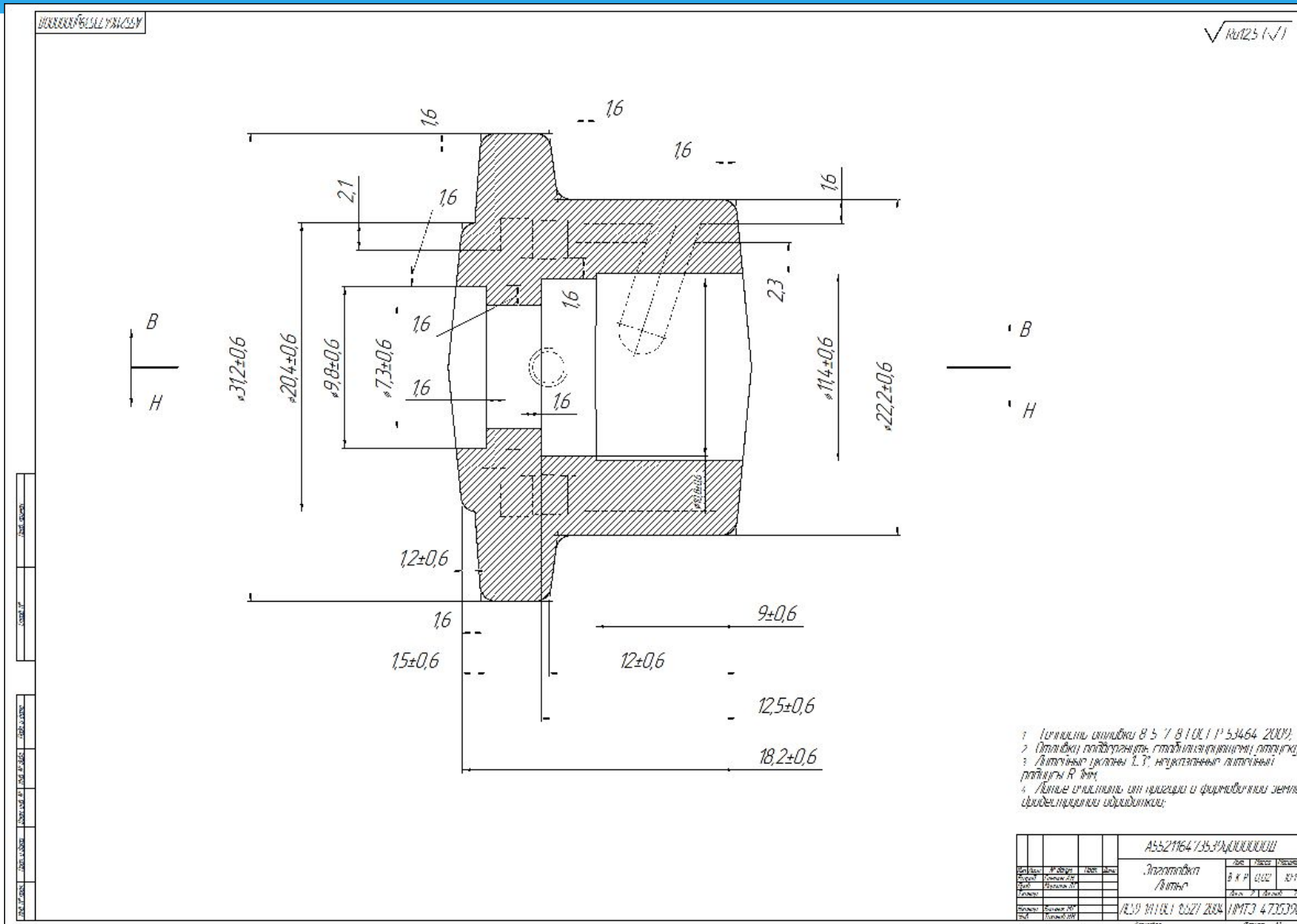
Торцевое биение не более 0,02 и 0,05 мм.

Радиальное биение не более 0,02 мм.

## Определение типа производства

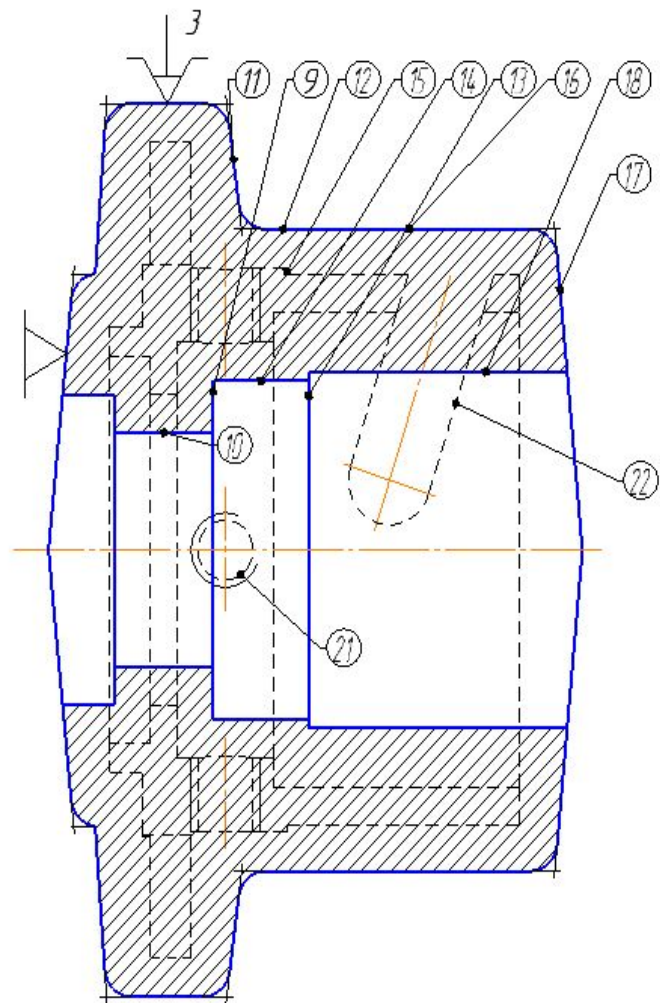
Фактор	Среднесерийное производство
Номенклатура	Ограниченная номенклатура изделий
Повторяемость выпуска	Постоянно повторяется
Применяемое оборудование	Используется универсальное, специальное и частично специализированное оборудование
Расположение оборудования	Цепное
Разработка технологического процесса	Подетально-пооперационная
Применяемый инструмент	Преимущественно стандартный
Закрепление деталей	На каждом станке выполняется одна и та же операция над одной деталью
Квалификация рабочих	В основном невысокая, но имеются рабочие высокой квалификации (наладчики, инструментальщики)

# Чертеж заготовки

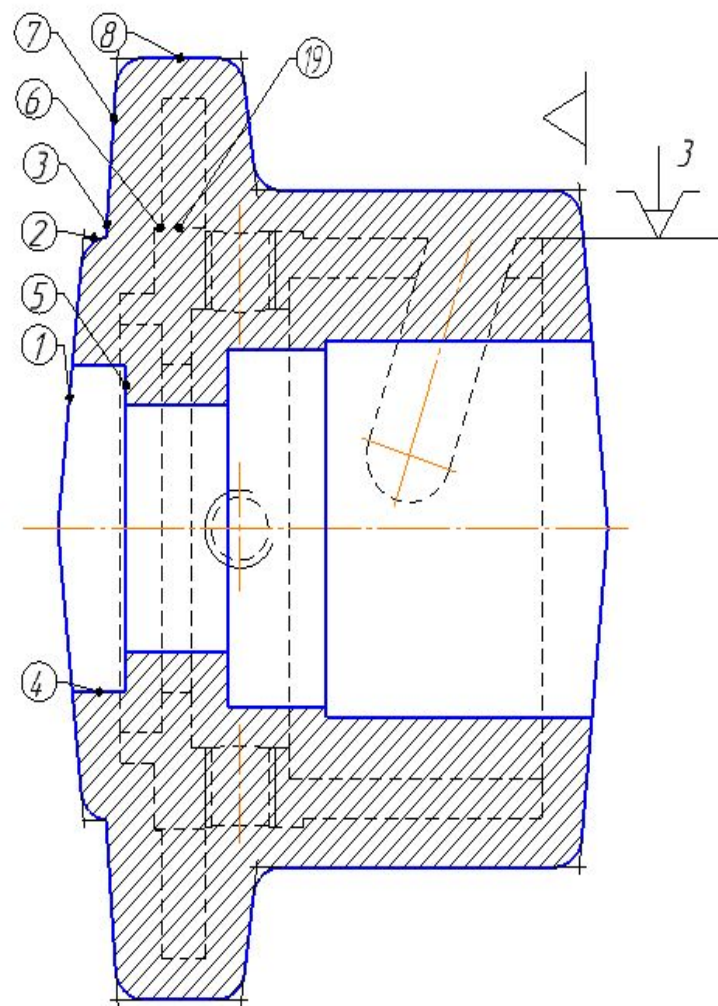




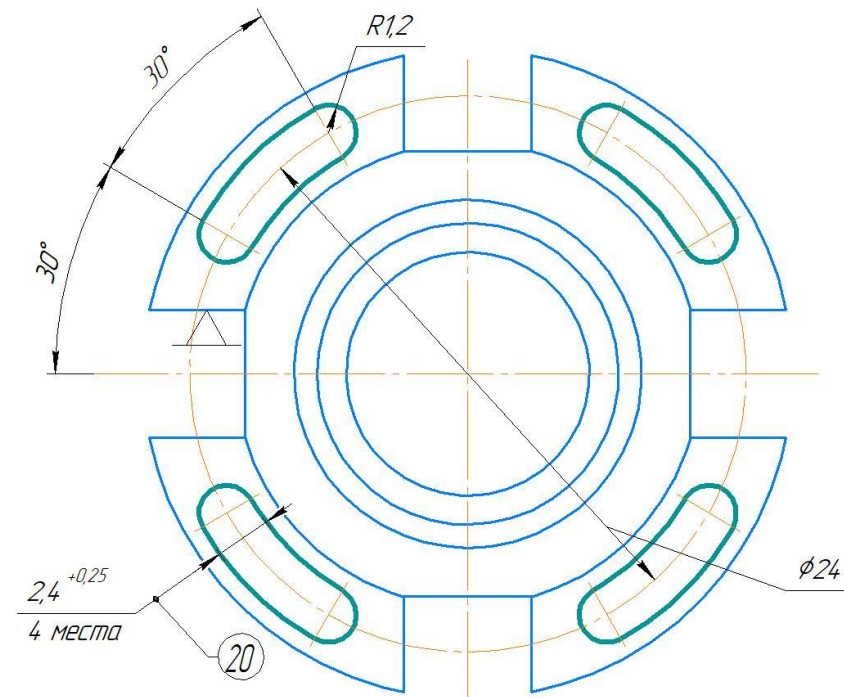
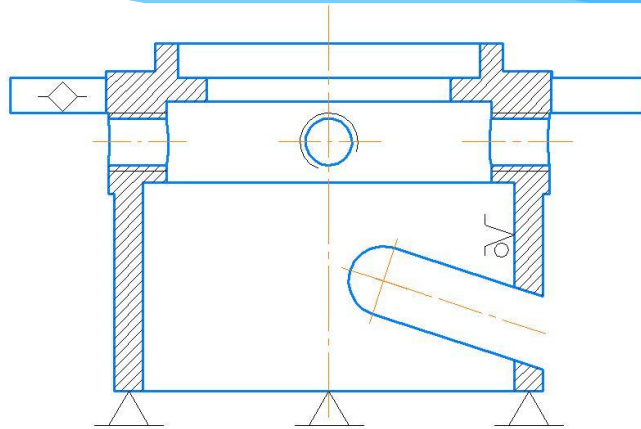
## Черновая база технологического процесса (Установ А)



## Чистовые базы технологического процесса (Установ Б)



# База на фрезерной операции



# Токарная операция с ЧПУ

**Операция 005 Комплексная с ЧПУ**  
Оборудование: Токарный прутковый автомат Malutin K'MX 432

Номер точки	Координаты
1	(X22.2 Z0)
2	(X0 Z-0.8)
3	(X0 Z1)
4	(X22.2 Z1)
5	(X22.2 Z-1.6)
6	(X0 Z-1.6)

Номер точки	Координаты
7	(X216 Z0)
8	(X216 Z-11.2)
9	(X31.2 Z-11.2)
10	(X19 Z0)
11	(X19 Z-12)
12	(X31.2 Z-12)

Номер точки	Координаты
13	(X18.5 Z0)
14	(X18.5 Z-8.5)
15	(X19 Z-8.5)

Номер точки	Координаты
16	(X12.9 Z0)
17	(X12.9 Z-8.25)
18	(X12.5 Z-8.25)
19	(X12.5 Z-11.25)
20	(X9 Z-11.25)
21	(X9 Z-16.6)
22	(X0 Z-16.6)
23	(X0 Z0)
24	(X16.7 Z0)
25	(X16.7 Z-8.5)
26	(X16.7 Z-8.5)
27	(X16.7 Z-9)
28	(X18.5 Z-9)
29	(X18.5 Z-16.6)

Номер точки	Координаты
30	(X15.7 Z0)
31	(X15.7 Z-8.5)
32	(X0 Z-8.5)
33	(X0 Z0)

Номер точки	Координаты
34	(X10 Z-11.75)
35	(X6 Z-11.75)

Номер точки	Координаты
36	(X10 Z-11.75)
37	(X6 Z-11.75)

Номер точки	Координаты
38	(X-10 Z-2.5)
39	(X10 Z-2.5)

№ перехода	Содержание перехода	Q, мм	V, м/мин	S, мм/об	f, мм/об	T, мин
2	Токарная обработка 38 ступень	22.2	279	0.25	4.000	0.8
3	Токарная обработка 19 ступень	19	279	0.25	4.000	0.8
4	Токарная обработка 18.5 ступень	18.5	226	0.27	4.000	0.5
6	Токарная обработка 16.7 ступень	16.7	162	0.2	4.000	0.75
7	Токарная обработка 15.7 ступень	15.7	195	0.2	4.000	0.5
9	Сверление 4 отверстия 11	2.0	50.2	0.09	8.000	1.0
11	Нарезание резьбы А 14 на отверстие 2.1	2.5	28.5	0.15	36.30	0.5
13	Нарезание конуса 20	3.0	69	0.07	8.000	1.25

Инструмент	Наименование инструмента	Материал резцовой части
T01	Резец поперечный SBN 260X 08 поперечный (LX 19 11 08) AL HR1 Sandvik Coromant	HR10
T02	Начинка резца ALBN-SBN (R-4) поперечный (LX 05 11 08) AL HR1 Sandvik Coromant	HR10
T03	Твердосплавное сверло B62.1-0200-016-A1-GH GC34 Sandvik Coromant	GC34
T04	Металл со стальной подложкой CoroTurn 200 SP23P12.5 Sandvik Coromant	T41.1
T05	Выверточная сверла поперечная CoroTurn Plus R16.1-0310-0205 P1 Sandvik Coromant	P10

**А5521164 73539y000000**

Инструментальная таблица

№	Вид	Иллюстрация	Материал	Масштаб
1	Экземпляр		А5	1:1
2	Копия		А5	1:1

Процесс: А5521164 73539y000000

Инструментальная таблица

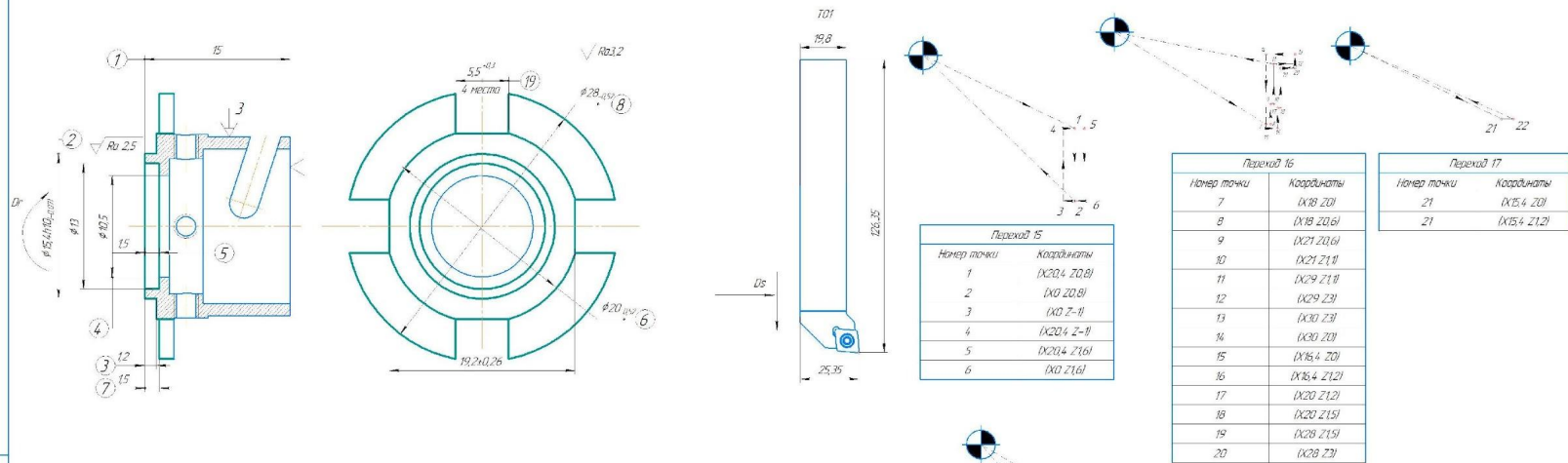
№	Вид	Иллюстрация	Материал	Масштаб
1	Экземпляр		А5	1:1
2	Копия		А5	1:1

ГОСТ 15437-2004

# Токарная операция с ЧПУ

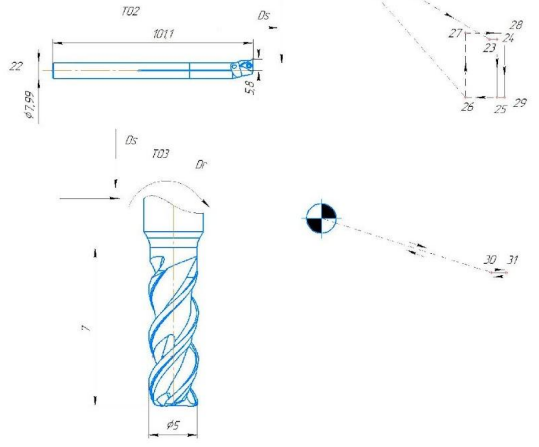
100000006655119102554

Операция 005 Комплексная с ЧПУ  
Оборудования: Токарный прутковый автомат Mahrlich K'MX 432



Инструмент	Наименование инструмента	Материал режущей части
T01	Резец конический SCLOR 2020K 09 напильник CCGX 09 T3 08-AI HVD, Sandvik Coromant	НН0
T02	Резец распорный 4084-STRPР 06-Я напильник TCGX 06 T1 04-AI HVD, Sandvik Coromant	НН0
T03	Противоскользящий концевой упор TSM111 Типа ZM44P-1000-040-SD Sanyal (Германия)	1725

Установки						
№ перехода	Содержание перехода	В, мм	V, м/мин	S, мм/об	f, мм/об	T, мин
15	Точиль поверхность 1	204	279	0,25	4,000	0,8
16	Точиль поверхность 2.16.78 градирательно	16,4	279	0,25	4,000	0,8
17	Точиль поверхность 2 окончательно	15,4	226	0,27	4,000	0,5
19	Распорок поверхность 4,5	13	162	0,2	4,000	0,8
21	Фрезеровать 4 паз 19	5,5	75	0,1	4,000	15



Переход 16		Переход 17	
Номер точки	Координаты	Номер точки	Координаты
7	(X18 Z0)	21	(X16,4 Z0)
8	(X18 Z0,6)	21	(X16,4 Z1,2)
9	(X21 Z0,6)		
10	(X21 Z1,1)		
11	(X29 Z1,1)		
12	(X29 Z3)		
13	(X30 Z3)		
14	(X30 Z0)		
15	(X16,4 Z0)		
16	(X16,4 Z1,2)		
17	(X20 Z1,2)		
18	(X20 Z1,5)		
19	(X28 Z1,5)		
20	(X28 Z3)		

Переход 19	
Номер точки	Координаты
23	(X12,4 Z0)
24	(X12,4 Z1,5)
25	(X0 Z1,5)
26	(X0 Z0)
27	(X13 Z0)
28	(X13 Z1,5)
29	(X0 Z1,5)

Переход 21	
Номер точки	Координаты
30	(X9,6 Z0)
31	(X9,6 Z3)

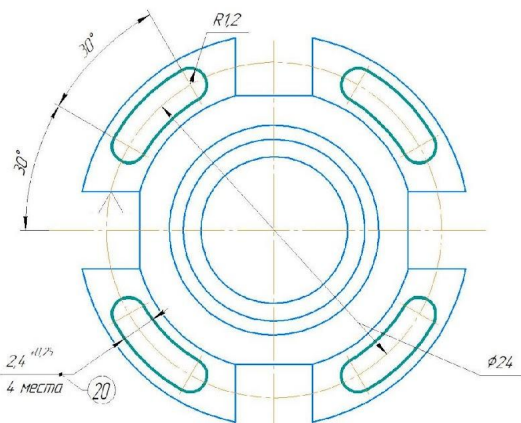
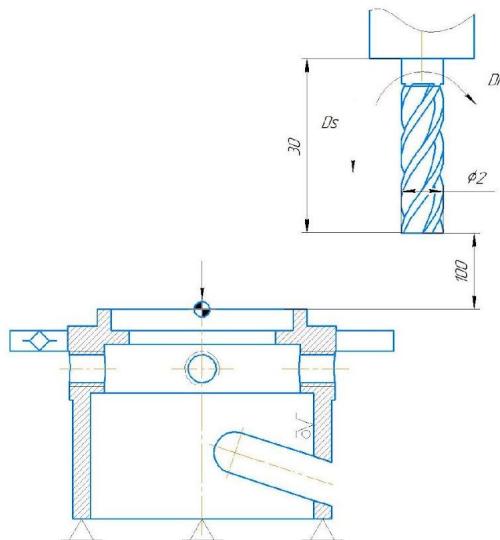
A5521164 73539y0000000				Стр.	Лист	Изменен
№ докум.	№ докум.	Дата	Место	Исполнитель	Проверенный	Согласованный
Автор	Составитель	Дата	Место			
Информация о технологическом процессе				№ 1		
Процесс				Лист 4		
1259-10				HM13 - 473539y		
ГОСТ 15937-2004				Автомат		

# Фрезерная операция с ЧПУ

A5521164 73539y0000000D

Операция фрезерная с ЧПУ 010  
Оборудование: Фрезерный станок ЧПУ DMG DMU 80

√ R<sub>a</sub>3,2



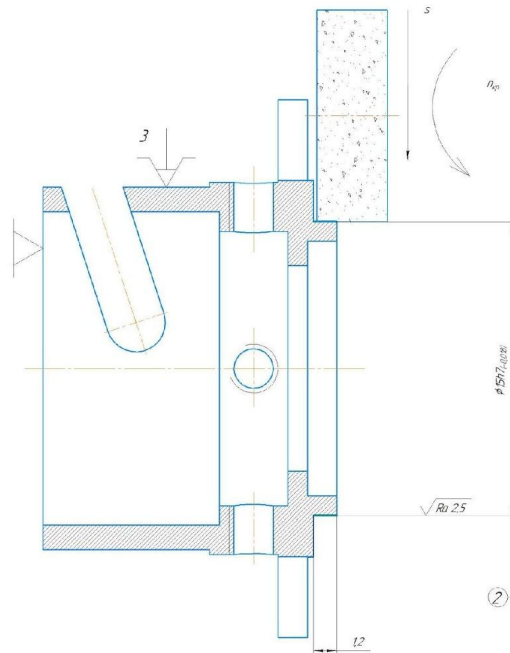
№ детали	Режущий инструмент	f, мм	S <sub>0</sub> , мм/зуд	V <sub>c</sub> , м/мин	л, об/мин	T <sub>0</sub> , мин
2	Цельнотвердосплавная концевая фреза CoroMill D Plus 25440-0200-020-SD 1725 Sandvik Coromant	1,5	0,1	75	4000	0,1

A5521164 73539y0000000D					
Изм.	Лист	№ докум.	Гр.	Дата	Иллюстрации технологического процесса
Рисовал	Станок АН				Лит.
Проект	Механика ИТ				К
Инженер					Р
Инженер					М
Мех.					Лист 5
					Листов 7
					ИМТЗ - 473539y
					ГОСТ 15937-2004
					Классификация
					Формат А2

# Шлифовальная операция

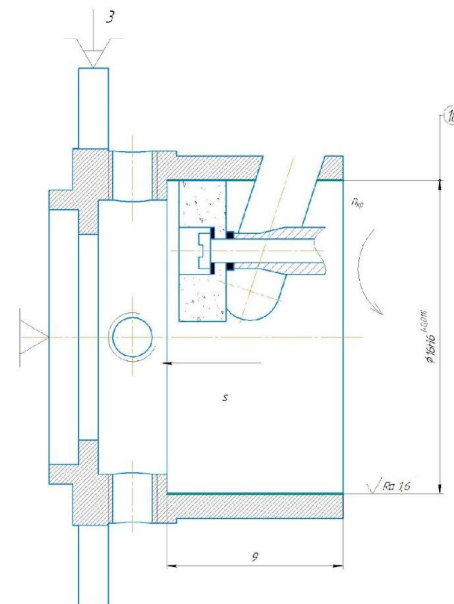
А5521164.735394.000000.01

Операция 015 Круглошлифовальная  
Оборудование: круглошлифовальный станок 3М174



№ режима	Режимы шлифшпинделя	$f$ , мм	$Sg$ мм/об	$V$ м/мин	$n$ об/мин	$Ta$ мин
2	Исходный режим Исходный режим Исходный режим ГОСТ Р 52781-2007	0,2	0,35	35	2000	0,01

Операция 020 Внутршлифовальная  
Станок: внутршлифовальный ЭК227А



№ режима	Режимы шлифшпинделя	$f$ , мм	$Sg$ мм/об	$V$ м/мин	$n$ об/мин	$Ta$ мин
2	Исходный режим Исходный режим Исходный режим ГОСТ Р 52781-2007	0,2	0,45	25	280	0,1
3	Исходный режим Исходный режим ГОСТ Р 52781-2007	0,1	0,45	35	280	0,1

А5521164.735394.000000.01			
№ документа	№ документа	Дата	Изменения
Исполнитель	Проверенный	Дата	№
Корректор	Утвержденный	Дата	№
Лицевая сторона	Оборотная сторона	Дата	№
Иллюстрация технологического процесса			№ документа
НЭС-11			ИМТ.3 - 4.735394
ГОСТ 15467-2004			Исполнитель
Фабрика			Фабрика

# SINUMERIK 840D

Полностью цифровая система для практически всех типов применений, с прогрессивными функциями.



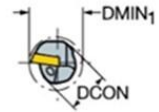
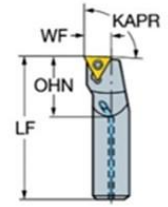
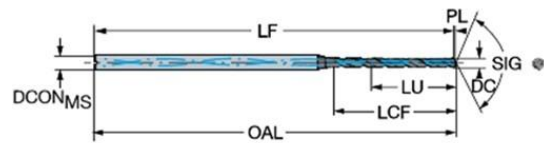
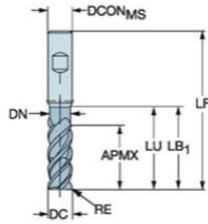
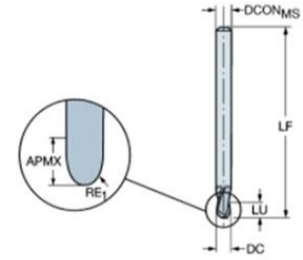
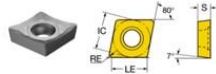
## Фрагмент управляющей программы. Операция 005 Комплексная с ЧПУ

Кадр УП	Расшифровка кадра УП
Установ А	
T1 D1; точение	Выбор инструмента, назначение корректора
M06	Смена инструмента
G54 G18 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости XZ, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование
G96 S450 LIMS=6400 M4 M8	Постоянная скорость резания при точении, задание скорости в м/мин, ограничение частоты вращения шпинделя, вращение шпинделя против часовой стрелки, включение СОЖ
CYCLE95 ("cantur"3,0,0,0,25, 0,3,0,3,9,0,0,0)	Цикл снятия припуска: 3 - максимально снимаемый припуск при черновой обработке, 0,25 - снимаемый припуск при чистовой обработке, 0,3 - рабочая подача при черновой точении, 0,3 - рабочая подача при чистовом точении, 9 - комплексная наружная обработка вдоль оси Z, 0 - стружкой по времени, 0 - стружкой по пути, 0 - плоскость отвода инструмента
G0 X100 Z100 M5 M9	Отвод на быстром ходу в точку смены инструмента, останов шпинделя, выключение СОЖ
T2 D1; сверление	Выбор инструмента, назначение корректора
M06	Смена инструмента
G54 G17 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости YX, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование
G97 S4244 M4 M8	Постоянное число оборотов при сверлении в об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ
X0 Z5 F0.24	Подвод инструмента в точку начала сверления, задание подачи в мм/об
CYCLE83 (202-16-8 500003220)	Цикл глубокого сверления: 2 - плоскость отвода, 0 - основная плоскость, 2 - расстояние безопасности, -16 - конечная глубина, -8 - первая глубина сверления, 5 - декрессия, 0 - время выдержки, 0 - фактор подачи при сверлении, 0 - технология сверления со стружкой по центру, 3 - выбор оси инструмента, 2 - минимальная глубина сверления, 2 - время выдержки на конечной глубине сверления, 0 - величина отвода инструмента
G0 X100 Z100 M5 M9	Отвод на быстром ходу в точку смены инструмента, останов шпинделя, выключение СОЖ
T3 D1; растачивание	Выбор инструмента, назначение корректора
M06	Смена инструмента
G54 G18 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости XZ, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование

Кадр УП	Расшифровка кадра УП
G96 S240 LIMS=6400 M4 M8	Постоянная скорость резания при точении, задание скорости в м/мин, ограничение частоты вращения шпинделя, вращение шпинделя против часовой стрелки, включение СОЖ
CYCLE95 ("cantur"1,0,0,0,1, 0,09,0,03,11,0,0,0)	Цикл снятия припуска: 1 - максимально снимаемый припуск при черновой обработке, 0,1 - снимаемый припуск при чистовой обработке, 0,09 - рабочая подача при черновом точении, 0,03 - рабочая подача при чистовом точении, 11 - комплексная внутренняя обработка вдоль оси Z, 0 - стружкой по времени, 0 - плоскость отвода инструмента
G0 X100 Z100 M5 M9	Отвод на быстром ходу в точку смены инструмента, останов шпинделя, выключение СОЖ
T4 D1; фрезерование пазов	Выбор инструмента, назначение корректора
M06	Смена инструмента
G54 G18 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости XZ, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование
G94 S4456 M3 M8	Постоянное число оборотов при фрезеровании в об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ
SETMS (2)	Шпиндель 2 как ведущий шпиндель
SPOS (1)=0	Активировать ось C
TRACYL	Деталь - φ
G19	Выбор плоскости YZ
G0 X19 Y0 Z-13.5	Подвод инструмента на быстром ходу по координатам
G1 Y-4 F535	Перемещение по координатам на рабочей подаче
G0 X22 Y0	Отвод инструмента на ускоренном ходу

ШТАМП № 00001 / КОД с ЧПУ / ВЕРСИЯ УП / ПЛАН ЧПУ / КОМПАНИИ / ИМЯ ПРОГРАММЫ



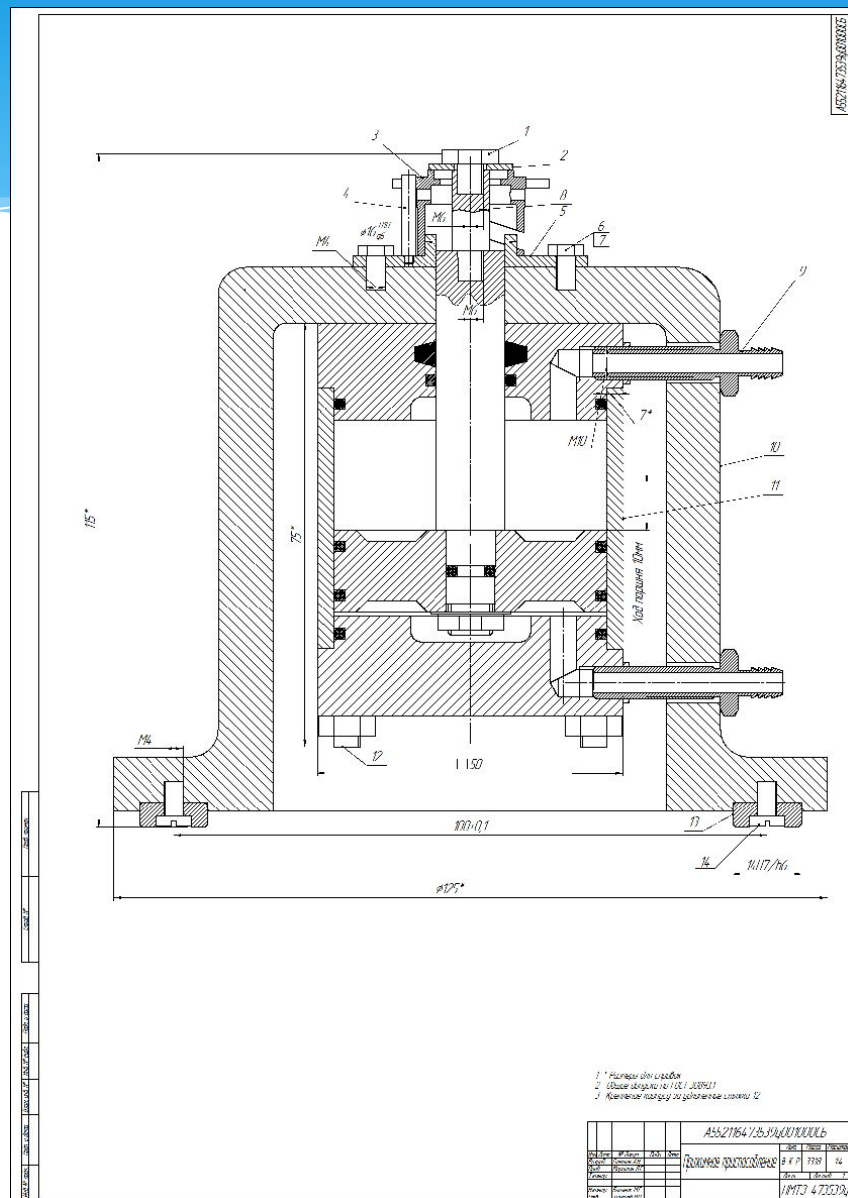


## Трёхкулачковый токарный патрон Kitagawa



Заготовку необходимо зажать с усилием 4286Н

# Приспособление на фрезерную операцию ЧПУ



- 1 - Рисунок 010.000.000.000.000.000
- 2 - Обозначение по ГОСТ 15.1.301.01
- 3 - Изменения по результатам работы

АСС.21864.125.844.010000000			
№	Итого	№	Итого
№	Итого	№	Итого
Одобрено: _____		Исполнено: _____	
Дата: _____		Дата: _____	
Инженер: _____		Инженер: _____	
Проверено: _____		Проверено: _____	
Технолог: _____		Технолог: _____	
Контроль: _____		Контроль: _____	
Склад: _____		Склад: _____	

## Технологическая себестоимость обработки детали

Статья затрат	Значение затрат, руб.	Затраты на партию, руб
Заработная плата с начислениями	6,3	6300
Затраты на электроэнергию	0,004	4
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	297,6	297600
Затраты на инструмент	420	420000
Итого:	723,9	723904

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе разработан технологический процесс изготовления детали «Втулка кремальеры». Выбран материал заготовки, рассчитаны припуски на обработку, назначены технологические базы, рассчитаны нормы времени на обработку детали. Применено современное оборудование с числовым программным управлением, выбран современный режущий инструмент зарубежных фирм, рассчитана себестоимость детали и срок окупаемости инвестиционных вложений.

Отработка детали на технологичность позволила дать оценку конструкции детали, определяющая дальнейшую судьбу её проектирования.

Главными этапами раздела, посвящённого получению заготовки, являлись назначение припусков на отливку, определение плоскости разёма и коэффициент использования материала. Расчёт коэффициента использования материала позволил сделать вывод о целесообразности выбора метода получения заготовки.

Определение типа производства позволяет помочь определиться в будущей стратегии создания технологического процесса, а именно, какое оборудование, инструмент, оснастку (и многое другое) лучше использовать при изготовлении требуемого количества детали при том или другом типе производства. Благодаря приближённому расчёту штучно-калькуляционного времени, найденному через приближённое основное время и коэффициент  $fk$ , удалось установить тип производства на ранней стадии, тем самым определиться с будущей стратегией выполнения работы.

Выбор технологических баз и способы базирования не составил большого труда в связи с удачными конструктивными особенностями детали. Так, закрепления в пневматическом трёхкулачковом патроне и с помощью цилиндрической оправки являются надёжными и обеспечивают корректное положение детали относительно заданной системы координат.

При создании стратегии обработки детали стоило руководствоваться принципами уменьшения числа переходов, установов и прочего, тем самым не допуская увеличения подготовительного времени и времени на наладку. Выбранная стратегия обработки с применением высокопроизводительного оборудования с ЧПУ считается объективной и оправданной, а также есть возможность реализовать её на настоящем объекте.

Оценивая технологический процесс с точки зрения экономических показателей (экономическая эффективность) можно сделать вывод о целесообразности данного проекта. Высокая степень автоматизации требует больших капитальных вложений со стороны предприятия, но эти затраты являются полностью оправданными. Ведь быстрое и эффективное производство позволит получить в короткие сроки прибыль, тем самым сократить период окупаемости нового производства и вывести предприятие в положительную динамику доходов.

Таким образом, в данной работе решены все задачи и цель достигнута.

Спасибо за внимание!