

# **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

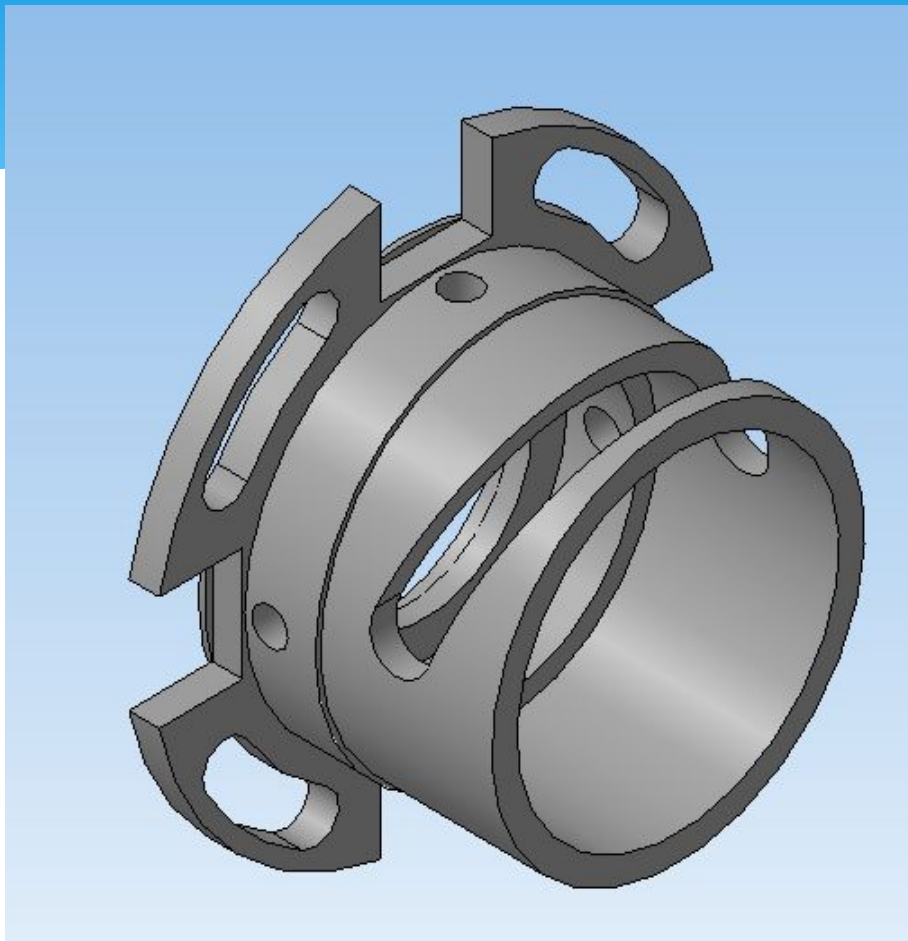
## Цель исследования:

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

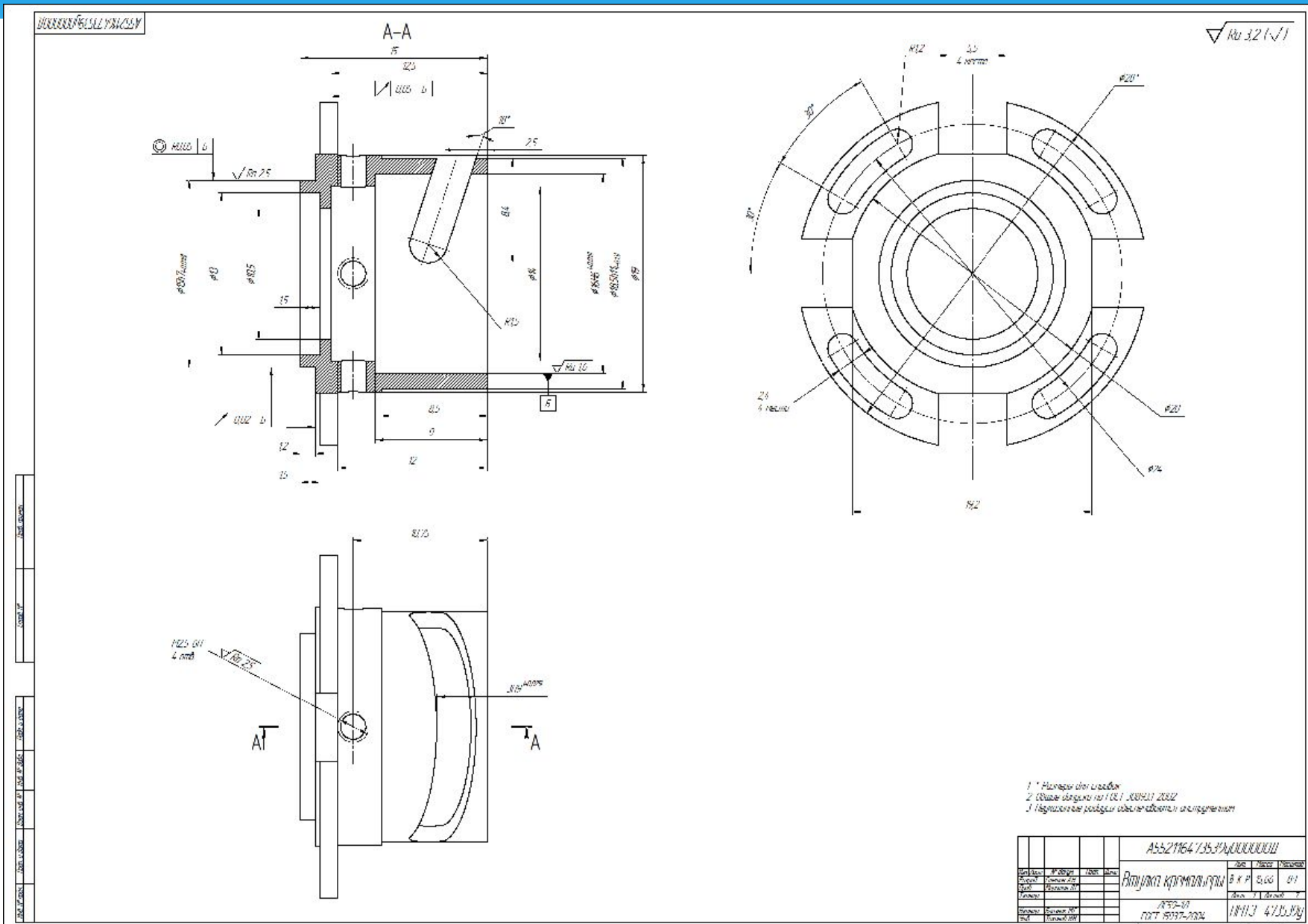
$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_s$ , %	НВ
400	22	130

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.

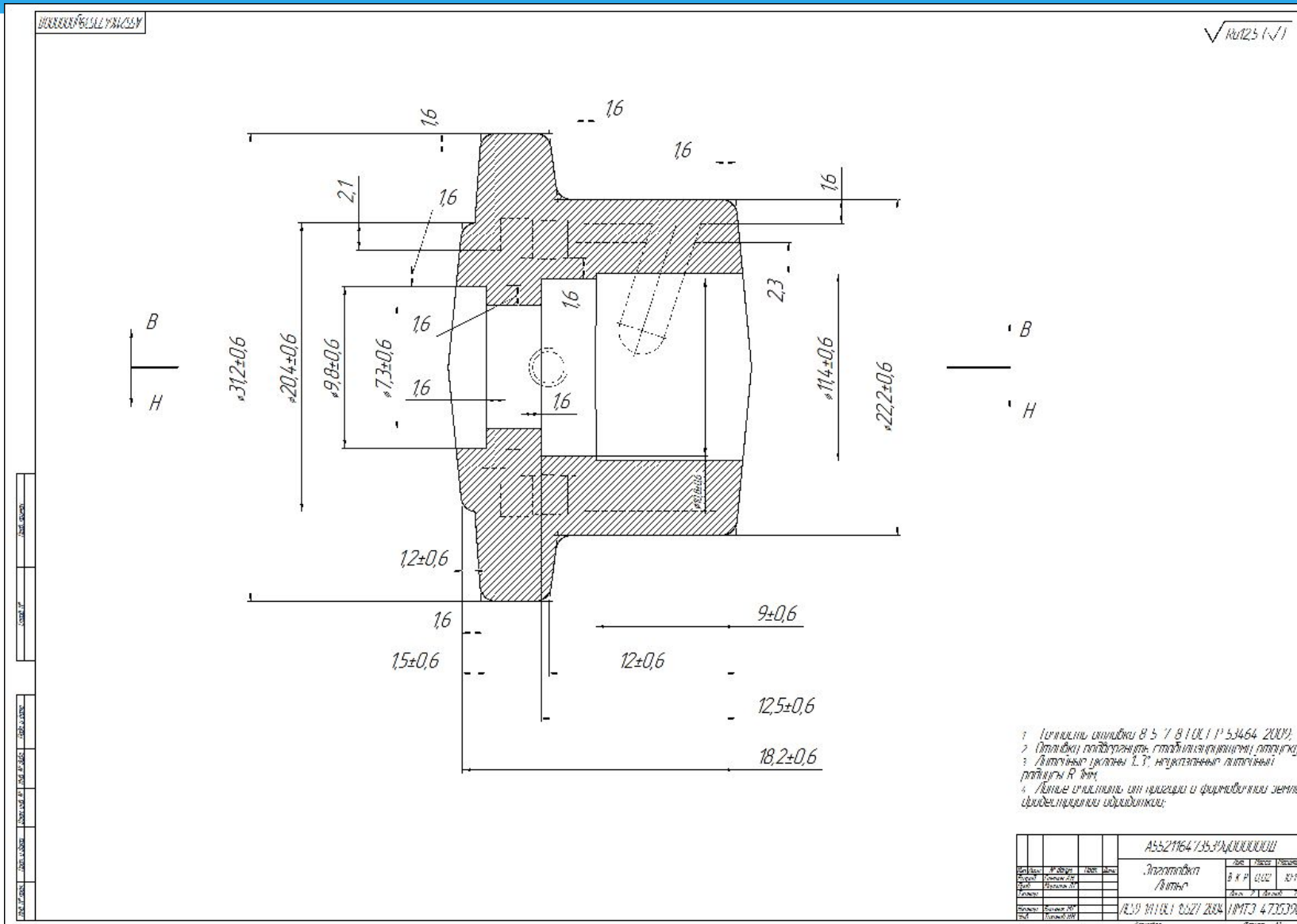
Торцевое биение не более 0,02 и 0,05 мм.

Радиальное биение не более 0,02 мм.

## Определение типа производства

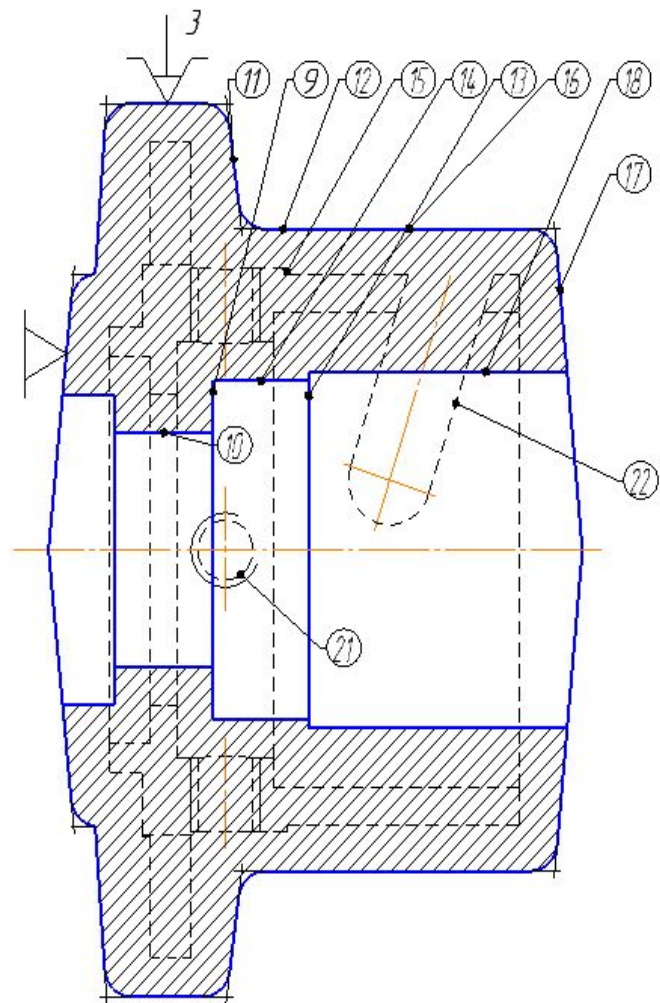
Фактор	Среднесерийное производство
Номенклатура	Ограниченная номенклатура изделий
Повторяемость выпуска	Постоянно повторяется
Применяемое оборудование	Используется универсальное, специальное и частично специализированное оборудование
Расположение оборудования	Цепное
Разработка технологического процесса	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

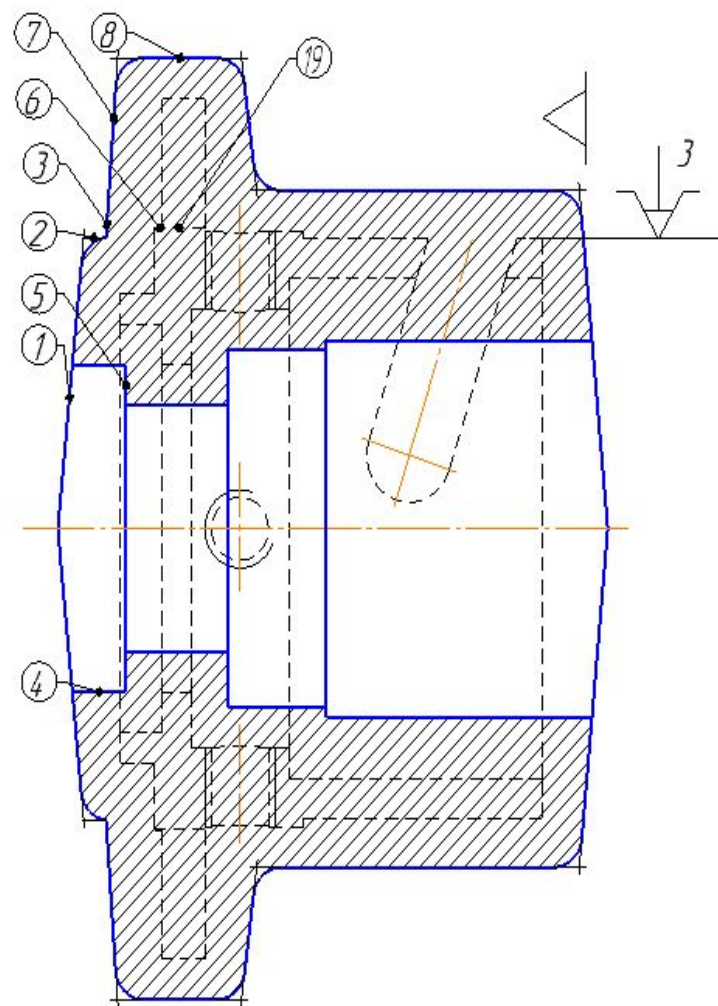




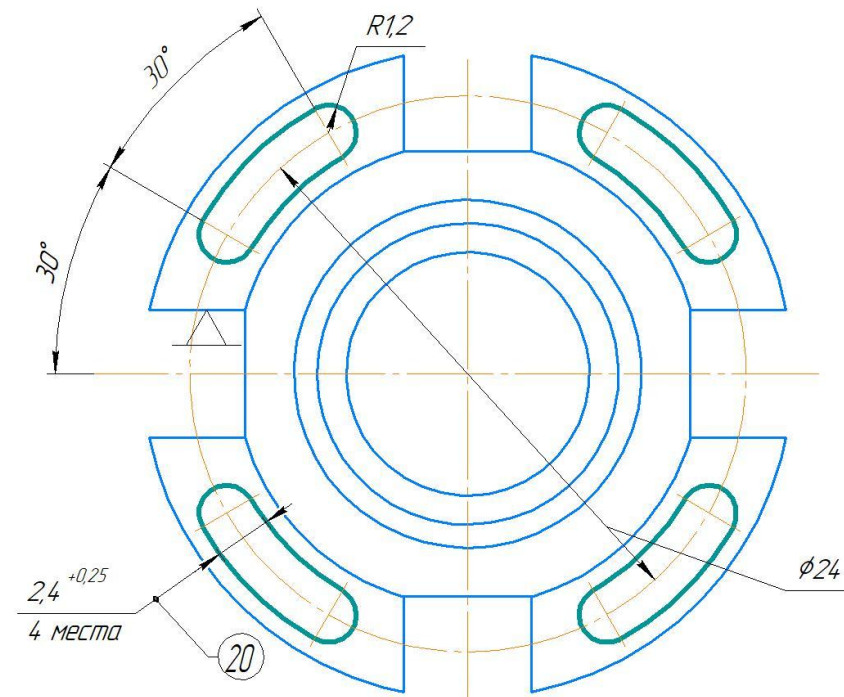
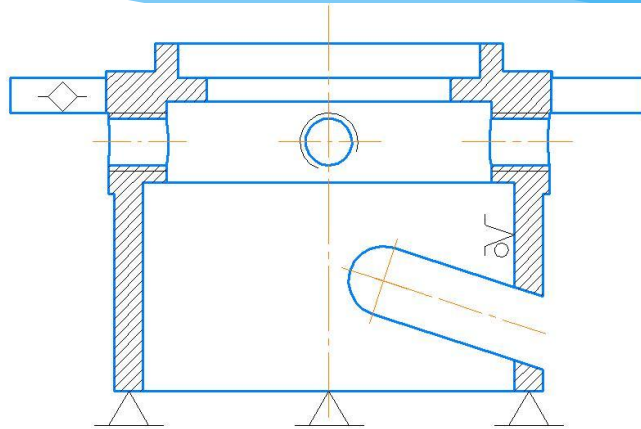
## Черновая база технологического процесса (Установ А)



## Чистовые базы технологического процесса (Установ Б)



# База на фрезерной операции



# Токарная операция с ЧПУ

**Операция 005 Комплексная с ЧПУ**  
Оборудование: Токарный прутковый автомат Malutin KMX 432

**Переход 2**

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)

**Переход 3**

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)

**Переход 4**

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

**Переход 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	(X14.7 Z0)
25	(X14.7 Z-8.5)
26	(X14 Z-8.5)
27	(X14 Z-9)
28	(X10.5 Z-9)
29	(X10.5 Z-16.6)

**Переход 6**

Номер точки	Координаты
30	(X15.7 Z0)
31	(X15.7 Z-8.5)
32	(X0 Z-8.5)
33	(X0 Z1)

**Переход 7**

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

**Переход 9**

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

**Переход 11**

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

**Переход 13**

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

**Установка А**

№ перехода	Содержание перехода	Q, мм	V, м/мин	S, мм/об	F, мм/мин	T, мм	Ta, мм
2	Токарная обработка 18 стальной	22.2	279	0.25	4000	0.8	0.03
3	Токарная обработка 18 стальной	19	279	0.25	4000	0.8	0.04
4	Токарная обработка 18 стальной	18.5	226	0.27	4000	0.5	0.01
6	Токарная обработка 18 стальной	14.7	162	0.2	4000	0.75	0.05
7	Токарная обработка 18 стальной	15.7	195	0.2	4000	0.5	0.02
9	Сверление 4 отверстия 21	2.0	50.2	0.09	8000	1.0	0.04
11	Нарезание резьбы А на диаметре 21	2.5	28.5	0.15	3630	0.5	0.02
13	Фрезерование кон 22	3.0	69	0.07	8000	1.25	0.02

**Инструмент**

Инструмент	Наименование инструмента	Материал режущей части
T01	Резец левосторонний SUDIA 260X 08 пластина UCX 19 13 08 41 HRJ Sandvik Coromant	HR10
T02	Пластинчатый сверло ALPHASUDIA 08-A с острием 11.6X 05 11 08-A HRJ Sandvik Coromant	HR10
T03	Правильное сверло B62.1-0200-016A1-0M GC34 Sandvik Coromant	GC34
T04	Метчик со стандартной подложкой CoroTurnC 200 39139125 Sandvik Coromant	T41.1
T05	Выверточный сверло с режущей частью CoroTurnC 200 R26.14 0310-0205 P1 Sandvik Coromant	P10

**Свойства материала**

А5521164 73539y00000000

Инструментальная обработка

Процесс

КС59-11

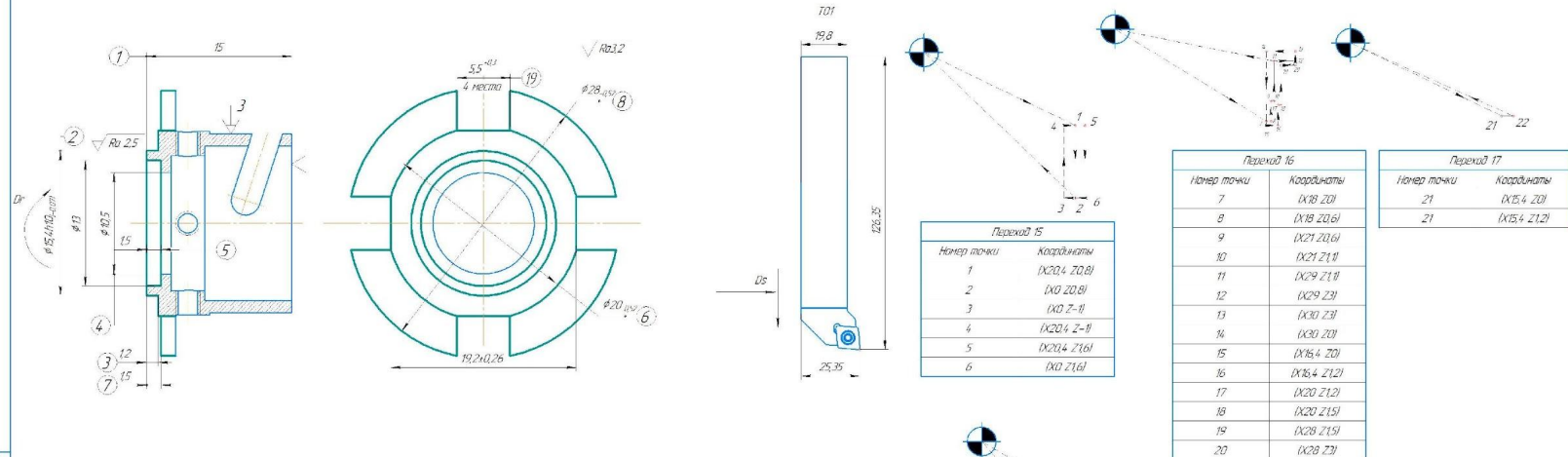
ГОСТ 15497-2004

НМТ3-4 73539y

# 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 расплюсчатый A08H-STP09 06-Я напильник TCGX 06 T1 04-AI HVD, Sandvik Coromant	НН0
T03	Противоскользящая концевая фреза GEMMILL T11 Типа ZN44P-1000-040-SD TTK, Sandvik Coromant	T725

Установки						
№ перехода	Содержание перехода	В, мм	V, м/мин	S, мм/об	f, мм/об	T, мин
15	Точить поверхность 1	20,4	279	0,25	4,000	0,8
16	Точить поверхность 2 с 16,78 градуса	16,4	279	0,25	4,000	0,8
17	Точить поверхность 2 окончательно	15,4	226	0,27	4,000	0,5
19	Расплюснуть 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 15	
Номер точки	Координаты
1	(X20,4 Z0,8)
2	(X0 Z0,8)
3	(X0 Z-1)
4	(X20,4 Z-1)
5	(X21,4 Z1,6)
6	(X0 Z1,6)

Переход 16	
Номер точки	Координаты
7	(X18 Z0)
8	(X18 Z0,6)
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 17	
Номер точки	Координаты
21	(X15,4 Z0)
21	(X15,4 Z1,2)

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

№ документа	№ документа	Дата	Исполнитель
Автор	Проверено	Дата	Исполнитель
Контур	Контур	Дата	Исполнитель
Исполнитель	Исполнитель	Дата	Исполнитель

Инструментальная программа: **процесса**

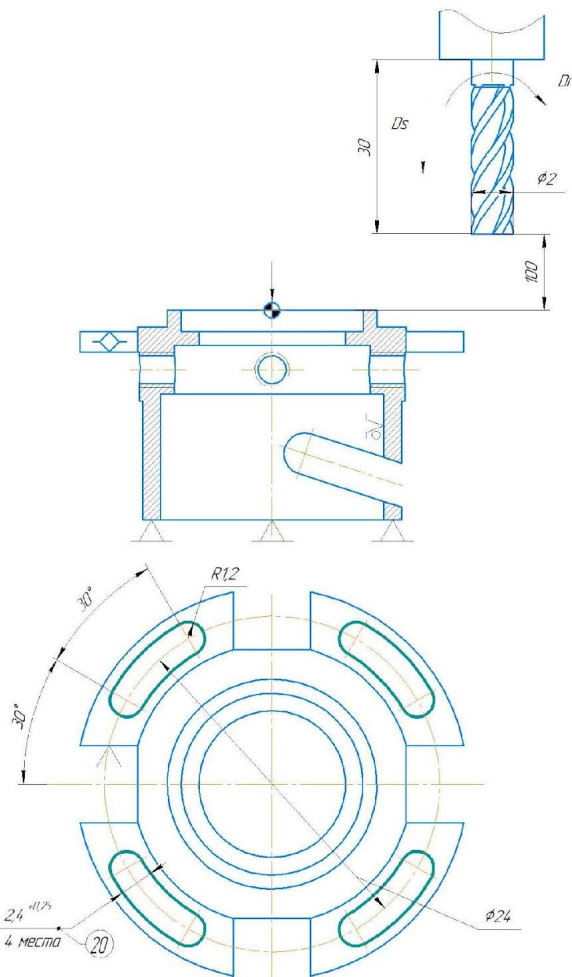
№ 1359-101  
ГОСТ 15937-2004  
HM13-473539y

# Фрезерная операция с ЧПУ

A5521164 73539y0000000D

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

√ Rn3,2



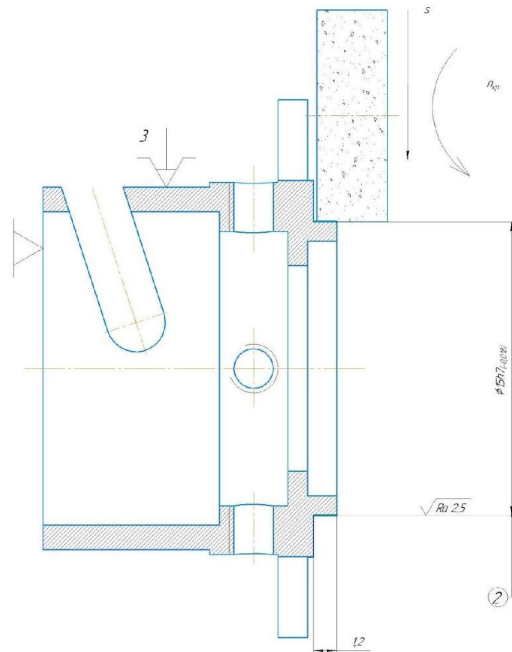
№ детали	Режущий инструмент	f, мм	S <sub>0</sub> , мм/зуд	V <sub>c</sub> , м/мин	л, об/мин	T <sub>0</sub> , мин
2	Цельнотвердосплавная концевая фреза CoroMill D Plus 25440-0200-020-SD 1725 Sandvik Coromant	1,5	0,1	75	4000	0,1

A5521164 73539y0000000D				Иллюстрации технологического процесса		
Изм.	Лист	№ докум.	Год	Лит.	Масштаб	Масштаб
Разработ.	Станков АИ	Провер.	Мерзляков ИИ	В	К	Р
Инженер	Болыгина ИИ	Технолог	Тихонов ИИ	Лист	5	Листов
ГОСТ 15937-2004				ИМТЗ - 473539y		
Копировать				Фигурный А2		

# Шлифовальная операция

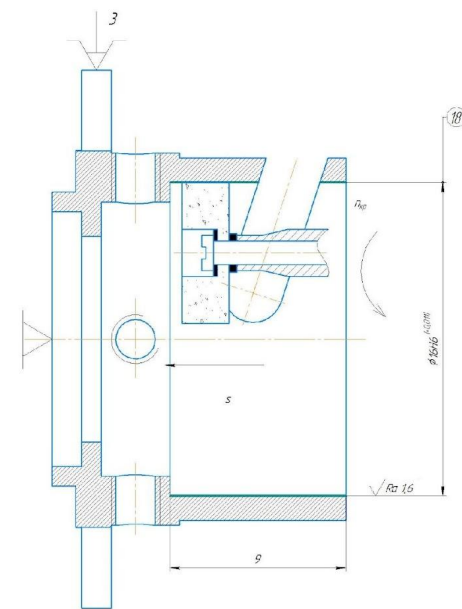
А5521164.735394.000000.01

Операция 015 Круглошлифовальная  
Оборудование: круглошлифовальный станок 3М174



№ режима	Режимы шлифшпинделя	$f$ , мм	$S_d$ мм/об	$V$ м/мин	$\rho$ об/мин	$T_d$ мин
2	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	$S_d$ мм/об	$V$ м/мин	$\rho$ об/мин	$T_d$ мин
2	Исходный режим (Исходный режим) ГОСТ Р 52781-2007	0,2	0,45	25	200	0,1
3	Шлифовальный режим (Шлифовальный режим) ГОСТ Р 52781-2007	0,1	0,45	35	200	0,1

А5521164.735394.000000.01			
№ документа	№ документа	Дата	Изменения
Исполнитель	Проверенный	Дата	№
Утвержденный	Утвержденный	Дата	№
Иллюстрации: технологическая операция			№ документа
процесса			ИМТ.3 - 4.735394
Исполнитель			Дата
Проверенный			Дата

# SINUMERIK 840D

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

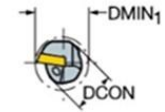
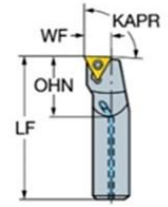
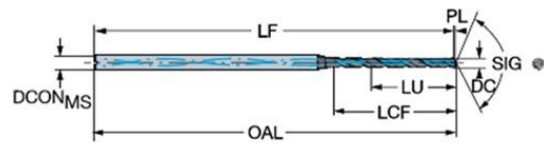
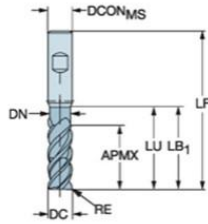
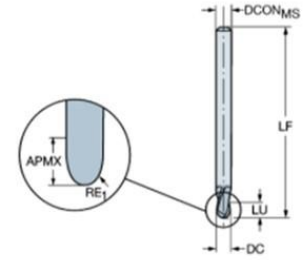
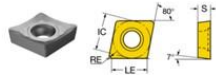


## Фрагмент управляющей программы. Операция 005 Комплексная с ЧПУ

Кадр УП	Расшифровка кадра УП	Кадр УП	Расшифровка кадра УП
Установ А			
T1 D1, точение	Выбор инструмента, назначение корректора	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
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" 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 – стружкой по пути, 0 – плоскость отвода инструмента
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 черновом 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	G0 X100 Z100 M5 M9	Отвод на быстром ходу в точку смены инструмента, останов шпинделя, выключение СОЖ
T2 D1, сверление	Выбор инструмента, назначение корректора	T4 D1; фрезерование пазов	Выбор инструмента, назначение корректора
M06	Смена инструмента		
G54 G17 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости YX, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование	M06	Смена инструмента
G97 S4244 M4 M8	Постоянное число оборотов при сверлении в об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ	G54 G18 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости XZ, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование
X0 Z5 F0.24	Подвод инструмента в точку начала сверления, задание подачи в мм/об		
	Цикл глубокого сверления: 2 – плоскость отвода, 0 – основная плоскость, 2 – расстояние безопасности, -16 – конечная глубина, -8 – первая глубина сверления, 5 – регрессия, 0 – время выдержки, 0 – фактор подачи при сверлении, 0 – технология сверления со стружколомом, 3 – выбор оси инструмента, 2 – минимальная глубина сверления, 2 – время выдержки на конечной глубине сверления, 0 – величина отвода инструмента	G94 S4456 M3 M8	Постоянное число оборотов при фрезеровании в об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ
CYCLE83 (20,2-16-8, 50000,3,2,0)		SETMS (2)	Шпиндель 2 как ведущий шпиндель
		SPOS (1)=0	Активировать ось C
		TRACYL	Деталь – φ
		G19	Выбор плоскости YZ
G0 X100 Z100 M5 M9	Отвод на быстром ходу в точку смены инструмента, останов шпинделя, выключение СОЖ	G0 X19 Y0 Z-13.5	Подвод инструмента на быстром ходу по координатам
T3 D1, растачивание	Выбор инструмента, назначение корректора	G1 Y-4 F535	Перемещение по координатам на рабочей подаче
M06	Смена инструмента	G0 X22 Y0	Отвод инструмента на ускоренном ходу
G54 G18 G90 G0	Смещение нулевой точки, выбор плоскости XZ, задание абсолютных размеров, быстрое позиционирование		

№	Имя	Дата	Время	Место	Статус
A5521 16 4.735394 000 000 D06					
Фрагмент управляющей программы					
ИМТЗ - 4.735394					
Александр Фомин А1					



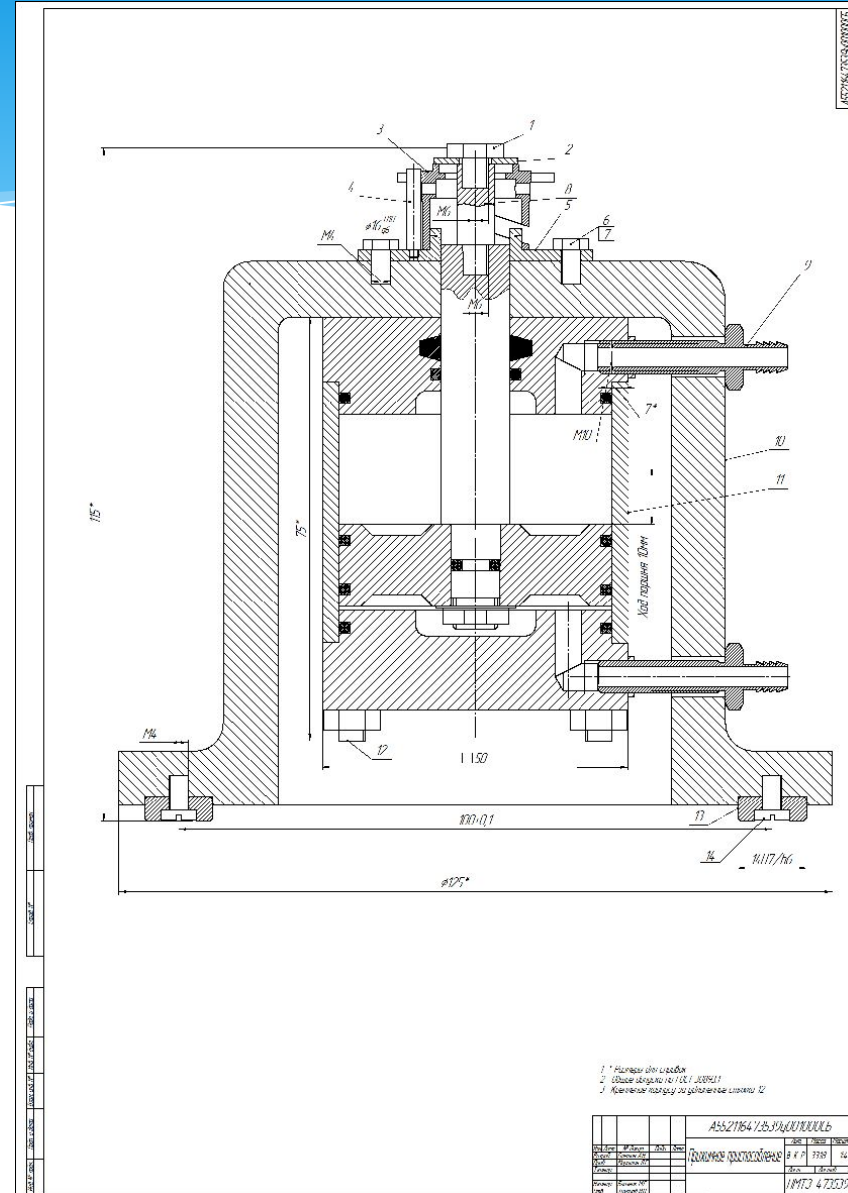


## Трёхкулачковый токарный патрон Kitagawa



Заготовку необходимо зажать с усилием 4286Н

# Приспособление на фрезерную операцию ЧПУ



## 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!