

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)

ИНСТИТУТ АВИАЦИИ, НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА И ЭНЕРГЕТИКИ

Кафедра технологии машиностроительных производств

Направление подготовки: 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Образовательная программа: Технология автоматизированного машиностроения

К защите допустить

Зав. каф. Р.М. Янбаев

«__» _____ 2025 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему «Создание технологии изготовления детали “Втулка газоведа” с разработкой управляющей программы механической обработки на станке с числовым программным управлением»

ОБУЧАЮЩИЙСЯ А.А. Порошин, группа 1406
(инициалы, фамилия, № группы)

_____ (личная подпись)

РУКОВОДИТЕЛЬ к.т.н., доцент, Д.В. Курылев
(ученая степень, звание, инициалы, фамилия)

_____ (личная подпись)

Казань 2025

Creating a part manufacturing technology “Blast-tube liner” with the development of a control program for machining on a numerically controlled machine

by
Poroshin Anton Alekseevich

Submitted to the Department of Machine-Building Technology

in partial fulfillment of the Requirements for the degree of

BACHELOR OF SCIENCE

at the

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev-KAI»
(KNRTU-KAI)

Author	<hr/>	A.A. Poroshin
	<i>(signature)</i>	
Supervisor	<hr/>	D.V. Kurylev
	<i>(signature)</i>	Associate professor, Department of Machine-Building Technology
Certified by	<hr/>	R.M. Yanbaev
	<i>(signature)</i>	Head of the Department of Machine-Building Technology

date _____

Kazan 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр
АННОТАЦИЯ	4
ANNOTATION	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
1.1 Описание детали «Втулка газоведа»	7
1.2 Анализ рабочего чертежа	9
1.3 Обоснование вида и способа получения заготовки	13
1.4 Разработка технологического процесса механической обработки детали «Втулка газоведа»	16
1.5 Установление последовательности обработки поверхностей, выбор измерительных и технологических баз	17
1.6 Построение эскизов совмещенных переходов	20
1.6.1 Составление эскиза совмещенных переходов и осевых размерных цепей	20
1.6.2 Методика решения размерных цепей	22
1.6.3 Решение осевых размерных цепей	23
1.7 Определение диаметральных операционных размеров и диаметральных размеров исходной заготовки	26
1.7.1 Составление эскиза совмещенных переходов и диаметральных размерных цепей	26
1.7.2 Решение диаметральных размерных цепей	28
1.8 Выбор технологического оснащения операций	29
1.8.1 Выбор оборудования	29
1.8.2 Подбор режущих и вспомогательных инструментов и расчет режимов резания	34

					КТОМП.2025.2111115.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Порошин А.А.			Создание технологии изготовления детали «Втулка газоведа» с разработкой управляющей программы механической обработки на станке с числовым программным управлением	Лит.	Лист	Листов
Проверил.		Курылев Д.В.					3	
Реценз.						КНИТУ-КАИ гр. 1406		
Н. Контр.								
Утверд.		Курылев Д.В.						

1.8.3 Нормирование операций механической обработки	38
2. ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ	41
2.1 Автоматизированное проектирование технологического процесса в САПР-системе «Вертикаль»	41
2.1.1 Технологический процесс изготовления детали	41
2.2 Автоматизированное программирование обработки детали «Втулка газоведа» на токарном станке с системой ЧПУ	50
2.2.1 Разработка 3D-модели в модуле САD	50
2.2.2 Создание и редактирование объектов родительских групп	52
2.2.3 Создание операций механической обработки	54
2.2.4 Формирование управляющей программы	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
CONCLUSION	59
Список использованных источников и литературы	60
ПРИЛОЖЕНИЕ	62

АННОТАЦИЯ

Тема выпускной квалификационной работы: Создание технологии изготовления детали «Втулка газоведа» с разработкой управляющей программы механической обработки на станке с числовым программным управлением

Автор: Порошин А.А.

Руководитель: Курылев Д.В.

Сведения об объеме работы: 61 страницы, чертежи – 7, использованных источников – 20.

Ключевые слова: технологический процесс, режущий инструмент, размерные цепи, механическая обработка, управляющая программа.

Объект исследования – технология изготовления детали втулка газоведа.

Цель работы – создание технологического процесса изготовления втулки газоведа, разработка управляющей программы обработки данной детали.

Метод исследования – теория размерных цепей, методика расчета режимов резания и норм времени, методика разработки управляющей программы для станка с ЧПУ.

Полученные результаты – разработанный технологический процесс, управляющая программа для станка с ЧПУ.

Область применения и внедрения – изготовление деталей типа «Втулка газовод» в условиях среднесерийного производства.

					КТОМП.2025.2111115.000	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

ANNOTATION

The topic of the final qualifying work: The creation of a technology for manufacturing parts “Blast-tube liner” with the development of a control program for machining on a numerically controlled machine

Author: Poroshin A.A.

Supervisor: Kurylev D.V.

Information about the volume of work: 61 pages, drawings – 7, sources used – 20.

Keywords: technological process, cutting tool, dimensional chains, mechanical processing, control program.

The object of research is the manufacturing technology of the gas pipeline bushing part.

The purpose of the work is to create a technological process for manufacturing a gas duct sleeve, and to develop a control program for processing this part.

The research method is the theory of dimensional circuits, a method for calculating cutting modes and time standards, and a method for developing a control program for a CNC machine.

The results obtained are a developed technological process, a control program for a CNC machine.

The field of application and implementation is the manufacture of parts of the “Blast-tube liner” type in medium–scale production.

					КТМП.2025.2111115.000	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Современное машиностроение невозможно представить без внедрения высокоэффективных технологий обработки, позволяющих не только повышать точность и надежность изготавливаемых изделий, но и значительно снижать производственные издержки. В условиях растущих требований к качеству продукции, сокращению сроков изготовления и повышению производительности труда особую значимость приобретает автоматизация технологических процессов, в том числе за счёт использования станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Целью работы является создание технологического процесса изготовления данной детали с последующей разработкой управляющей программы для станка с ЧПУ. В ходе работы выполнен анализ конструкции детали и оценка её технологичности, произведён выбор и обоснование заготовки, построена маршрутная и операционная технологии, рассчитаны режимы резания и нормы времени, а также подобрано необходимое оборудование и технологическая оснастка. Кроме того, с использованием средств автоматизированного проектирования (САПР и САМ-систем) выполнено программирование обработки и получена управляющая программа для изготовления детали на современном металлорежущем оборудовании.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенное технологическое решение может быть внедрено в серийное производство, обеспечивая стабильное качество изделия, сокращение времени на подготовку производства и снижение материальных затрат.

					КТОМП.2025.2111115.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание детали «Втулка газоведа»

Втулка газоведа – это элемент устройства топливной магистрали, который обеспечивает поддержку и вращение осевой части трубы или вала. Она служит для надежной работы основных механизмов и снижает риск возникновения аварийных ситуаций.

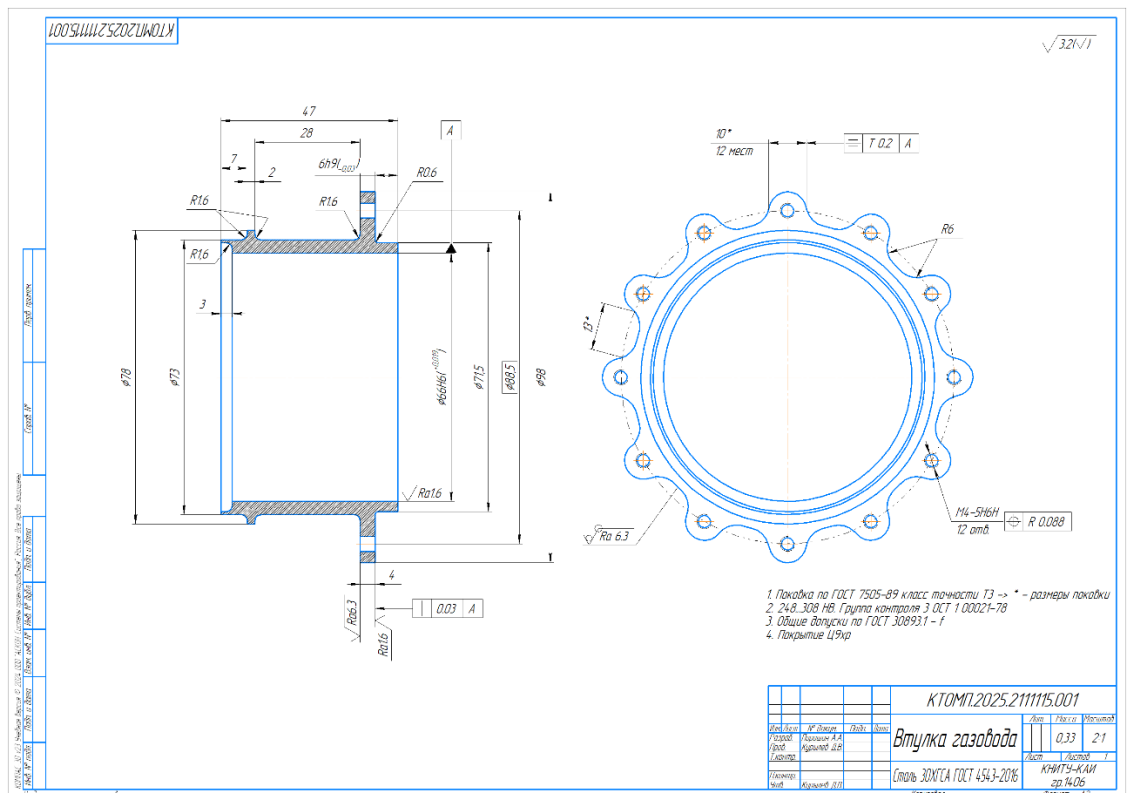


Рис.1.1 – Рабочий чертеж детали «Втулка газоведа»

Деталь «Втулка газоведа» является нагруженной и ответственной деталью, в соединении обеспечивает поддержку и вращение осевой части трубы или вала.

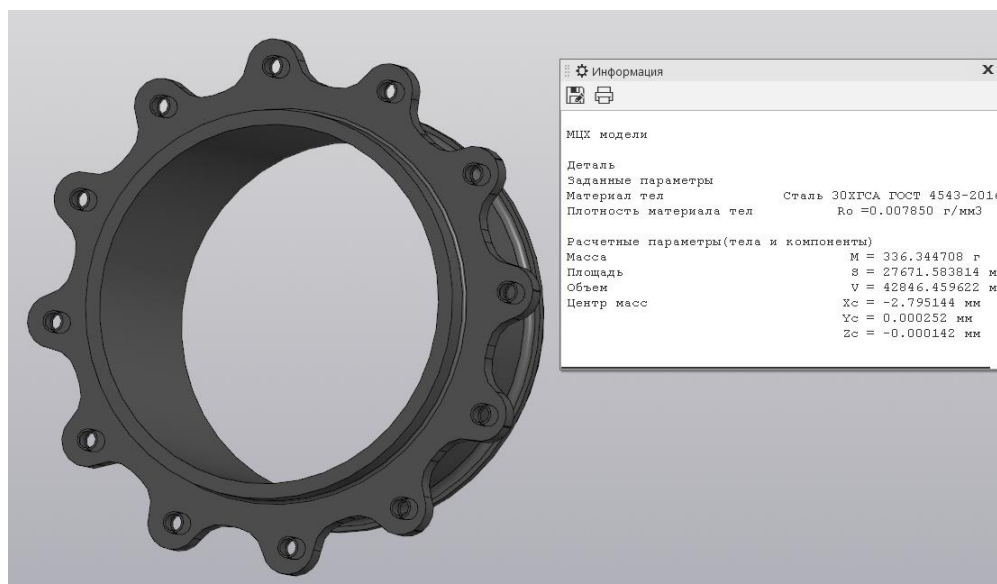


Рис.1.2 – 3D модель детали «Втулка газоведа»

Объем выпуска изготовления детали «Втулка газоведа» составляет 600 штук в год.

Характер машиностроительного производства напрямую влияет на подбор технологического оснащения, формирует общую структуру производственного процесса и уровень его автоматизации.

Таблица 1.1. Зависимость типа производства от объема выпуска и массы детали.

Тип производства	Годовой объём выпуска деталей одного наименования, шт		
	Мелкие (до 10 кг)	Средние (св. 10 до 100 кг)	Тяжелые (св. 100 кг)
Единичное	до 100	До 10	До 5
Мелкосерийное	100-500	10-200	5-100
Среднесерийное	500 – 5 000	200-500	100-300
Крупносерийное	5 000 – 50 000	500-5000	300-1000
Массовое	св. 50 000	св. 5000	св. 1000

Исходя из объёма выпуска детали в год, а также учитывая массу данной детали, которая составляет 0,33 кг, можно сделать вывод, что производство этой детали относится к категории среднесерийного типа.

2.2 Анализ рабочего чертежа

В соответствии с общероссийским классификатором ЕСКД деталь «Втулка газоведа» относится к классу 71, то есть к телам вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и другие. С соотношением длины L от $0,5 D$ и до $2 D$ включительно с наружной цилиндрической поверхностью. С закрытыми уступами, без наружной резьбы. С центральным сквозным отверстием, круглым в сечении цилиндрической формы без резьбы, гладким. Без кольцевых пазов на торцах, с пазами и/или шлицами на наружной поверхности, с отверстием вне оси детали.

Код классификатора ЕСКД: 713644

Детали - тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др. / С L от $0,5 D$ до $2 D$ вкл. с нар. поверхностью цилиндрической / С закр. уступами, без нар. резьбы / С центр. сквоз. отв., круг. в сеч., цилиндр. без резьбы, гладким / Без кольцевых пазов на торцах, с пазами и/или шлицами на нар. поверхности, с отв. вне оси дет.

Поиск по ОК ЕСКД

-	Информация о классификаторе ЕСКД
- ОК ЕСКД	Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов ОК 012-93
» 71	Детали - тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.
» 713	С L от $0,5 D$ до $2 D$ вкл. с нар. поверхностью цилиндрической
» 7136	С закр. уступами, без нар. резьбы
» 71364	С центр. сквоз. отв., круг. в сеч., цилиндр. без резьбы, гладким
713644	Без кольцевых пазов на торцах, с пазами и/или шлицами на нар. поверхности, с отв. вне оси дет.



Рис.1.3 – Классификатор ЕСКД

Деталь «Втулка газоведа» изготавливается из стали 30ХГСА, которую представляет собой высокопрочный легированный углеродистый сплав с хорошей прочностью и твердостью. Он широко применяется в различных отраслях, таких как машиностроение, авиация, судостроение и автомобильная промышленность.

					КТОМП.2025.2111115.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		10

Маркировка 30ХГСА, действующая в России, говорит о следующем:

- В сплаве содержится 0,3% углерода (цифра 30);
- Наличие не более 1,5% хрома, так как рядом с буквой «Х» отсутствует цифровое обозначение, соответственно содержание марганца (буква «Г») и кремния (буква «С») не превышает 1,5%;
- Сплав относится к высшей категории стали (наличие буквы «А»), подвергшейся закаливанию с высоким отпуском

Таблица 1.2 – Массовая доля элементов не более, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.28 – 0.34	0.9 – 1.2	0.8 – 1.1	до 0.3	до 0.025	до 0.025	0.8 – 1.1	до 0.3

Сталь 30ХГСА обладает хорошей штампуемостью благодаря своим механическим свойствам и химическому составу. Сталь 30ХГСА характеризуется высокой прочностью и пластичностью, что делает ее подходящей для штамповки. Она обладает хорошей ударной вязкостью и способностью к деформации без разрушения.

По международной системе ISO, сталь 30ХГСА относят к категории Р, то есть к хорошо обрабатываемым резанием. В горячекатаном состоянии при HB 207-217 и $\sigma_B = 710$ МПа $K_{\text{итв.спл.}} = 0.85$, $K_{\text{об.ст.}} = 0.75$.

Для качественного анализа разобьем деталь на 3 части:

1 часть детали. Данный элемент детали является технологическим, т.к. конструктивная форма не сложная. Есть свободный доступ к обрабатываемым поверхностям.

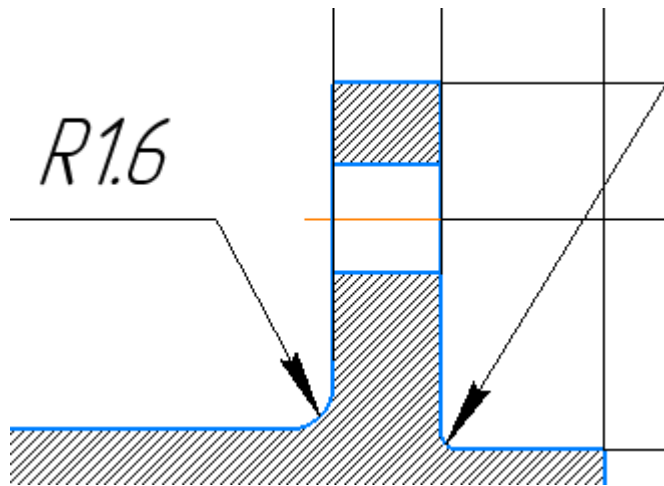


Рис. 1.4 (Первая часть детали)

2 часть детали Основной задачей данного пункта является получение канавки. Этап, получения переходной канавки, также будет технологичным, т.к. есть свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям и канавки протачиваются перпендикулярно к поверхности.

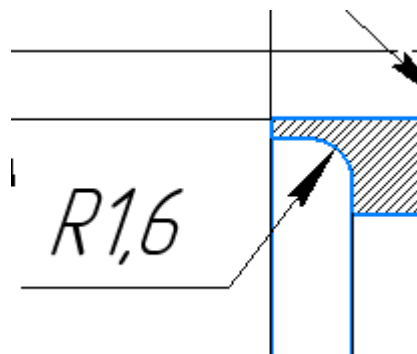


Рис. 1.5. (Вторая часть детали)

2 часть детали. Основной задачей данного пункта является получение бурта, необходимого для более плотного соединения втулки со смежными элементами. Этап, получения бурта, также будет технологичным. И дальнейшее нарезание тоже, т.к. есть свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям и протачивается со скруглением для снятия напряжений при зацеплениях.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

12

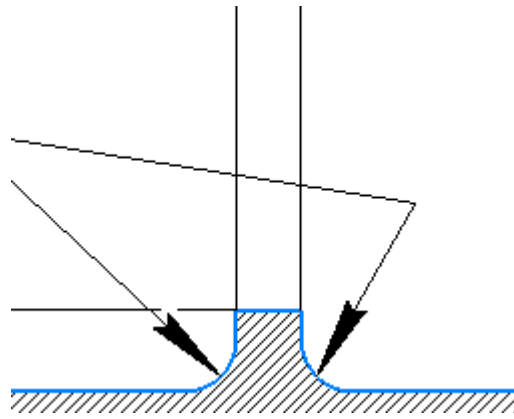


Рис. 1.6. (3 часть детали)

Анализ эксплуатационных характеристик конструкции изделия выполняется в обязательном порядке, если расходы на обслуживание и восстановление сравнимы или превышают затраты на его изготовление.

При оценке технологичности детали учитываются следующие ключевые показатели:

- **Коэффициент унификации элементов конструкции**

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э}$$

где $Q_{y.э.}$ – число унифицированных элементов, шт.; $Q_э$ – общее число элементов в детали, шт.; $Q_э = 5$., $Q_{y.э.} = 5$

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э} = \frac{5}{5} = 1$$

К унифицированным поверхностям относят стандартные фаски, канавки, центровочные отверстия; зубчатые, шлицевые и шпоночные соединения; гладкие цилиндрические и плоские поверхности если их размеры соответствуют стандартным рядам, а допуски назначены по установленным квалитетам.

Нормативное значение коэффициента $K_{y.э.} = 0,8$.

- **Коэффициент использования стандартизованных поверхностей подверженных обработке**

$$K_{п.ст} = \frac{D_{о.с}}{D_{м.о}}$$

где $D_{о.с}$ – число поверхностей, обрабатываемых стандартным инструментом, шт.; $D_{м.о}$ – общее количество обрабатываемых поверхностей, шт.;

$$K_{п.ст} = \frac{D_{о.с}}{D_{м.о}} = \frac{10}{10} = 1$$

- **Коэффициент механической обработки поверхностей**

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

13

$$K_{п.о} = 1 - \frac{D_{м.о}}{D_э}$$

где $D_{м.о}$ – число поверхностей, подвергаемых механической обработке, шт.; $D_э$ – общее количество поверхностей детали, шт.;

$$K_{п.о} = 1 - \frac{D_{м.о}}{D_э} = 1 - \frac{10}{10} = 0$$

• **Коэффициент шероховатости поверхности**

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}, B_{ср} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

где B_i - значение параметра шероховатости, n_i - количество измерений.

$$B_{ср} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{3,2 \times 4}{4} = 3,2 \text{ мкм}$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}} = 1 - \frac{1}{2,5} = 0,68$$

На основании проведённого анализа можно сделать вывод, что деталь обладает высокой технологичностью, так как все рассчитанные коэффициенты находятся в допустимых пределах.

2.2 Обоснование вида и способа получения заготовки

Оптимальный выбор заготовки играет ключевую роль в проектировании технологического процесса изготовления деталей. Для экономии в производстве необходимо бережное использование материала, что подразумевает достижение наивысшего коэффициента использования материала (КИМ). Для данной детали в качестве заготовок возможно использование поковок на ГКМ или прокат.

Примеры возможных заготовок:

Рассмотрим в качестве заготовки стальной прокат:

ГОСТ 2590-2006 распространяется на сортовой стальной горячекатаный прокат круглого сечения диаметром от 5 до 270 мм включительно, который применяется во всех отраслях промышленности.

Для заготовки используем пруток диаметром 100 мм и длиной 50 мм, подобранной по ГОСТ 2590-2006.

Масса данной заготовки составляет 3кг.

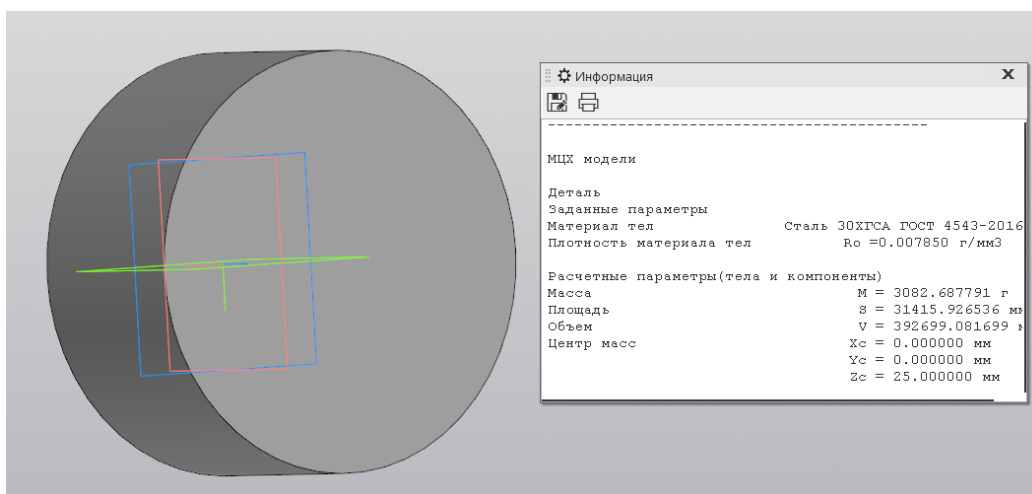


Рис.1.7 3D модель прутка с массово-центровочными характеристикам

Коэффициент использования материала (КИМ) равен:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{0,33}{3} = 0,11$$

Низкий коэффициент использования материала говорит о том, что во время механической обработки большая часть материала будет уходить в стружку.

Рассмотрим в качестве заготовки поковку изготовленной на ГКМ:

Горизонтально-ковочные машины (ГКМ) широко используются для производства поволок различных типов. Данная технология штамповки характеризуется:

- значительной производительностью;
- строгой точностью геометрических параметров;
- экономической эффективностью, достигаемой за счёт уменьшенных припусков и, как следствие, сниженного расхода металла.

Горизонтально-ковочные машины позволяют выполнять штамповку непосредственно из прутка, минуя операцию предварительной порезки на

отдельные заготовки. В этом случае из одного прутка последовательно изготавливают несколько поковок.

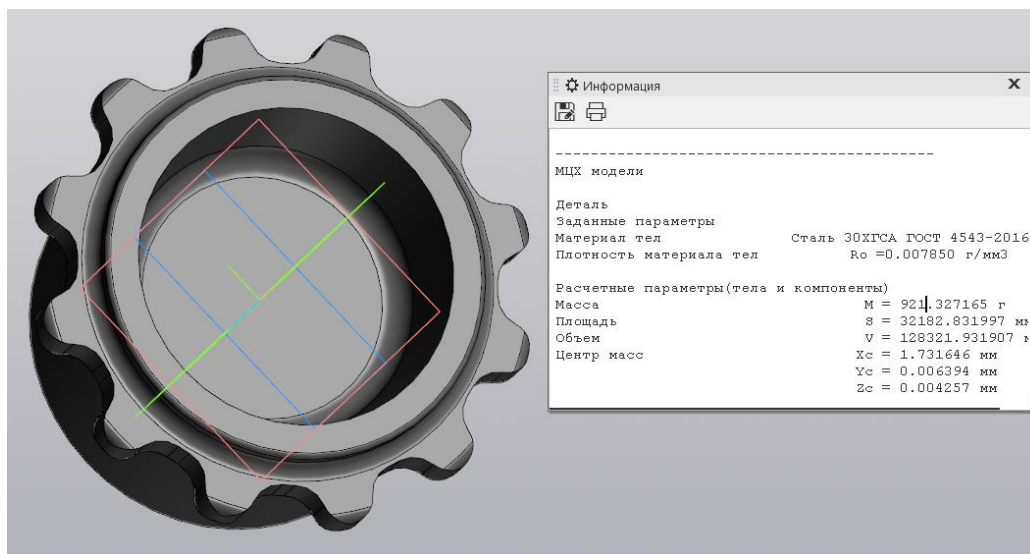


Рис.1.8 – 3D модель поковки ГKM с массо-центровочными характеристиками

Коэффициент использования материала (КИМ) в таком случае будет равен:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{0,33}{0,921} = 0,35$$

Обоснование выбора исходной заготовки:

Выбор способа изготовления заготовки требует комплексного анализа различных критериев. Чтобы минимизировать временные и финансовые затраты на последующую механическую обработку, рекомендуется отдавать предпочтение заготовкам, наиболее приближенным к конечным характеристикам детали по следующим параметрам: форме, габаритным размерам, степень точности и состояние поверхностного слоя.

В данном случае наиболее подходящим способом получения заготовок является поковка на ГKM, так как наиболее приближена по конфигурации к готовой детали, что позволяет сократить обработку на поверхностях.

При определении размерных параметров поковки используем ГОСТ 7505-89.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

16

1.4 Разработка технологического процесса механической обработки детали «Втулка газовода»

Разработка технологического процесса механической обработки является ключевым этапом в производстве деталей, обеспечивающим их точность, качество и соответствие техническим требованиям. Эффективный технологический процесс позволяет сократить время обработки, минимизировать затраты на материалы и оборудование. Обеспечивает стабильность качества за счет соблюдения заданных параметров шероховатости, точности размеров и геометрии.

Разработанный процесс должен учитывать характеристики заготовки, требования чертежа, возможности оборудования и экономическую целесообразность. Это гарантирует надежность и конкурентоспособность готовых изделий.

Основные этапы технологического процесса:

- 1) Заготовительный – термообработка для повышения обрабатываемости резанием и снятие напряжений.
- 2) Черновой – предварительная обработка основных поверхностей, создание баз для последующих операций.
- 3) Чистовой – последующая обработка, позволяющая достичь более точных результатов.
- 4) Окончательный – обработка особо точных поверхностей и нанесение покрытий.
- 5) Контроль – финальный этап для оценки качества работы.

В таблице 1 представлено описание маршрута обработки детали «Втулка газовода»

Таблица 1.3

Описание маршрута обработки детали «Втулка газовода»

№ операции	Наименование и содержание операции	Обоснование операции
Оп. 000	Заготовительная	Заготовка – поковка

					КТОМП.2025.2111115.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

Оп.005	Термическая	Улучшение резания и снятие остаточных напряжений
Оп.010	Токарная черновая с ЧПУ	Подрезка торца, точение выступа и расточка внутреннего отверстия
Оп.015	Токарная черновая с ЧПУ	Обработка внешней цилиндрической части, расточка канавки
Оп.020	Токарная с ЧПУ с приводным инструментом уст.1	Чистовая обработка поверхностей, обработанных на предыдущей операции
	Токарная с ЧПУ с приводным инструментом уст.2	
Оп.025	Покрытие	Нанесение покрытия на деталь, для улучшения коррозионной стойкости
Оп.030	Шлифование	Окончательная обработка внутреннего отверстия
Оп.035	Промывка	Промывка детали от СОЖ, стружки и пыли
Оп.040	Контроль	Контроль точности обработанной детали

1.5 Установление последовательности обработки поверхностей, выбор измерительных и технологических баз

Первый этап обработки заключается в создании базовых поверхностей, которые служат основой для всех последующих операций. В зависимости от принятой схемы базирования, базовые поверхности могут обрабатываться как в первую очередь, так и в ходе дальнейших технологических переходов. При выборе баз рекомендуется отдавать предпочтение поверхностям с правильной геометрической формой, учитывая при этом жесткость заготовки и направление действующих сил.

На стадии предварительной обработки важно обеспечить максимальный съем металла за минимальное время при обязательном соблюдении требуемой точности обработки. Это позволяет создать оптимальные условия для выполнения последующих технологических операций.

Для детали «Втулка газоведа» на предварительном этапе мы обрабатываем торец, выступ и внутреннюю цилиндрическую часть, для получения баз на следующих обработках.

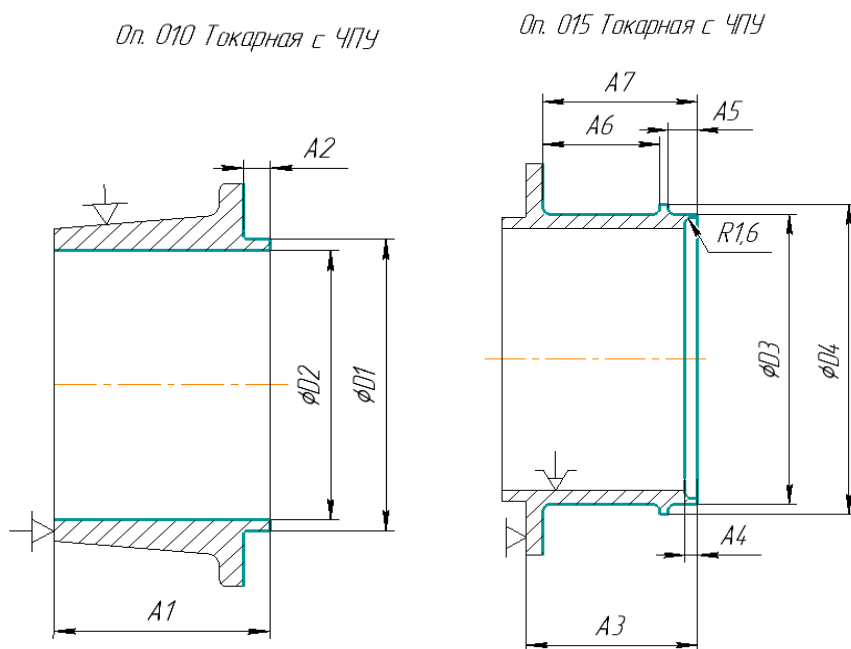


Рис.1.9 Графическое изображение установочных, базующих и закрепляющих устройств в Оп.010 и Оп.015

В Оп.010 базирuem заготовку в кулачковом патроне, упирая её в торец детали и зажимая за штамповочный уклон так, чтобы деталь не стремилась выпасть из патрона.

В Оп.015 базирование производится за счет упора детали в поверхности, обработанных в Оп.010. Заготовка упирается в выступ и зажимается изнутри цанговым патроном.

На последующем этапе чистовой обработки деталь зажимается в цанговом патроне

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

19

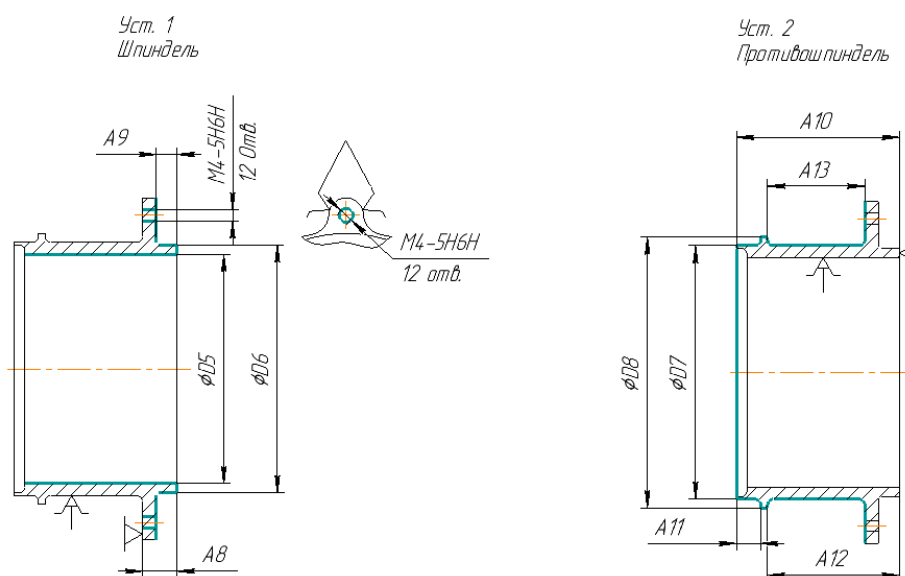


Рис.1.10 Графическое изображение установочных, базирующих и закрепляющих устройств в Оп.020

1.6 Построение эскизов совмещенных переходов

1.6.1 Составление эскиза совмещённых переходов и осевых размерных цепей

После составления плана обработки требуется выполнить расчет технологических размеров детали. С этой целью на основе разработанного плана создается эскиз совмещенных переходов (ЭСП), который служит основой для построения размерных цепей.

ЭСП формируется последовательно, в соответствии с порядком выполнения технологических операций – от исходной заготовки до готовой детали. Процесс построения начинается с создания эскиза заготовки: наносятся контурные линии, определяющие ее границы, и указываются исходные условные размеры H_1 , H_2 , H_3 . Затем, следуя технологическому плану, на эскиз наносятся операционные размеры, конструкторские размеры и величины припусков.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

20

Особое внимание уделяется конструкторским размерам: они могут совпадать с операционными, но также могут быть «неоперационными» – такими, которые не выполняются непосредственно в ходе обработки, а получаются автоматически как результат других операций. Важно помнить, что в каждой размерной цепи должно присутствовать только одно замыкающее звено.

Осевые размерные цепи

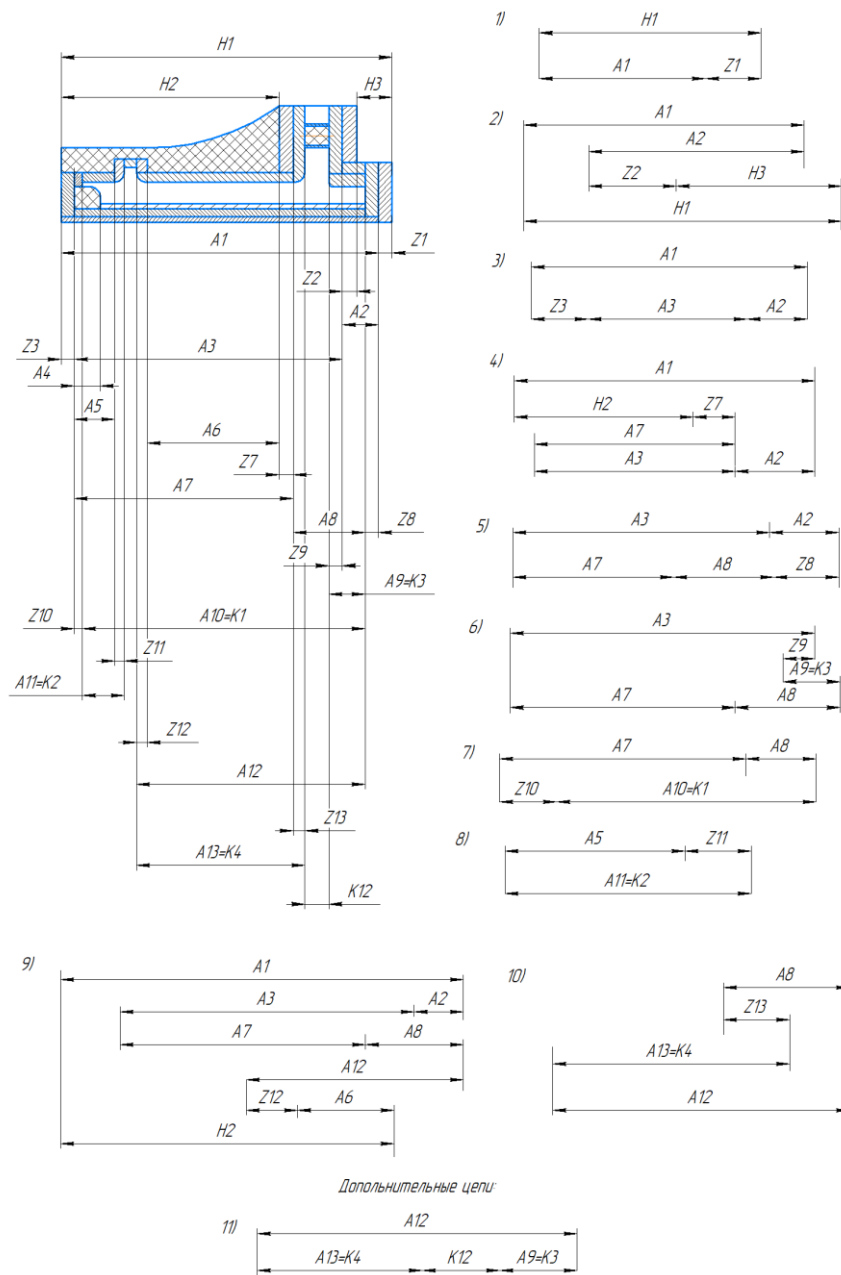


Рис.1.11 Эскиз совмещенных переходов осевых размеров

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

21

<i>№ решения</i>	<i>№ цепи</i>	<i>Замыкающее звено</i>	<i>Искомые параметры</i>
1	11	K12	A12
2	10	Z13	A8
3	7	Z10	A7
4	6	Z9	A3
5	5	Z8	A2
6	3	Z3	A1
7	4	Z7	H2
8	9	Z12	A6
9	3	Z11	A5
10	1	Z1	H1
11	2	Z2	H3

Рис.1.12 Порядок решения осевых размерных цепей

1.6.2 Методика решения размерных цепей

При расчёте размерных цепей применяются два основных метода — вероятностный и метод максимум-минимум, а также четыре способа расчёта технологических размерных цепей: по отклонениям, по предельным значениям, по средним значениям и по координатам середины полей допусков. На практике чаще всего целесообразно использовать метод максимум-минимум.

К таким цепям, как правило, относят трёхзвенные цепи, в которых замыкающим звеном выступает операционный припуск. Для их расчёта рекомендуется использовать способ предельных значений, поскольку он позволяет определить минимально допустимый размер операционного припуска.

В остальных случаях предпочтение отдают вероятностному методу расчёта с использованием способа средних значений или метода координат середин полей допусков.

1.6.3 Решение осевых размерных цепей

В качестве примера рассмотрим решения цепей №11 и 10, остальные цепи решим аналогично и занесем результаты в таблицу

1) Размерная цепь 11 (дополнительная):

Дополнительные цепи:



Известно: $K_{12}=4(\pm 0,05)$ мм.

$A_9=K_3=6h9(-0,03)$

$A_{13}=K_4=28(\pm 0,1)$ мм.

Найти: A_{12} , $T_{A_{12}}$

Замыкающее звено – K_{12}

Используем вероятностный метод:

$$T_{\Sigma} \geq \sqrt{\sum T_i}; T_{K_{12}} \geq \sqrt{T_{A_9}^2 + T_{A_{12}}^2 + T_{A_{13}}^2};$$

Допуск на размер A_{12} примем по IT8:

$$T_{A_{12}}=0,033 \text{ мм}$$

$$0,1 \geq \sqrt{0,03^2 + 0,033^2 + 0,2^2};$$

$$0,1 \geq 0,1$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$A_{\Sigma \text{ ср}} = \sum \bar{A}_i - \sum \bar{A}_i$ т.к. по симметричной схеме $A_{i \text{ ср}} = A_i$, задания допусков на размер;

Следовательно, получим:

$$A_{12} = K_{12 \text{ ср}} + A_{9 \text{ ср}} + A_{13 \text{ ср}} = 38 \text{ мм}$$

В качестве номинального значения размера A_{12} используется его среднее значение $A_{12 \text{ ср}}$, допуск при этом задаётся по симметричной схеме.

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

КТОМП.2025.2111115.000

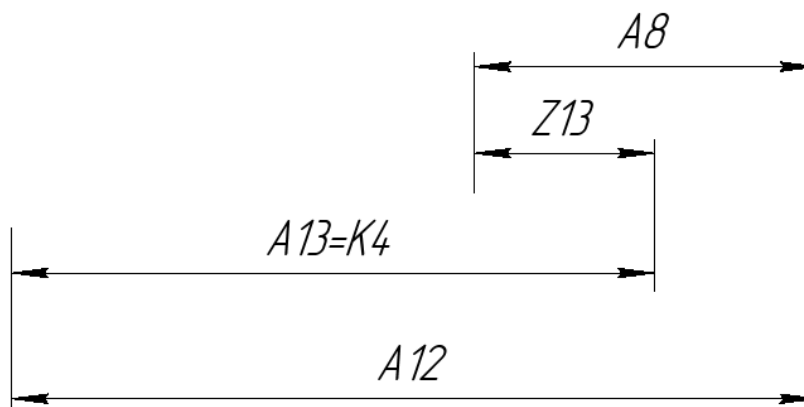
Лист

23

Полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$A_{12} = 38js8(\pm 0,0165)$ мм.

2) Размерная цепь 10:



Известно:

$A_{12} = 38js8(\pm 0,0165)$ мм

$A_{13} = K4 = 28(\pm 0,1)$ мм

Найти: A_8

Замыкающее звено – Z_{13} .

Используем вероятностный метод.

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{13max} = Z_{13min} + T_{A8} + T_{A12} + T_{A13}$$

Допуск на размер A_8 примем по IT8:

$$T_{A8} = 0,027 \text{ мм}$$

Z_{13min} примем по ОСТ 1.41512-86, $Z_{13min} = 0,195$ мм

$$Z_{13max} = 0,195 + \sqrt{0,027^2 + 0,033^2 + 0,2^2} = 0,39 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{13cp} = \frac{Z_{13max} - Z_{13min}}{2} = \frac{0,39 + 0,195}{2} = 0,29 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

24

$A_{\Sigma \text{cp}} = \sum \overline{A_i} - \sum \overline{A_i}$ т.к. по симметричной схеме $A_{i \text{cp}} = A_i$, задания допусков на размер;

Следовательно, получим:

$$A_8 = A_{12 \text{cp}} - A_{13 \text{cp}} + Z_{13 \text{cp}} = 10,29 \text{ мм}$$

Полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$A_8 = 10,3 \text{js}8(\pm 0,015) \text{ мм.}$$

Остальные размерные цепи решаются аналогично, занесем полученные результаты в сводную таблицу 1.4

Таблица 1.4

Осевые операционные размеры и припуски

Обозначение	Значение операционного размера	Замыкающее звено – припуск			
		Z_{\min}	Z_{\max}	Z_{cp}	Метод расчета припуска
A13	$A_{13} = K_4 = 28 \pm (0,1) \text{ мм}$	0,195	0,39	0,29	вероятностный
A12	$A_{12} = 38 \text{js}8(\pm 0,031) \text{ мм}$	0,3	1,55	0,93	вероятностный
A11	$A_{11} = K_2 = 7 \pm (0,05) \text{ мм}$	0,3	0,48	0,39	вероятностный
A10	$A_{10} = K_1 = 47(\pm 0,15) \text{ мм}$	0,3	0,69	0,49	вероятностный
A9	$A_9 = K_3 = 6 \text{h}9(-0,03) \text{ мм}$	0,3	0,65	0,47	вероятностный
A8	$A_8 = 10,3 \text{js}8(\pm 0,015) \text{ мм}$	0,35	0,74	0,54	вероятностный
A7	$A_7 = 37,2 \text{js}12(\pm 0,125) \text{ мм}$	1,1	2,36	1,73	вероятностный
A6	$27,4 \text{js}12(\pm 0,105) \text{ мм}$	Получается за счет напуска			
A5	$A_5 = 6,6 \text{js}12(\pm 0,075) \text{ мм}$	Получается за счет напуска			
A4	-	Получается за счет напуска			
A3	$A_3 = 42 \text{js}12(\pm 0,125) \text{ мм}$	1,1	1,58	1,34	вероятностный
A2	$A_2 = 6,1 \text{js}12(\pm 0,075) \text{ мм}$	1,1	2,9	2	вероятностный
A1	$A_1 = 50,5 \text{js}12(\pm 0,075) \text{ мм}$	1,1	2,5	1,8	вероятностный
H1	$H_1 = 52,3 \begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix} \text{ мм}$	-	-	-	-
H2	$H_2 = 37,9 \begin{matrix} +0,8 \\ -0,4 \end{matrix} \text{ мм}$	-	-	-	-
H3	$H_3 = 5,9 \begin{matrix} +0,8 \\ -0,4 \end{matrix} \text{ мм}$	-	-	-	-

1.7 Определение диаметральных операционных размеров и диаметральных размеров исходной заготовки

1.7.1 Составление эскиза совмещённых переходов и осевых размерных цепей

ЭСП диаметральных размеров составляется в порядке выполнения операций и переходов.

Сначала на чертежное поле наносится схематическое изображение заготовки с указанием исходных диаметральных параметров в условном формате. Затем, в соответствии с разработанным техпроцессом, последовательно представляются операционные размеры и соответствующие технологические припуски, начиная с первой операции обработки.

Для выполнения расчетов применяется вероятностный метод, так как метод максимума-минимума не берет во внимание отклонение геометрической формы и положение обрабатываемой детали, а также погрешность её установки в приспособлении.

Расчёты выполняются по упрощённой системе расчёта трёхзвенных диаметральных размерных цепей, регламентированной ОСТ 1.41512-86 «Детали механообрабатываемые. Технологические нормальные размеры». Эта методика применима при соблюдении двух ключевых условий: когда операционные допуски задаются «в тело» детали, а предельные отклонения составляющих звеньев имеют одинаковое направление – либо положительное, либо отрицательное.

Диаметральные размерные цепи

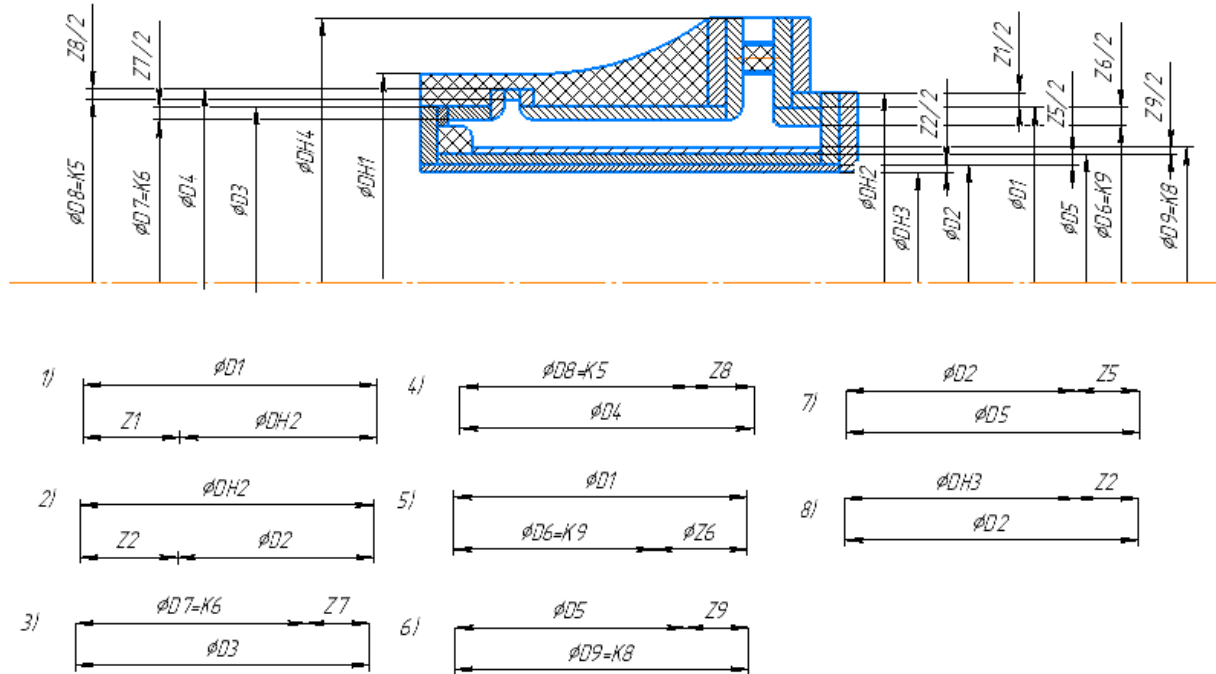


Рис.1.13 Эскиз совмещенных переходов диаметральныx размеров

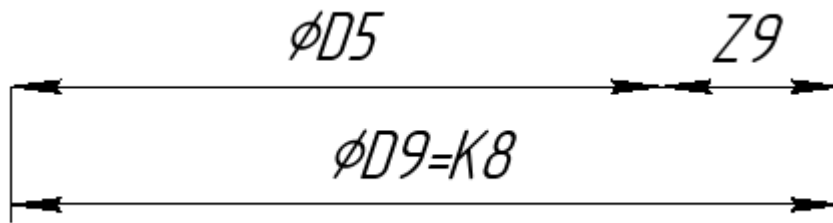
№ решения	№ цепи	Замыкающее звено	Искомые параметры
1	6	z9	D5
2	7	z5	D2
3	5	z6	D1
4	3	z7	D3
5	4	z8	D4
6	1	z1	$\phi DH2$
7	8	z2	$\phi DH3$

Рис.1.14 Порядок решения диаметральныx размерных цепей

1.7.2 Решение диаметральных размерных цепей

Рассмотрим решение цепи №6, аналогичным образом решим оставшиеся цепи и занесем результат в таблицу 1.5.

1) Размерная цепь №6



Известно:

$$D9=K8=66H6(^{+0,019}) \text{ мм}$$

Найти: $D5$, T_{D5}

Замыкающее звено: $Z9$

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$2z_{9max} = 2z_{9min} + \sqrt{T_{D9}^2 + T_{D5}^2}$$

Допуск на размер $D5$ примем по IT8:

$$T_{D5} = 0,046 \text{ мм}$$

$$Z_{9min} \text{ примем по ОСТ1.41512-86, } 2Z_{9min} = 0,4 \text{ мм}$$

$$2Z_{2max} = 0,4 + \sqrt{0,019^2 + 0,046^2} = 0,44 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$2z_{2cp} = \frac{2z_{2max} + 2z_{2min}}{2} = \frac{0,44 + 0,4}{2} = 0,42 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$D5 = D9_{cp} - 2z_{2cp} = 66 - 0,42 = 65,58 \text{ мм}$$

полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска

$$D5 = 65,6js8(\pm 0,023) \text{ мм}$$

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

28

Диаметральные операционные размеры и припуски

№	Значение операционного размера	Замыкающее звено – припуск			
		Zmin	Zmax	Zcp	Метод расчета припуска
1	$D1 = 72,3js12(\pm 0,15)$ мм	2,2	3,6	2,9	Вероятностный
2	$D2 = 64,9js12(\pm 0,15)$ мм	2,2	3,6	2,9	Вероятностный
3	$D3 = 73,8js12(\pm 0,15)$ мм	Получается за счет напуска			
4	$D4 = 79js12(\pm 0,175)$ мм	Получается за счет напуска			
5	$D5 = 65,6js8(\pm 0,023)$ мм	0,6	0,9	0,75	Вероятностный
6	$D6 = K9 = 71,5(\pm 0,15)$ мм	0,6	1	0,8	Вероятностный
7	$D7 = K6 = 73(\pm 0,15)$	0,6	1	0,8	Вероятностный
8	$D8 = K5 = 78(\pm 0,15)$	0,7	1,35	1	Вероятностный
9	$D9 = K8 = 66H6(^{+0,019})$	0,4	0,44	0,42	Вероятностный
10	$DH1=K11= 98\pm(0,15)$ мм				
11	$DH2 = 75,2js12(^{+0,9}_{-0,5})$ мм	-			
12	$DH3 = 62js12(^{+0,9}_{-0,5})$ мм	-			

1.8 Выбор технологического оснащения операций

1.8.1 Выбор оборудования

Выбор производственного оснащения для механической обработки детали требует комплексной оценки технико-экономических показателей. Основными критериями при подборе становятся:

- Конструктивные параметры изделия и технические условия производства, включая габариты заготовки, требуемые классы точности, показатели чистоты поверхностей и наличие специальных конструктивных элементов;
- Соответствие технологического оборудования производственным мощностям с учётом планового объёма выпуска, требуемой операционной производительности и гибкости перенастройки под различные задачи.

В качестве основного металлорежущего оборудования для Оп.010 и Оп.015 был выбран станок 16К20Ф3.



Рис.1.15 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ

Таблица 1.6

Технические токарного станка 16К20Ф3

Технические характеристики	Параметры
Диаметр обработки над станиной, мм	500
Диаметр обработки над суппортом, мм	200
Наибольшая длина обработки в центрах, мм	1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Наибольший поперечный ход суппорта, мм	210
Наибольший продольный ход суппорта, мм	905
Максимальная рекомендуемая скорость продольной рабочей подачи, мм	2000

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

30

Максимальная рекомендуемая скорость поперечной рабочей подачи, мм	1000
Количество управляемых координат, шт.	2
Количество одновременно управляемых координат, шт.	2
Дискретность задания перемещения, мм	0,001
Пределы частот вращения шпинделя, мин-1	20 – 2500
Количество позиций инструментальной головки	8
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	3700 × 2260 × 1650
Масса станка, кг	4000

Для Оп.020 выбираем двухшпиндельный ЧПУ станок с приводным инструментом ACCUWAY UT-300SM.



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

31

Рис.1.16 Станок токарный с ЧПУ с приводным инструментом

Таблица 1.7

Технические характеристики токарного станка с ЧПУ с приводным инструментом

Технические характеристики	Параметры
Макс. Диаметр точения, мм	420
Макс. Длина точения, мм	610
Макс. Диаметр прутка, мм	75
Мощность двигателя шпинделя, кВт	15/18,5
Обороты шпинделя, об/мин	до 3500
Погрешность позиционирования VDI-40 по осям X / Y / Z, мм	0,005
Количество позиций в револьверной головке, шт.	12 (VDI-40)
Обороты приводного инструмента, об/мин	до 4000
Габариты станка, мм	3000×1900×2000

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

32

Для Оп.030 был подобран внутришлифовальный станок Spitzen SIG-80



Рис.1.17 Станок внутришлифовальный Spitzen SIG-80

Таблица 1.8

Технические характеристики станка Spitzen SIG-80

Технические характеристики	Параметры
Диаметр внутреннего шлифования, мм	1,5-80
Диаметр зажимаемой заготовки, мм	2,5-200
Макс. Длина зажимаемой заготовки, мм	240
Мин. Подача по оси X, мм	0,001
Тип шлифования	Внутренне
Частота вращения шпинделя передней бабки, об/мин	0-550
Тип поперечной подачи	Ручная
Тип продольной подачи	Автоматическая
Метод подачи вперед-назад	Ручная
Метод подачи влево-вправо	Автоматическая

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

33

Частота вращения шлифовального шпинделя, об/мин	0-55000
Мощность шлифовального шпинделя, кВт	0,75
Габаритные размеры ДхШхВ, мм	1700х1100х1700
Вес, кг	1400

1.8.2 Подбор режущих и вспомогательных инструментов и расчет режимов резания

С учетом сформированного плана механической обработки, конструкторскими и технологическими особенностями детали и предъявляемой к ней точности и качества поверхностного слоя были подобраны режущие инструменты и назначены режимы резания при помощи специального инструмента подбора оснастки и режимов резания «Tool Guide» (см. рис.1.18).



Рис.1.18 Онлайн-калькулятор «Tool Guide»

После ввода параметров типа и параметров операции системы предлагает оптимальный перечень инструментов для обработки (рис. 1.19)

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

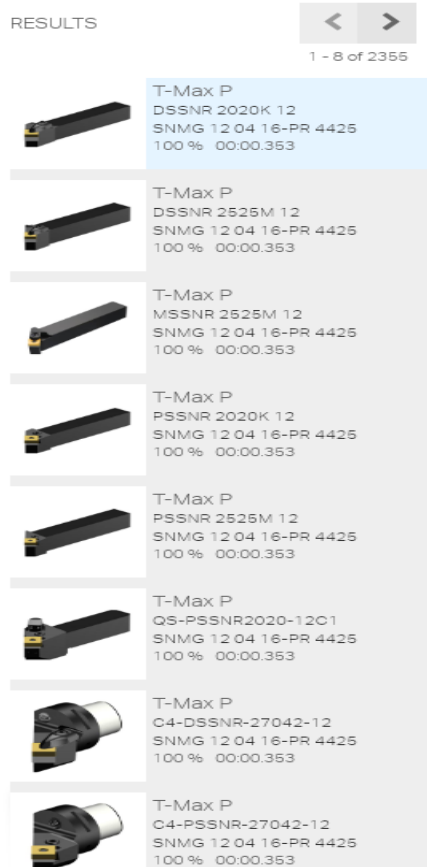


Рис. 1.19 Перечень рекомендуемых инструменты

Из этого перечня выбирается инструмент. Результаты представлены в таблице 1.9

Таблица 1.9

Операция	Переход	Вспомогательный инструмент	Режущий инструмент
010	Точить торец, выдерживая размер 3	Токарная державка DSBNR 2020K 12	Пластина: SNMG 12 04 16-PM 4425
	Точить выступ, выдерживая размеры 1 и 2	Токарная державка DSBNR 2020K 12	Пластина: SNMG 12 04 16-PM 4425
	Точить внутреннюю поверхность, выдерживая размер 4	Державка расточная A12S-SDQCR 3HP-R	Пластина: DCMT 11 T3 12-PR 4425
015	Точить торец, выдерживая размер 1	Токарная державка DSBNR 2020K 12	Пластина: SNMG 12 04 16-PR 4425
	Точить канавку, выдерживая размер 2	Державка расточная A25T-SSKCR 12	Пластина: SCMT 12 04 12-PR 4425

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

35

	Точить выступ, выдерживая размер 3 и 4	Токарная державка DSBNR 2020K 12	Пластина: CNMG 12 04 16-PR 4425
	Точить внешнюю цилиндрическую поверхность, выдерживая размер 5, 6 и 7	Токарная державка DSBNR 2020K 12	Пластина: CNMG 12 04 16-PR 4425
020 Уст. 1	Точить торец, выдерживая размер 1	Токарная державка DSSNR 2020 K12	Пластина: CNMG 12 04 08-PMC 4425
	Точить выступ, выдерживая размеры 2 и 3	Токарная державка DSSNR 2020 K12	Пластина: CNMG 12 04 08-PMC 4425
	Точить внутреннюю поверхность, выдерживая размер 4	Державка расточная A16R-SCLCR09	Пластина: CCMT 09 T3 08-PR 4425
	Сверлить отверстия, выдерживая размер 5	Приводной инструмент	Сверло: 860.1-0330-016A1-PM P1BM
	Нарезать резьбу, выдерживая размер 6	Приводной инструмент	Метчик: T300-XM102AA-M4 C150
20 Уст. 2	Точить торец и выступ, выдерживая размеры 7, 8, 9, 10	Токарная державка: DSSNR2020K12	Пластина: SNMG 12 04 16-PM 4425
	Точить канавку, выдерживая размеры 8 и 11	Державка расточная: PCHL2525M24	Пластина: C2I-K2N-0600-0004-CR1225

При подборе режущего инструмента «Tool Guide» рекомендует определенные значения режимов резания (рис. 1.20)

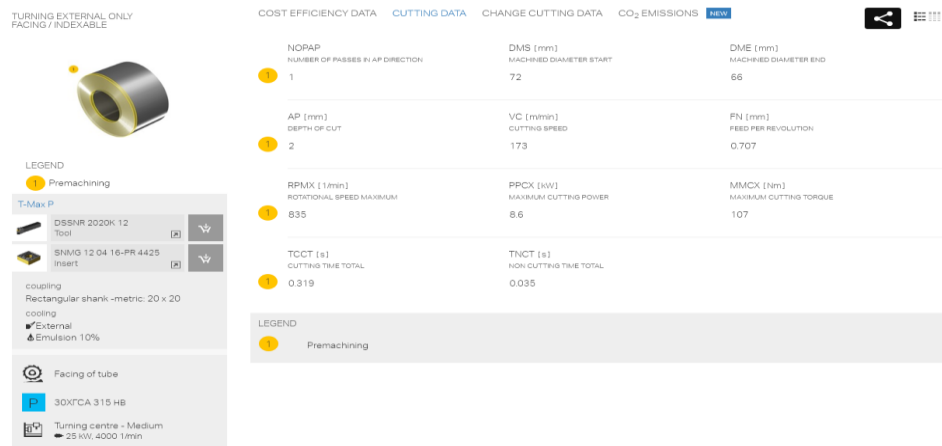


Рис. 1.20 Рекомендуемые значения режимов резания

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

36

Результаты представлены в следующей таблице 1.10.

Таблица 1.10

Операция	Переход	D или B, мм	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
010	Точить торец, выдерживая размер 3	49,6	1,4	0,7	650	125
	Точить выступ, выдерживая размеры 1 и 2	6	1,5	0,7	560	125
	Точить внутреннюю поверхность, выдерживая размер 4	63	2,2	0,338	765	150
015	Точить торец, выдерживая размер 1	34,7	2	0,7	835	170
	Точить канавку, выдерживая размер 2	3	2,2	0,373	885	200
	Точить выступ, выдерживая размер 3 и 4	6,1	3	0,5	755	173
	Точить внешнюю цилиндрическую поверхность, выдерживая размер 5, 6 и 7	31	4	0,4	730	136
020 Уст.1	Точить торец, выдерживая размер 1	72,1	0,3	0,283	1430	200
	Точить выступ, выдерживая размеры 2 и 3	6	0,3	0,2	1320	200
	Точить внутреннюю поверхность, выдерживая размер 4	65,85	0,325	0,186	1480	205
	Сверлить отверстия, выдерживая размер 5	3,3	4	0,128	16900	175
	Нарезать резьбу, выдерживая размер 6	4	4	0,7	5020	63
20 Уст.2	Точить торец и выступ, выдерживая размеры 7, 8, 9, 10	78	0,3	0,283	1290	200
	Точить канавку, выдерживая размеры 8 и 11	28	0,3	0,18	1500	120

1.8.3 Нормирование операций механической обработки

Расчёт норм времени на механическую обработку включает несколько этапов:

Определение нормы штучного времени (Тшт). В единичном, мелко-, средне- и крупносерийном производстве она рассчитывается по формуле: Тшт

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

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

37

$= T_0 + T_v + T_{обс} + T_{отд}$, где T_0 — основное время, мин; T_v — вспомогательное время, мин; $T_{обс}$ — время обслуживания рабочего места, мин; $T_{отд}$ — время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Расчёт основного времени (T_0). Для большинства операций механической обработки заготовок норма основного времени определяется по формулам в зависимости от принятых режимов обработки.

Определение вспомогательного времени (T_v). К этим действиям относятся установка и снятие изделия, пуск и выключение станка, подвод и отвод инструмента, перемещение стола или суппорта, промеры изделия, смена инструмента или его переустановка. Вспомогательное время определяется по нормативам с учётом типоразмера станка, приспособления, конструкции и массы обрабатываемой заготовки.

Расчёт подготовительно-заключительного времени ($T_{п.з}$). Включает в себя время на наладку станка, инструментов и приспособления, дополнительные приёмы, получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки.

Расчеты для детали «Втулка газоведа» были проведены в соответствии с значениями рассчитанными в онлайн-калькуляторе «Tool Guide» и межотраслевыми укрупненными нормативами времени, полученные данные были занесены в маршрутную карту.

2. ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Автоматизированное проектирование технологического процесса в САПР-системе «Вертикаль»

2.1.1 Технологический процесс изготовления детали

Для создания технологического процесса изготовления детали «Втулка газоведа» в системе автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) «Вертикаль» необходимо сформировать соответствующий комплект документов. Модель рассматриваемой детали приведена на рисунке 2.1.

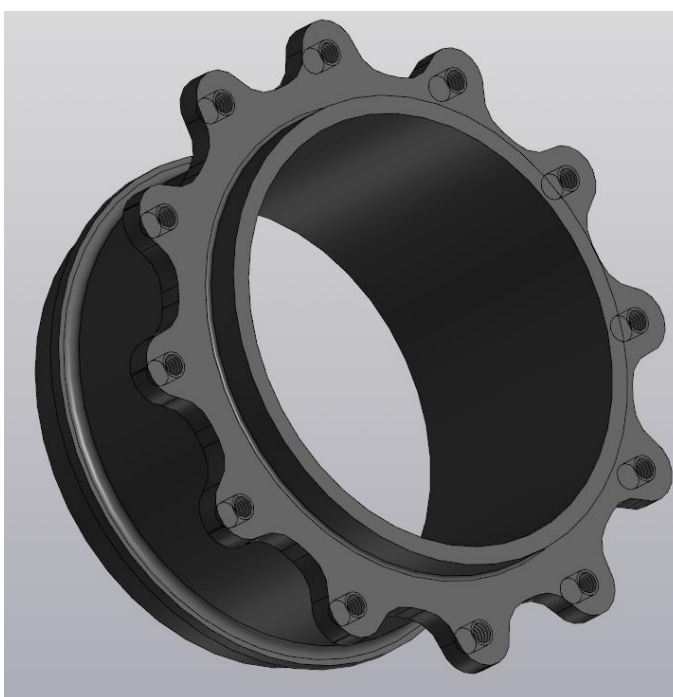


Рис 2.1 3D-модель детали «Втулка газоведа»

Процесс разработки ТП в САПР ТП «Вертикаль» включает следующие этапы:

1. Запуск программного обеспечения.
2. Создание нового технологического процесса

Для начала работы следует воспользоваться пунктом меню «Файл/Создать/Техпроцесс на изделие» (см. рисунок 2.2).

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

39

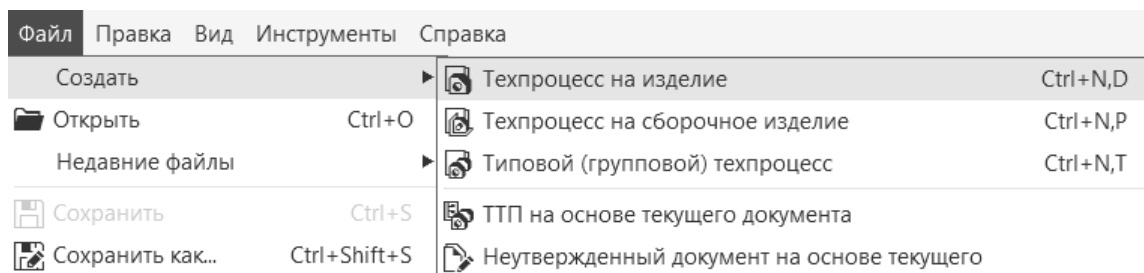


Рис 2.2 Создание ТП на изделие

3. Ввод начальных сведений о ТП.

В появившемся окне вводится обозначение и наименование процесса (рис. 2.3).

Рис 2.3 Ввод данных о ТП

4. Импорт конструкторской информации о детали:

Для внесения информации о детали можно использовать один из трёх доступных методов:

2) Через 3D-модель.

Необходимо загрузить заранее подготовленную модель, созданную в КОМПАС-3D, воспользовавшись вкладкой «3D-модель» в правом верхнем углу интерфейса (рис. 2.4). Затем нажать кнопку «Получить данные из документа» (рис. 2.5), после чего данные автоматически перенесутся в ТП.

2) Через чертеж.

Загрузка информации осуществляется через вкладку «Чертеж» в правом нижнем углу (рис. 2.6), аналогично работе с 3D-моделью.

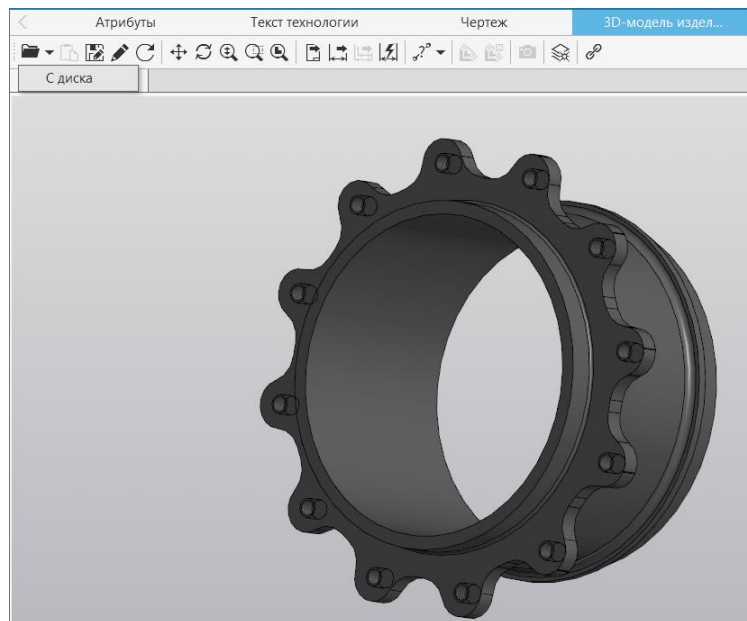


Рис 2.4 Загрузка 3D-модели детали с диска

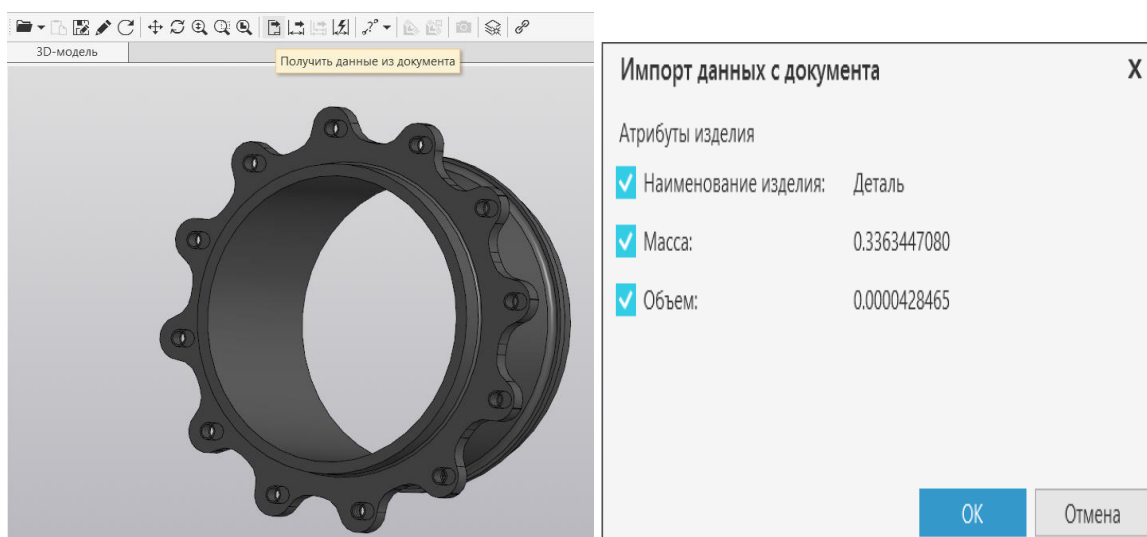
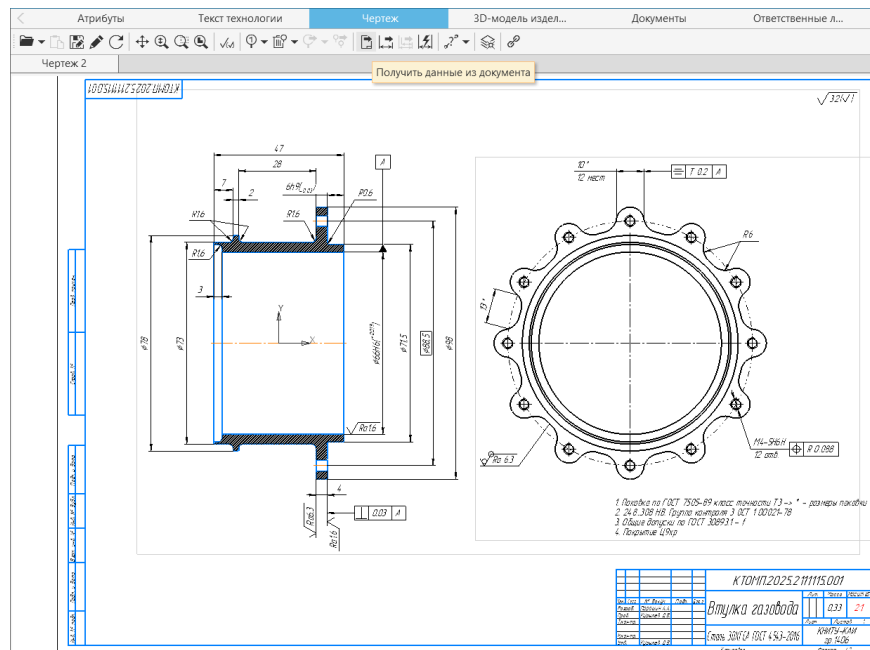


Рис 2.5 Импорт конструкторских данных детали с 3D-модели

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000



Импорт данных с документа X

Атрибуты изделия

- Наименование изделия: Втулка газопровода
- Обозначение изделия: КТОМП.2025.211115.001
- Масса: 0.329746
- Основной материал: Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016

Рис 2.6 Импорт конструкторских данных детали с чертежа

2) Ручной ввод во вкладке атрибуты. Вкладка «Атрибуты» позволяет вручную внести необходимые сведения о детали (рис. 2.7).

Информация об изделии

Длина: 47 мм

Диаметр/Высота: 98 мм

Ширина: 0 мм

Объем: 0,0000428465 м³

Масса: 0,336344708 кг

Рецептура

Материал и сортament

Идентификатор внешнего клас...: <location producer="1EB9C616-BC33-4B47-A045-A171F86CDD07" ver="2" cls="ElementData" id="a0aec22f-052f-4fdd-a19d-c95e78c

Внешний идентификатор мате...: <location producer="1EB9C616-BC33-4B47-A045-A171F86CDD07" ver="2" cls="ElementData" id="a0aec22f-052f-4fdd-a19d-c95e78c

Основной материал: Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016

Идентификатор кода группы м...:

Код группы материалов: 01.03.10

Материал: Сталь 30ХГСА

ГОСТ на материал: ГОСТ 4543-2016

Сортament:

ГОСТ на сортament:

Основной размер:

ГОСТ на ТУ:

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

КТОМП.2025.211115.000

Лист

42

Рис 2.7 Вкладка «Атрибуты»

5. Добавление технологических операций

Чтобы добавить первую операцию, нужно нажать правой кнопкой мыши на название изделия в дереве ТП и выбрать команду «Добавить операцию» (рис. 2.8).

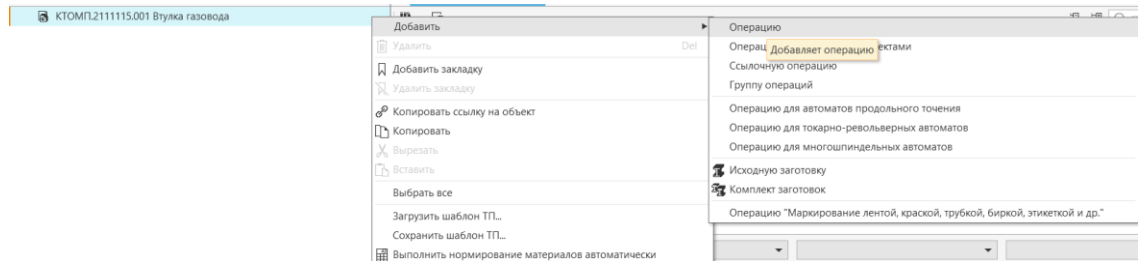


Рис 2.8 Добавление операции в ТП

После этого откроется универсальный справочник технологических операций (рис. 2.9), где можно выбрать нужный тип работы. Все последующие операции добавляются аналогичным способом. Пример сформированного маршрута показан на рисунке 2.10.

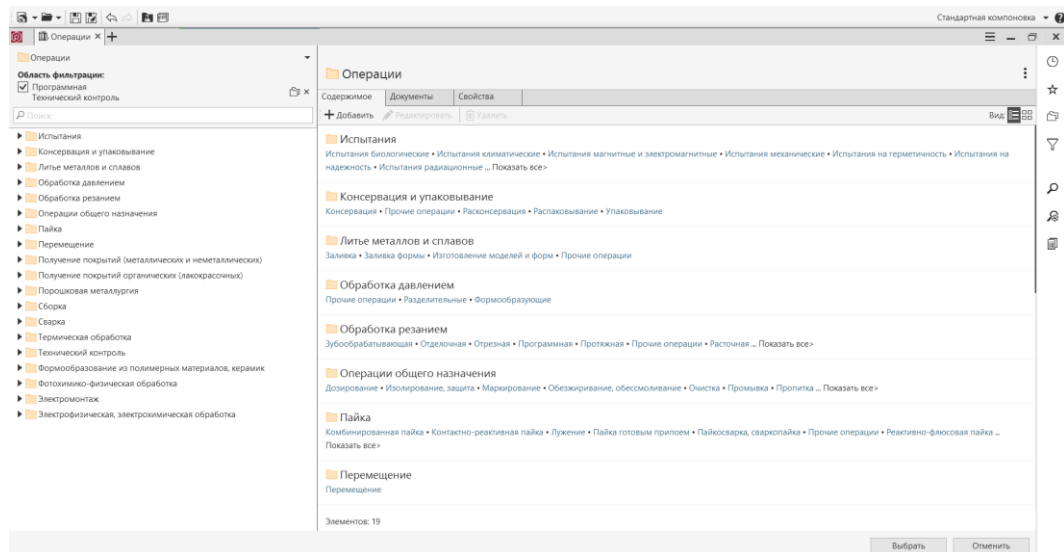


Рис 2.9 Универсальный технологический справочник

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

43

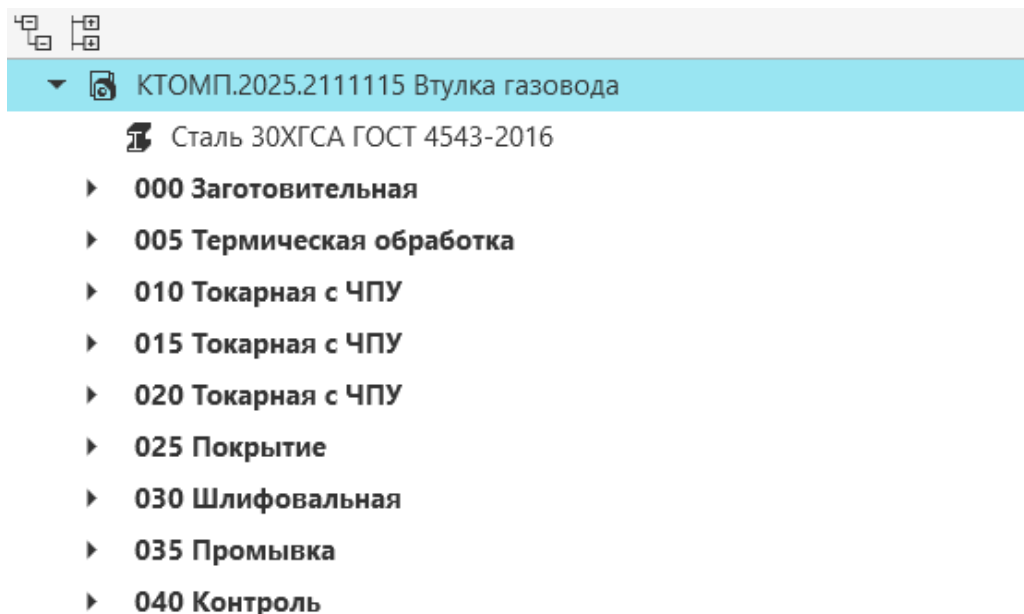


Рис 2.10 Маршрут ТП изготовления детали «Втулка газоведа»

6. Внесение основного перехода.

Для каждой операции необходимо задать основной переход, для этого следует кликнуть на операцию правой кнопкой мыши, в контекстном меню выбрать «Добавить/Основной переход» (Рис 2.11)

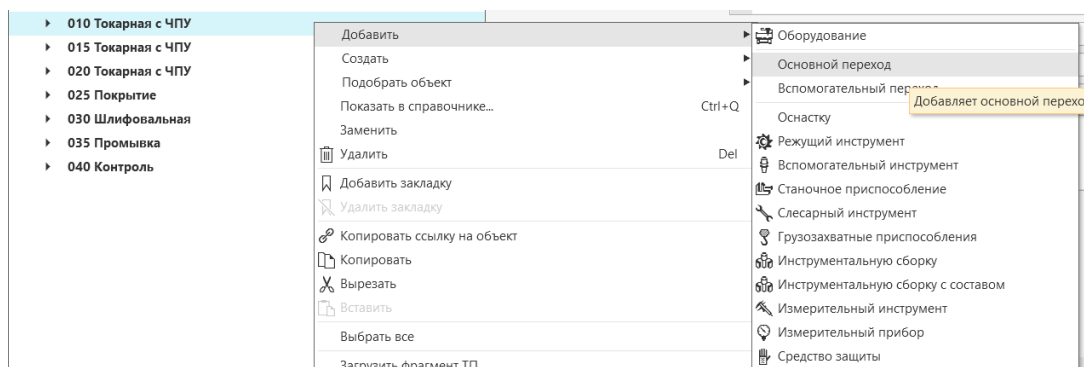


Рис 2.11 Добавление основного перехода в операцию

В открывшемся окне выбрать нужную операцию (Рис 2.12)

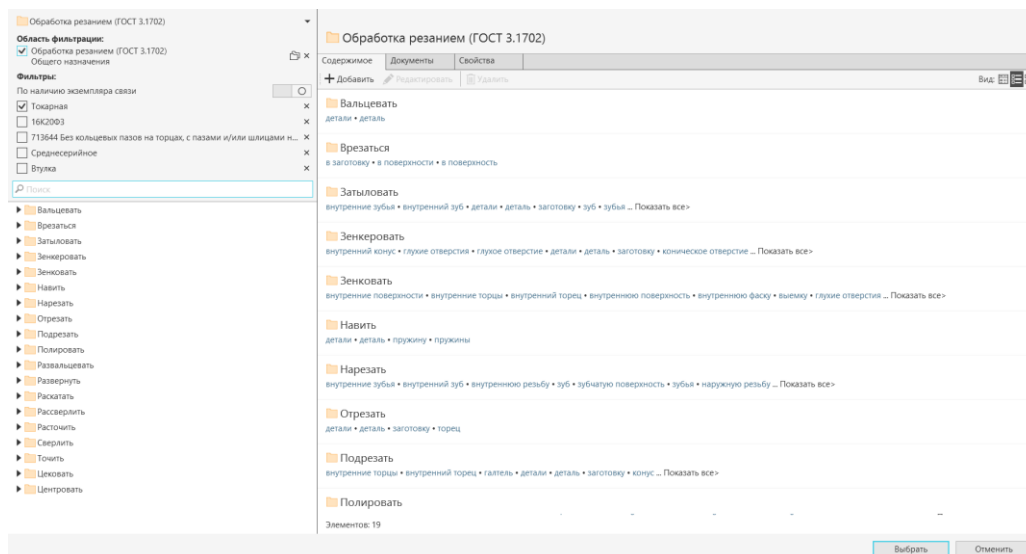


Рис 2.12 Перечень основных переходов в технологическом справочнике

7. Добавление вспомогательных элементов.

Аналогично предыдущему пункту через контекстное меню, для каждой операции добавляются вспомогательные переходы, оборудование и другие необходимые характеристики, такие как информация о применяемой СОЖ, СИЗ. Таким образом, каждая операция заполняется основными и вспомогательными переходами, станками, технологическим оснащением. На рис 2.12 представлен пример заполнения операции «Токарная с ЧПУ»



Рис 2.12 Операция «Токарная с ЧПУ»

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

КТОМП.2025.2111115.000

10. Формирование карт технологических документов

Комплект технологической документации формируется автоматически, после нажатия кнопки «Сформировать комплект карт» на главной панели программы. (Рис 2.15)

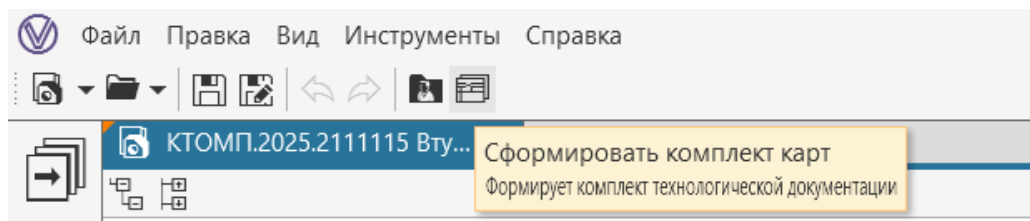


Рис 2.15

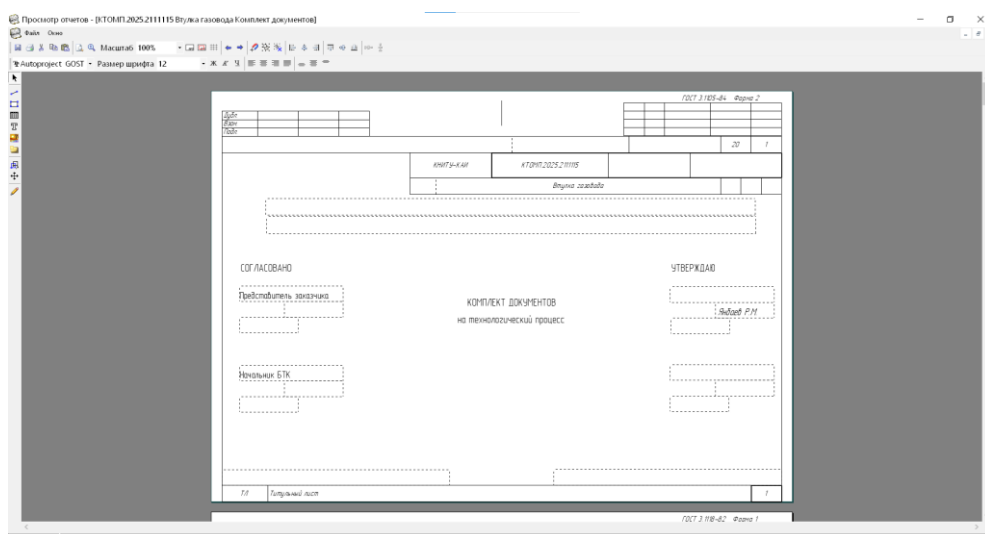
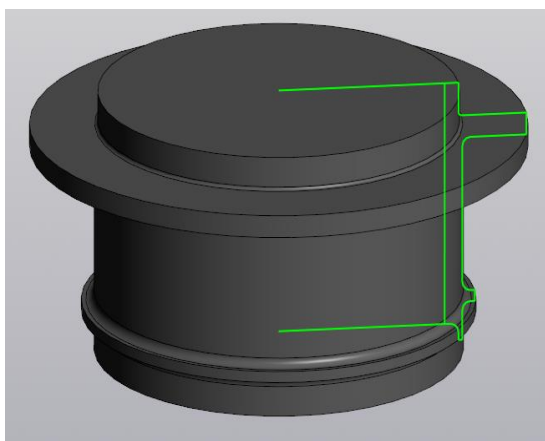


Рис 2.16 Сформированный комплект технологических карт

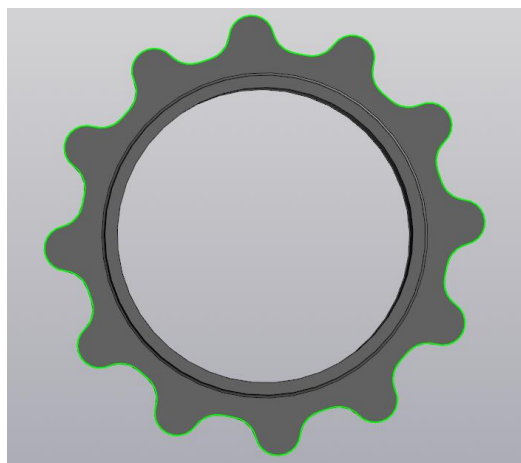
2.2 Автоматизированное программирование обработки детали «Втулка газоведа» на токарном станке с системой ЧПУ

2.2.1 Разработка 3D-модели в модуле CAD.

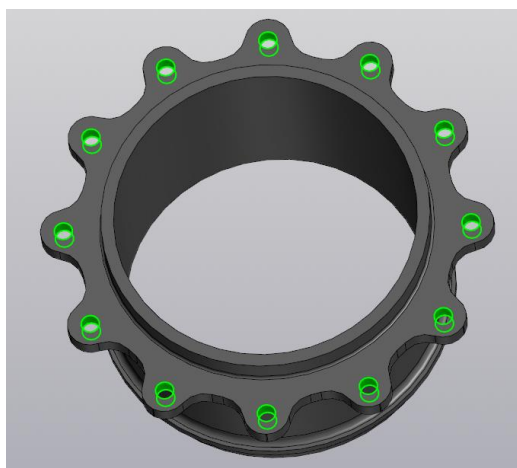
1) Задаем основной контур детали



2) Задаем внешний контур детали



2) Создаем 12 отверстий по контуру.



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

48

Деталь была создана в Компас 23, перенесём её в Siemens NX при помощи формата файла IGS.

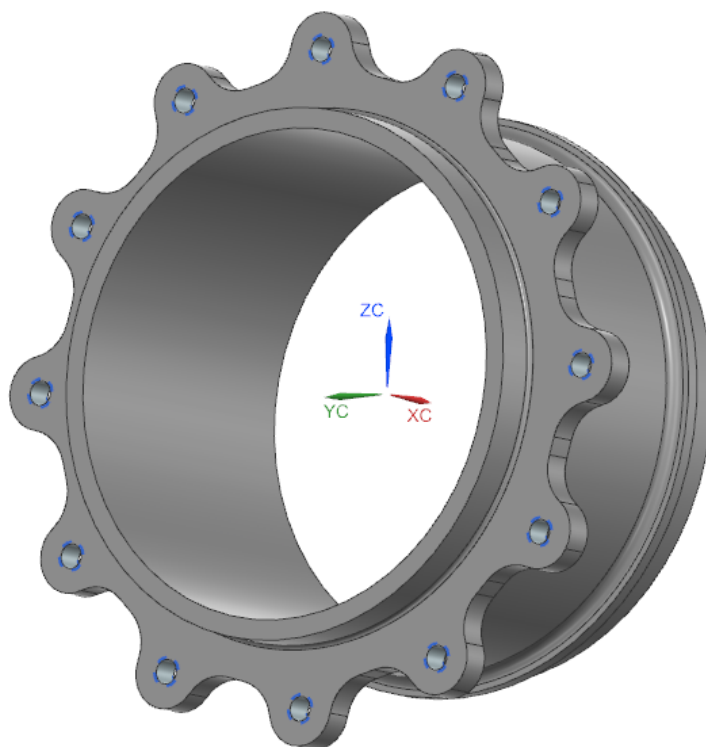


Рис.2.17 Деталь в Siemens NX

Создадим заготовку, придав вид как в начале операции 020 установ.1

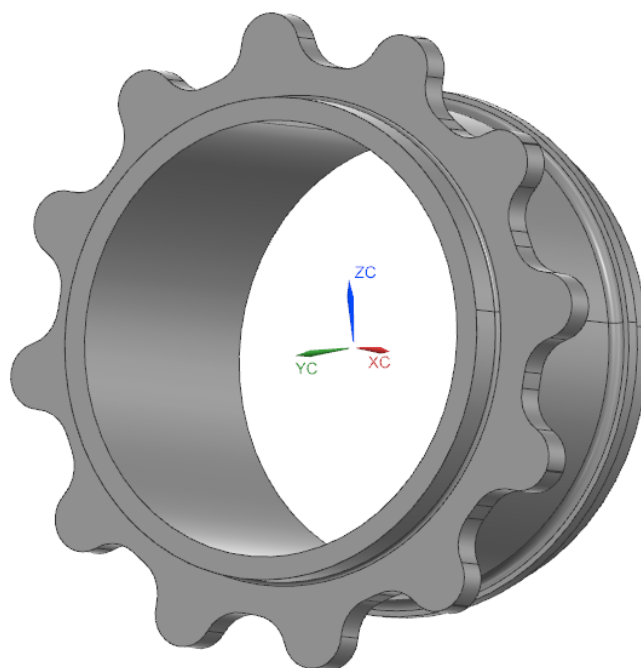


Рис.2.18 Заготовка в Siemens NX

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2025.2111115.000

2.2.2 Создание и редактирование объектов родительских групп.

После создания 3d модели детали, а также заготовки, в программе Siemens NX создаётся сборка, в которой деталь и заготовка.

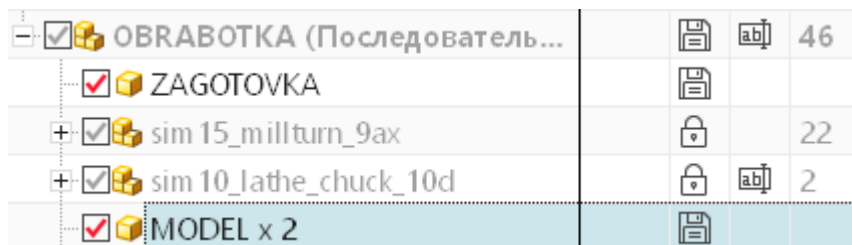


Рис 2.18 Навигатор сборки.

И запускается модуль обработки с ссылкой на данную сборку. Также перед созданием операций обработки, необходимо создать режущий инструмент, положение системы координат детали, геометрию детали и заготовки.

Для создания режущих инструментов нажимаем команду «создание инструмента», далее выбираем тип инструмента и задаем его имя. Далее во вкладке «Инструмент» вводим параметры режущей пластины, а в вкладке «Держатель» - параметры резца.

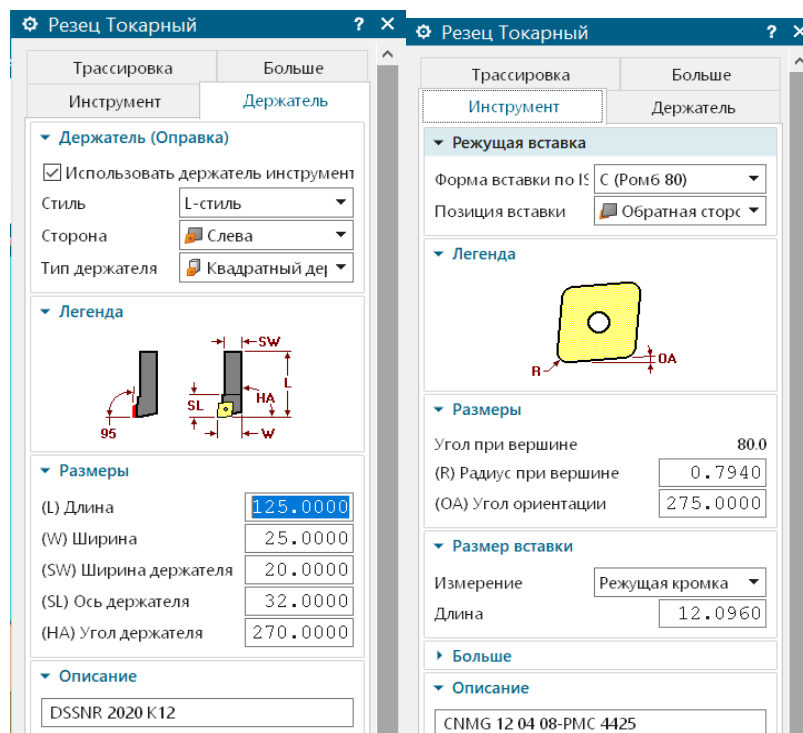


Рис 2.19 Создание режущего инструмента «CNMG 12 04 08-PMС 4425».

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

50

Далее создаем аналогично все остальные инструменты согласно таблице 3, используемые в обработке.

+ MAIN_SPINDLE_MOUNT	n/a	- POCKET_03	2
+ COUNTER_SPINDLE_MOUNT	n/a	- AXIAL_MILL_TOOLHO...	2
- LOWER_SPINDLE	2	- AXIAL HOLDER1	2
- POCKET_01	2	- AXIAL HOLDER2	2
- DUO_TURN_TOOL_H...	2	- DRILL	2
- POCKET_1_2	2	- DRILLING	2
- OD_80_R	2	- POCKET_04	2
- FACING	2	- AXIAL_MILL_TOOLHO...	2
- FINISH_TU...	2	- AXIAL HOLDER1_1	2
- POCKET_2_1	2	- AXIAL HOLDER2_1	2
- OD_80_R_COPY	2	- TAP	2
- FACE_TURN	2	- TAPPING	2
- FINISH_TU...	2	- POCKET_05	2
- FINISH_TU...	2	- SINGLE_TURN_TOOL_...	2
- POCKET_02	2	- POCKET_1	2
- TURN HOLDER_ID_B...	2	- OD_GROOVE_L	2
- POCKET_1_1	2	- GROOVE	2
- ID_80_L	2	- POCKET_06	2
- FINISH_TU...	2	- POCKET_07	2
- POCKET_2	2	- POCKET_08	2
- POCKET_03	2	- POCKET_09	2
- AXIAL_MILL_TOOLHO...	2	- POCKET_10	2
- AXIAL HOLDER1	2	- POCKET_11	2
- AXIAL HOLDER2	2	- POCKET_12	2
- DRILL	2		
- DRILLING	2		
- POCKET_04	2		
- AXIAL_MILL_TOOLHO...	2		

Рис 2.20 Список созданных инструментов.

Далее, редактируя объект G54, задаем правильное положение системы координат детали.

В объекте PART_MAIN задаем геометрию детали, а в объекте TURNING_MAIN – параметры границы заготовки

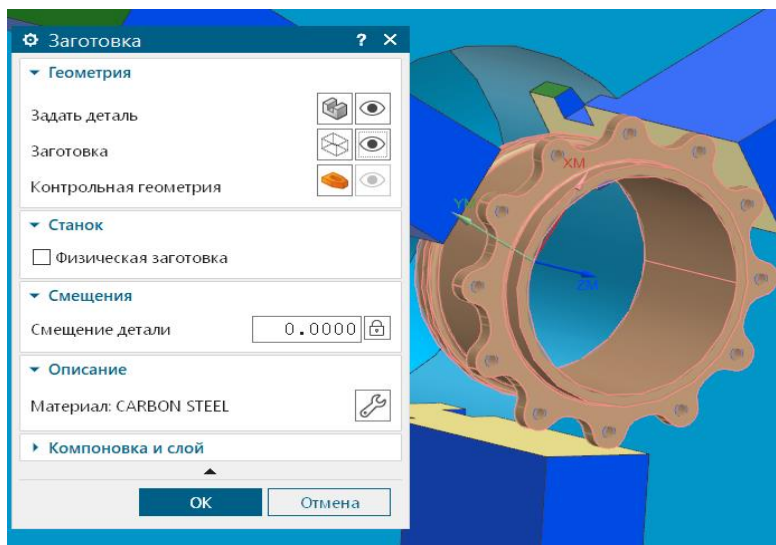


Рис 2.21 Геометрия детали и заготовки.

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

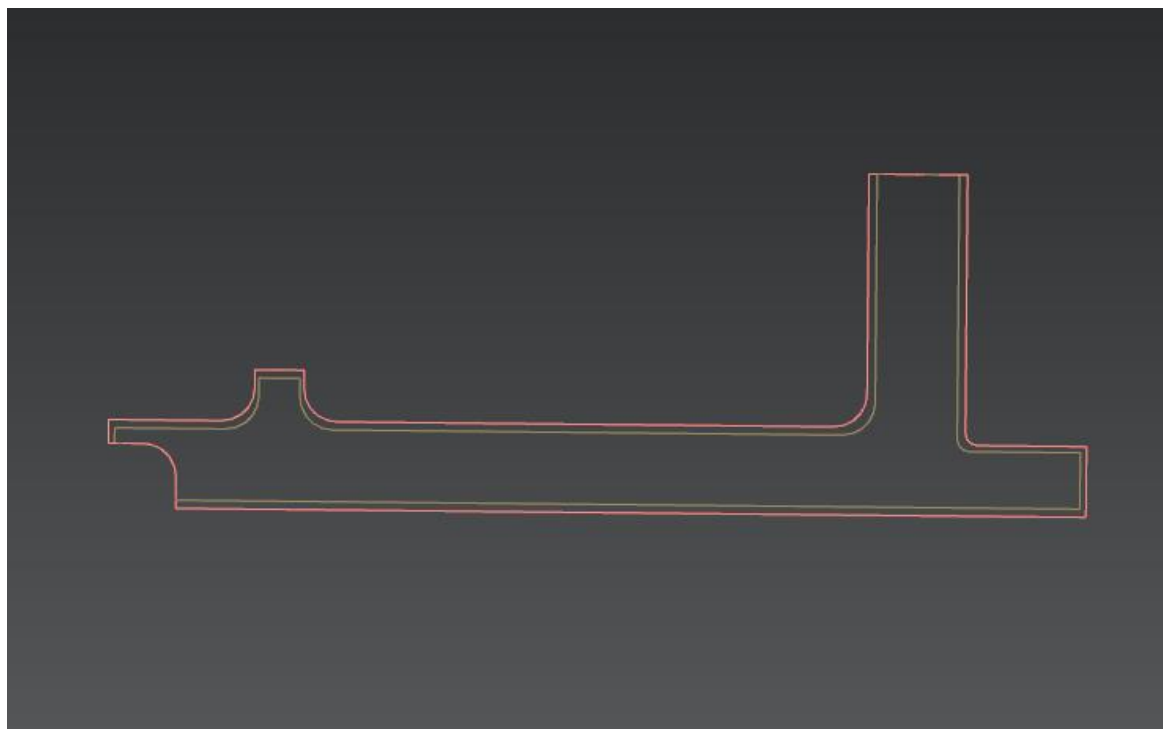


Рис 2.22 Границы заготовки.

2.2.3 Создание операций механической обработки.

Разрабатываемая программа для операции 020 содержит следующие технологические переходы:

- подрезка торца.
- точение выступа.
- расточка внутренней поверхности.
- сверление отверстий
- нарезание резьбы

Для каждого технологического перехода создадим соответствующую операцию.

Для создания операции нажимаем на кнопку «создание операции», далее выбираем тип «turning» подтип «черновая внутренняя расточка» в качестве родительских объектов выбираем соответствующие инструменты и геометрию. Задаем имя операции «20» Далее в параметрах операции ограничиваем регион обработки осевой плоскостью. В «параметрах резания» указываем припуск в

разделе «скорости и подачи» указываем режимы резания, после чего генерируем траекторию.

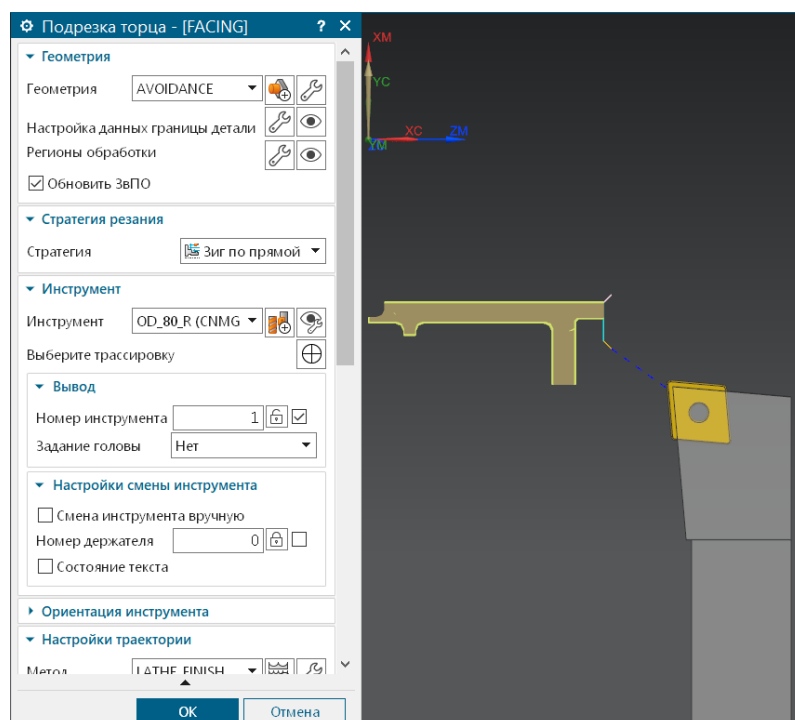


Рис. 2.23 Создание операции 20 уст.1 пер.1 – Чистовая подрезка торца, траектория инструмента и область обработки.

Таким же образом создаем остальные операции для всех видов переходов, траектории движения будут:

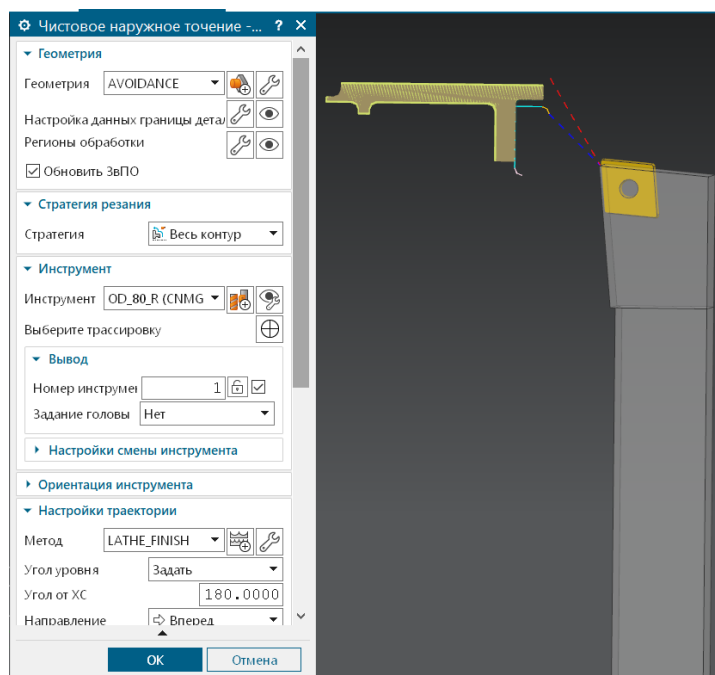


Рис. 2.24 Операции 20 уст.1 пер.2 – Чистовая подрезка выступа, траектория инструмента и область обработки.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

53

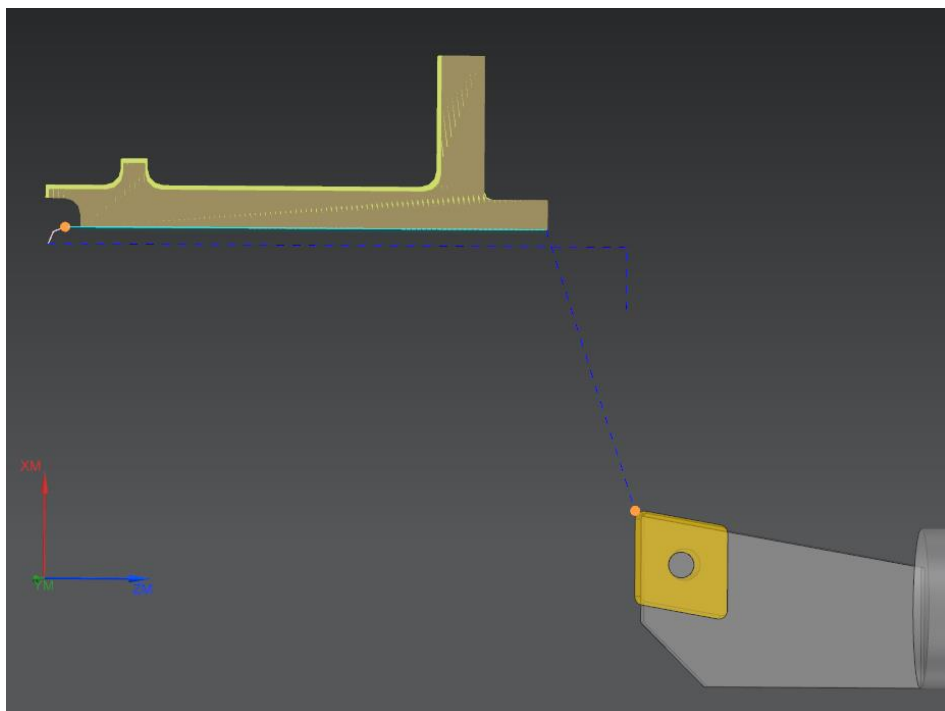


Рис. 2.25 Операции 20 уст.1 пер.3- Расточка внутренней цилиндрической поверхности.

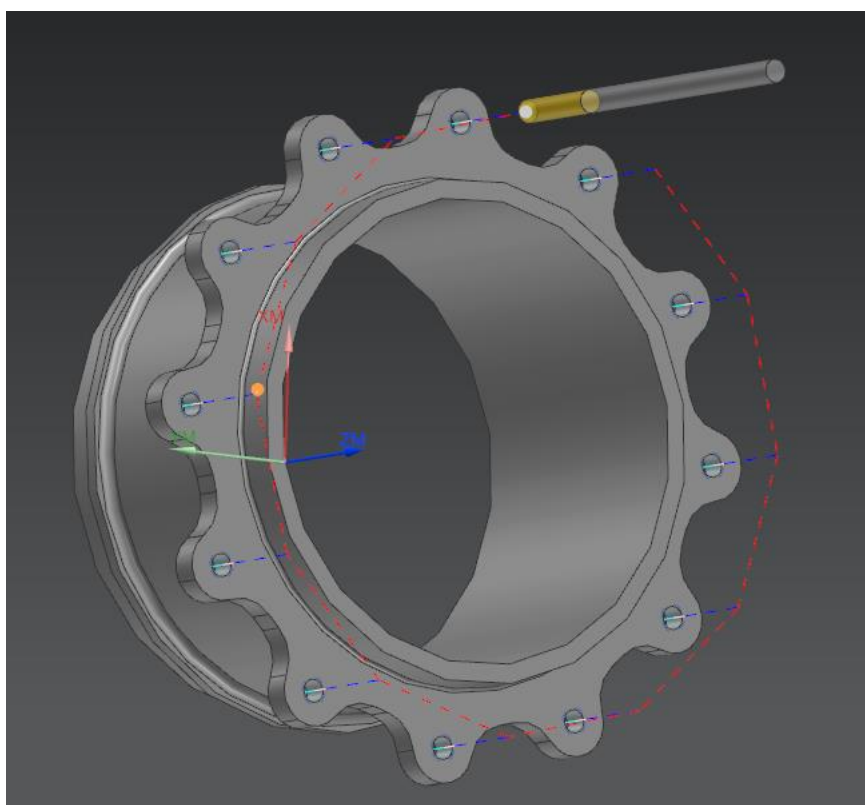


Рис. 2.26 Операция 20 уст.1 пер.4 – Сверление отверстий, траектория инструмента и область обработки.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

54

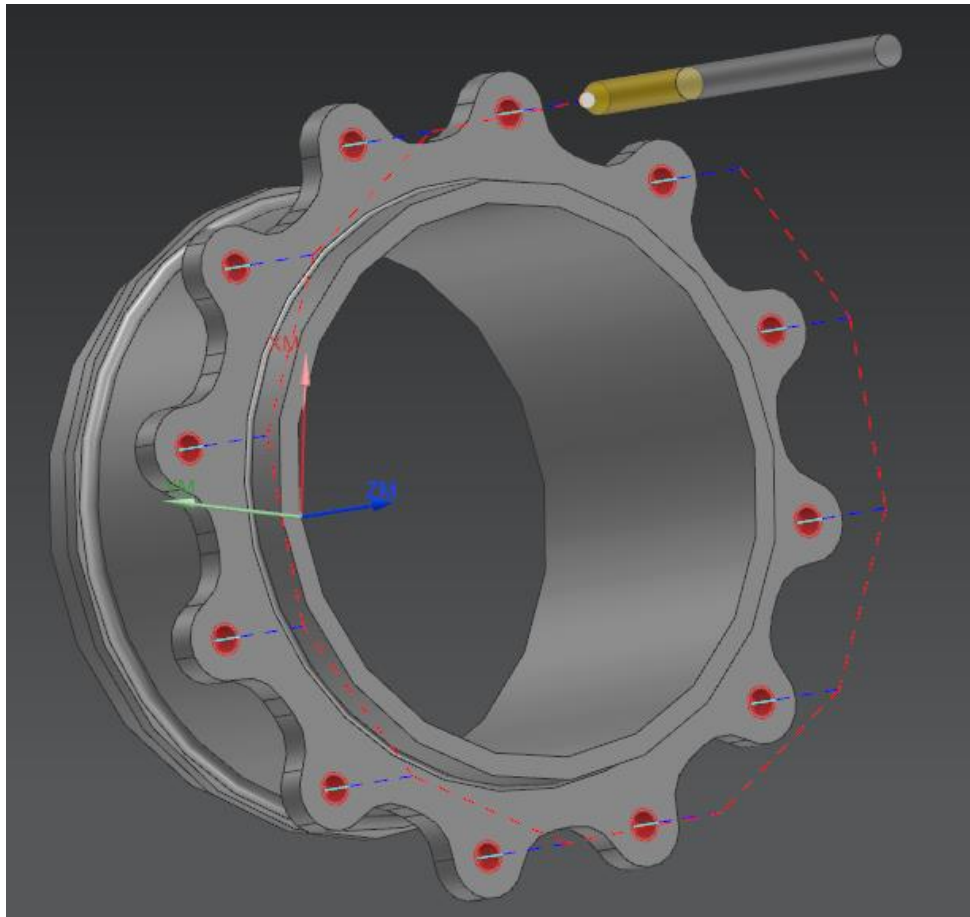


Рис. 2.27 Операции 20 уст.1 пер.5- Нарезание резьбы, траектория инструмента и область обработки.

Аналогично задаем геометрию заготовки и детали для противошпинделя в PART_SUB и TURNING_WORKPIECE-SUB, создаем операции второго установка.

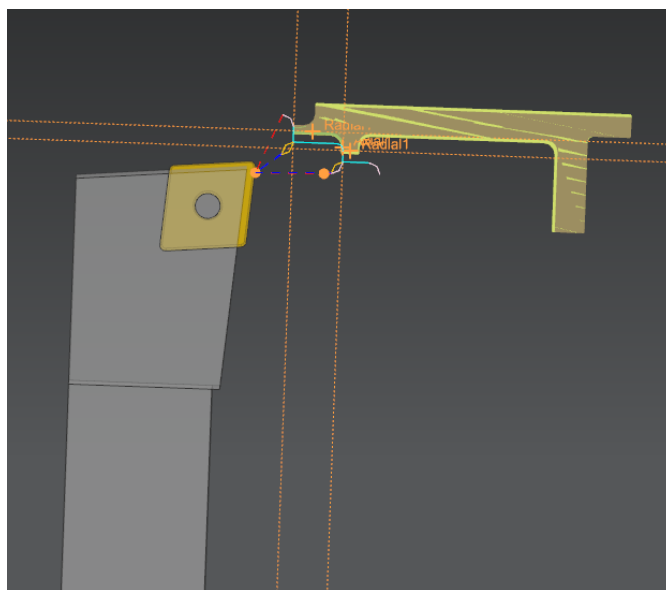


Рис. 2.28 Операции 20 уст.2 пер.1,2,3- Обточка торца, выступа и буртика

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2025.211115.000

Лист

55

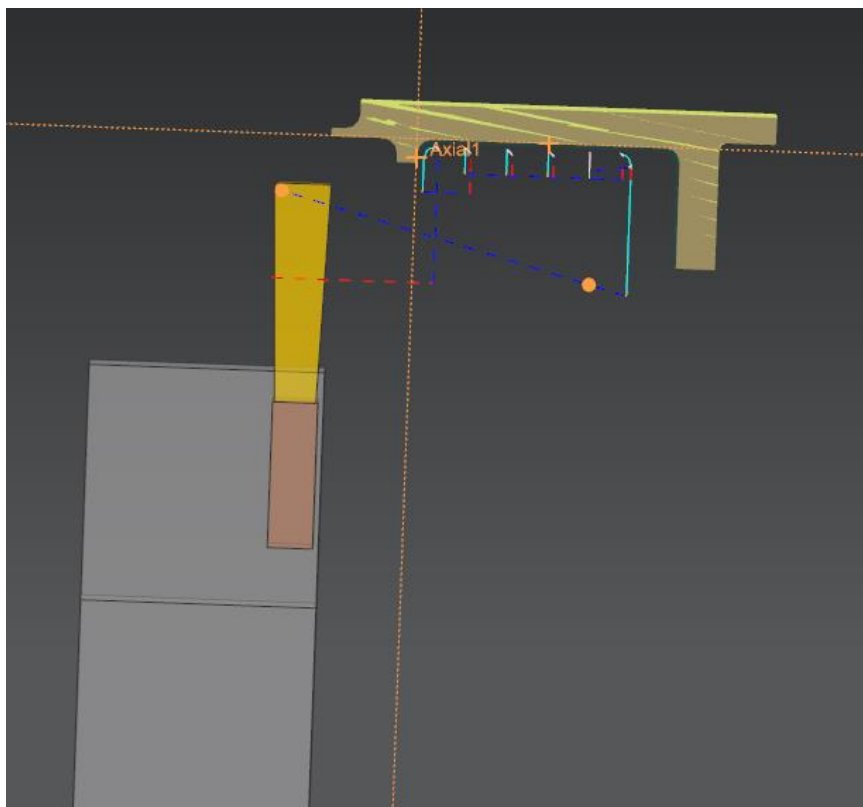


Рис. 2.29 Операции 20 уст.2 пер.4- Обточка канавки

2.2.4 Формирование управляющей программы

Для получения УП выбираем все операции и нажимаем на кнопку «Постпроцессировать». В открывшемся окне задаём постпроцессор станка системой Sinumerik. В результате получаем следующую управляющую программу:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2025.2111115.000

Лист

56

```

N860 ;Operation : TAPPING
N870 GETD(C4)
N880 T4 M6
N890 G54
N900 TRANS X0. Z0.
N910 SUPA G0 X315. D0
N920 SUPA Z486.
N930 G17 X-44.25 Z57.6 C4=179.995 S2=5020 D4 M2=3
N940 G95 F.7
N950 MCALL CYCLE84(57.6,41.3,3,32.8,,0,3,, -0.7,,5020,5020,,1,,0)
N960 X44.25 F3514.
N970 F.7
N980 X44.245 C4=210. F3514.
N990 F.7
N1000 X44.25 C4=240.003 F3514.
N1010 F.7
N1020 X44.25 C4=269.999 F3514.
N1030 F.7
N1040 X44.245 C4=300. F3514.
N1050 F.7
N1060 X44.25 C4=330.017 F3514.
N1070 F.7
N1080 X44.25 C4=360.005 F3514.
N1090 F.7
N1100 X44.245 C4=390. F3514.
N1110 F.7
N1120 X44.25 C4=419.997 F3514.
N1130 F.7
N1140 X44.25 C4=450.001 F3514.
N1150 F.7
N1160 X44.25 C4=479.999 F3514.
N1170 F.7
N1180 X44.25 C4=509.983 F3514.
N1190 MCALL
N1200 TRANS
N1210 SUPA G0 X315. D0
N1220 SUPA Z486.

```

Рис.23 Фрагмент управляющей программы

					КТОМП.2025.2111115.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		57

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы была разработана технология изготовления детали «Втулка газовода» с созданием управляющей программы для станка с числовым программным управлением. Проанализирована конструкция изделия и выполнена оценка её технологичности, было подобрано технологическое оборудование.

На основе этого был разработан технологический процесс изготовления детали «Втулка газовода».

С использованием современных САМ-средств (Siemens NX) создана управляющая программа, обеспечивающая точное выполнение переходов с соблюдением требований по точности и шероховатости поверхностей. Также выполнена автоматизированная разработка технологической документации в системе САПР ТП «Вертикаль».

Предложенные технические и организационные решения позволяют сократить трудоёмкость обработки, повысить стабильность качества выпускаемой продукции и обеспечить её соответствие современным требованиям машиностроительного производства. Разработанный технологический процесс может быть внедрён в условиях серийного выпуска и использован для изготовления деталей аналогичного типа.

CONCLUSION

As part of the final qualifying work, a manufacturing technology for the “Blast-tube liner” part was developed with the creation of a control program for a numerically controlled machine. The design of the product was analyzed and its manufacturability was assessed, technological equipment was selected.

Based on this, the technological process of manufacturing the “Blast-tube liner” part was developed. Using modern CAM tools (Siemens NX), a control program has been created that ensures the precise execution of transitions in compliance with the requirements for accuracy and surface roughness. Automated development of technological documentation in the Vertical CAD system was also performed.

The proposed technical and organizational solutions make it possible to reduce the complexity of processing, increase the stability of the quality of products and ensure their compliance with modern requirements of machine-building production. The developed technological process can be implemented in a mass production environment and used to manufacture parts of a similar type.

					КТМП.2025.211115.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		59

Список использованных источников и литературы

1. ГОСТ 2.109-73 «Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам». //URL: <https://meganorm.ru/>.
2. ГОСТ 30893.1-2002 (ИСО 2768-1-89) «Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками». //URL: <https://meganorm.ru/>.
3. ГОСТ 25346-2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки». //URL: <https://meganorm.ru/>.
4. ГОСТ 2590-2006 «Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сор-тамент».
5. ОСТ 1.41512 – 86 «Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные» (введен в действие с 01.07.1988).
6. Классификатор ЕСКД // URL: <https://classinform.ru/ok-eskd/kod> [интернет ресурс]
7. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные. Штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски». // URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/19494/>
8. Бурчаков Ш.А. Технологические размерные цепи: учебное пособие, Казань 2003.
9. Ковка и штамповка / Е.И. Семенов, А.О. Ганаго, Л.И. Живов и др. – М.: «Машиностроение», 1985 – Т.1. – 194 с., с. 253-265, 296-297
10. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения: учебник, М., «Машиностроение», 2013.
11. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб.для втузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов и др.; Под ред. Н.М. Капустина. – М.:Высш. Шк., 2004, - 415 с.

12. Обработка металлов резанием. Справочник технолога», под ред. Г.А. Мо-нахова, М.: «Машиностроение», 1972 г.
13. Толпегин Б.Д. Решение размерных цепей с нулевыми звеньями. Труды КАИ, вып. 176. 1974 (Казанский авиационный институт).
14. Толпегин Б.Д. Расчет припусков и размеров переходов для механической обработки деталей: Учебное пособие. Казанский авиационный институт. Казань. 1982.
15. «Автоматизация производственных процессов в машиностроении»: /учебно – методическое пособие по курсовому проектированию / Е.И. Егорова, Печенкин М.В. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2022. – 102 с.
16. Онлайн-калькулятор «Tool Guide»: <https://www.sandvik.coromant.com/>
17. 16К20Ф3 токарный станок с ЧПУ, описание, схемы, характеристики: // URL: <https://www.axissteel.ru/stanok-16k20f3/>
18. ACCUWAY ST-300SM токарный станок с ЧПУ, описание, схемы, характеристики: //URL: <https://protechnolog.ru/oborudovanie/metallorazhuwee/to-karnoe-oborudovanie/accuway-ut/accuway-ut-300sm/?ysclid=mbc3dtutkk553968698>
19. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие. Компьютерная версия. — 2-е изд., перер. /И.М. Морозов, И.И. Гузеев, С.А. Фадюшин. — Челябинск: Изд. ЮурГУ, 2005. — 65 с.
20. Методика оформления технологической документации в САПР «ВЕРТИКАЛЬ» : учебно методическое пособие / Ю. С. Андреев, А. А. Ведяков, А. А. Жесткова [и др.]. — Санкт Петербург : НИУ ИТМО, 2020. — 78 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/190816>

ПРИЛОЖЕНИЕ

					КТМП.2025.211115.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		62