

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Автоматизация технологических процессов

Электронное учебное пособие

САМАРА

2011

УДК 621.4

ББК 39.55

Авторы: **Проничев Николай Дмитриевич,**
Смелов Виталий Геннадьевич,
Балякин Андрей Владимирович,
Вдовин Роман Александрович,
Кокарева Виктория Валерьевна

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Д. Л. Скуратов

Компьютерная верстка А. И. Глушков

Доверстка А. И. Глушков

Проничев Н.Д. Автоматизация технологических процессов
[Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. Д. Проничев, В. Г. Смелов, А. В. Балякин, Р. А. Вдовин, В. В. Кокарева; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (7,5 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Электронное учебное пособие предназначено для студентов факультета «Двигатели летательных аппаратов», обучающихся по специальности 160301.65 – «Авиационные двигатели и энергетические установки» (ГОС-2), в рамках дисциплины «Инновационные технологии производства авиационных двигателей и энергетических установок» в 9 и А семестре, для бакалавров 151900.62 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (ФГОС – 3) изучающих дисциплины «Разработка оптимальных технологических процессов с использованием CAE/CAD/CAM/PDM – систем» и «Разработка технологических процессов механической обработки и их реализация на виртуальных станках» в 8 семестре, для специалистов 160700.65 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (Контрактная подготовка специалистов для ОАО "Кузнецов") (ФГОС – 3) изучающих дисциплину «Инновационные технологии производства авиационных двигателей и энергетических установок» в 9 и А семестре.

© Самарский государственный

аэрокосмический университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ	7
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА	8
3. ВЫБОР ФОРМЫ ЗАГОТОВКИ И СПОСОБА ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ	9
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	11
5. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ОПЕРАЦИЮ	13
6. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ	14
7. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОФОРМЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ	14
8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И НОРМ ВРЕМЕНИ	15
9. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ЭСКИЗОВ ГРАФИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ НА РЯД ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .	16
10 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ В UG	17
10.1 ОПИСАНИЕ СТАНКА	17
10.2 НУЛЕВЫЕ ТОЧКИ И ТОЧКИ НАЧАЛА ОТСЧЕТА	18
10.3 ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ – ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ	24
10.4 ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ В СРЕДЕ UG NX	33
10.4.1 СОЗДАНИЕ ФАЙЛА	34
10.4.2 СОЗДАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛИ И ЗАГОТОВКИ ...	35
10.4.4 ЗАДАНИЕ ЗОН КОНТРОЛЯ СТОЛКНОВЕНИЯ	41
10.4.5 СОЗДАНИЕ ИНСТРУМЕНТА	44
10.4.6 СОЗДАНИЕ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ «ПОДРЕЗКА ТОРЦА»	48
10.4.7 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ЦЕНТРОВОЧНАЯ»	52
10.4.8 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «СВЕРЛИЛЬНАЯ»	54
10.4.9 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ТОКАРНАЯ ЧЕРНОВАЯ» ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ	55
10.4.10 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ТОКАРНАЯ ЧИСТОВАЯ» ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ	58

10.4.11 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ПРОРЕЗКА КАНАВКИ» НА НАРУЖНОМ ДИАМЕТРЕ ДЕТАЛИ.....	64
10.4.12 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ТОКАРНАЯ ЧЕРНОВАЯ» ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ	69
10.4.13 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ЧИСТОВАЯ ТОКАРНАЯ» ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ.....	72
10.4.14 ВЫВОД УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	74
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ.....	77
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	83

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного курсового проекта является расширение, углубление и закрепление теоретических знаний студентов при решении конкретных вопросов технологии машиностроения.

При выполнении курсового проекта студент приобретает необходимые навыки в выборе оптимального варианта технологического процесса, отвечающего современному уровню развития науки и техники; и обосновании своих решений инженерно-экономическими расчетами.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка оформляется согласно ГОСТ 7.32-8, а также методическим указаниям по оформлению конструкторской документации при выполнении студентами самостоятельных работ.

На титульном листе, с которого начинается записка, указывается задание.

На следующей странице приводится реферат, написанный в соответствии с ГОСТ 7.32-8. Затем приводится содержание записки (введение, основная часть, заключение). В конце записки приводится список использованных источников и необходимые приложения.

Структура проекта и его основные разделы приведены в табл.1:

Таблица 1

№ п/п	Содержание проекта	Объем, %
1	Технологический анализ чертежа	20
2	Определение типа производства	
3	Определение формы и экономическое обоснование способа получения заготовки	
4	Составление рабочего чертежа заготовки и технических требований на нее	
5	Составление маршрута технологического процесса для заданной детали с экономическим обоснованием вариантов 1-2 операций	15
6	Расчет операционных размеров и технических требований на операции	10
7	Расчет режимов резания и определение норм времени на 2-3 операции	10
8	Выполнение эскизов графических операционных карт на 2 операции	5
9	Оценка экономической эффективности технологии	10
10	Оформление операционных карт технологического процесса	20
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	10

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Выполнение курсового проекта следует начинать с технологического анализа рабочего чертежа детали и технических требований на ее изготовление. Вначале необходимо выяснить служебное назначение детали и отдельных ее поверхностей, связь детали со смежными деталями, конструкторские базы и условия работы при эксплуатации двигателя. Это позволит более правильно построить и обосновать технологический процесс.

Далее проводится анализ технологичности конструкции детали. Под этим термином (применительно к данному проекту) понимается степень соответствия конструкции детали производственно-техническим условиям ее изготовления при минимальных затратах живого и овеществленного труда. С этой целью при анализе оцениваются свойства материала детали с точки зрения методов получения заготовки и последующего ее изготовления (обрабатываемость, свариваемость, способность к термообработке и т. п.). Особое внимание обращается на конфигурацию детали, точность размеров и расположения поверхностей, требуемую шероховатость поверхностей, способы простановки размеров, доступность отдельных поверхностей для обработки на современном оборудовании, удобство установки и надежность закрепления заготовки при изготовлении и т. д. Более подробные сведения о требованиях к технологичности конструкции приводятся в методических указаниях [1...3]. На основе проведенного анализа дается заключение о технологичности детали.

При необходимости студент должен на примерах и с помощью расчетов показать возможность изменения конструкции детали с целью повышения технологичности ее изготовления. Результаты технологического анализа чертежа кратко излагаются в пояснительной записке.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства определяется по так называемому коэффициенту закрепления операций (ГОСТ 3.1108-74), который может быть рассчитан по формуле

$$K_{з.о.} = \frac{\tau}{t_{шт.сп.}}, \quad (1)$$

где τ – такт выпуска;

$t_{шт.сп.}$ – среднее штучное время операции.

При $K_{з.о.} < 1$ – тип производства массовый;

$K_{з.о.} = 2 \dots 10$ – крупносерийный;

$K_{з.о.} = 10 \dots 20$ – среднесерийный;

$K_{з.о.} = 20 \dots 40$ – мелкосерийный.

Такт выпуска определяется по уравнению

$$\tau = \frac{F_{д.} \cdot 60 \cdot K_{д.}}{N}, \quad (2)$$

где $F_{д.}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, час;

$K_{д.}$ – коэффициент, учитывающий потери по организационно-техническим причинам, от переналадки и др., $K_{д.} = (0,75 \div 0,8)$;

N – годовой выпуск изделий (деталей), шт.

Среднее штучное время операции определяется по формуле

$$t_{шт.сп.} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт.и.}}{n}, \quad (3)$$

где $t_{шт.и.}$ – штучное время i -операции;

n – число операций.

При выполнении курсового проекта штучное время для всех операций обычно неизвестно. Поэтому за $t_{шт.сп.}$ может быть условно принято штучное время одной типовой операции после ее нормирования (выбор операций согласовывается с руководителем проекта).

Для предварительной оценки типа производства можно воспользоваться так называемой характеристикой серийности, в основу которой положена классификация деталей по их массе и габаритам (табл. 2).

Таблица составлена на основании статистических данных по изделиям машиностроения.

Т а б л и ц а 2

Характеристика серийности производства

Тип производства	Количество изготавливаемых за год деталей одного наименования (типоразмеров)		
	тяжелых (крупных) массой свыше 30 кг	средних массой до 30 кг	Легких массой до 6 кг
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

3. ВЫБОР ФОРМЫ ЗАГОТОВКИ И СПОСОБА ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ

Правильный выбор формы и способа получения заготовки оказывает значительное влияние на коэффициент использования металла (КИМ) и другие экономические показатели разрабатываемого технологического процесса. Выбор формы и способа получения заготовки производится на основе следующих исходных данных: материал, конструктивная форма и размеры детали, годовая программа выпуска. Выбор наиболее распространенных заготовительных процессов рекомендуется производить по табл. 3 или на основе справочной литературы [4...8].

Вначале студент выбирает форму заготовки и ориентировочно устанавливает ее размеры. Окончательные размеры определяют после разработки технологического процесса, расчета припусков и операционных размеров на базе теории размерных цепей.

Заготовительные процессы для деталей машиностроения

Тип деталей	Заготовительные процессы при изготовлении деталей	
	для мелкосерийного производства	для крупносерийного производства
Мелкие и средние детали типа стаканов и втулок	Изготовление из прутка, горячая штамповка (без отверстий)	Холодное прессование, горячая высадка с отверстием на ГКМ, точное стальное литье по выплавляемым моделям
Мелкие и средние детали типа стержней и валиков с головками, утолщениями и ступенями	Изготовление из прутка	Горячая высадка, электровысадка, холодное редуцирование, холодная поперечная прокатка, холодная высадка, холодное прессование.
Мелкие стальные детали типа рычагов, арматура гидравлическая из цветных сплавов и из стали	Горячая штамповка	Точное литье по выплавляемым моделям, холодное прессование
Стальные полые ступенчатые валы, крупные стальные втулки с фланцами	Свободная ковка	Горячая штамповка (без отверстий), горячая высадка из прутка (с отверстием) или из трубы, ротационная ковка
Диски крупные из жаропрочных сталей (диски турбин)	Свободная ковка, горячая штамповка	Горячее прессование; центробежное литье с последующей раскаткой
Диски турбин ТНА, выполненные с лопатками из жаропрочных титановых сплавов	Горячая штамповка (без формирования лопаток)	Отливка по выплавляемым моделям с окончательным формированием лопаток
Крыльчатки из легких сплавов	Горячее прессование или литье (без лопастей)	Горячее прессование с лопастями под механическую обработку, точное литье по выплавляемым моделям с лопастями (под полирование)
Корпуса мелкие и средние из легких сплавов	Литье в землю	Литье в кокиль или под давлением
Корпуса крупные из легких сплавов	Литье в землю	Литье по металлическим моделям с машинной формовкой или в комбинированные формы
Корпуса стальные и чугунные	Литье в землю	Литье в оболочковые формы или по металлическим моделям
Крупные кольцевидные стальные детали	Литье в землю, центробежное литье	Центробежное литье с последующей раскаткой, гибка и сварка из прессованных профилей
Рабочие лопатки компрессора из легированных сталей	Горячая штамповка	Точная горячая штамповка (то же с чеканкой), горячее прессование со штамповкой, калибровкой, вальцовка

Как видно из табл. 3, заготовка для детали может быть получена различными методами. Поэтому, чтобы сделать окончательный выбор метода, необходимо произвести экономическое сравнение двух-трех вариантов. Если результаты показывают, что трудоемкость технологического процесса изготовления детали не изменяется, то экономические расчеты можно производить по стоимости заготовок еще до составления техпроцесса. Если трудоемкость технологического процесса

изготовления изменяется в зависимости от метода получения заготовки, то при экономических расчетах следует учитывать не только стоимость заготовки, но и технологическую себестоимость процесса изготовления для тех операций, которые зависят от метода получения заготовки. Для расчета стоимости получения заготовки используется методическое пособие [30].

На основе проведенного анализа принимается наиболее рациональный метод получения заготовки. В расчетно-пояснительной записке приводится краткое описание выбранного метода получения заготовки и его технико-экономическое обоснование с указанием коэффициента использования материала (КИМ).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Перед проектированием маршрута технологического процесса изготовления детали целесообразно познакомиться с типовыми техпроцессами по приведенной в перечне литературе [9...14]. Маршрут строится на основе технологического анализа чертежа детали, выбранного метода получения заготовки и типа производства.

При проектировании технологического маршрута особое внимание следует обратить на выбор базовых поверхностей с учетом правила совмещения конструкторских и технологических баз и обеспечения технических требований по точности размеров, формы и расположения поверхностей, которые определяют количество ступеней обработки. Число ступеней обработки можно выбрать по методическому пособию [9].

С целью экономии труда и времени технологической подготовки производства и унификации технологических решений необходимо стремиться к использованию типовых процессов обработки заготовки, по возможности не проектировать обработку заготовок на уникальных станках. Применение последних должно быть обосновано.

Кроме того, в разрабатываемом технологическом маршруте должна учитываться степень концентрации операций, автоматизация и механизация процесса, а также использование высокопроизводительных методов обработки и совершенных форм организации производства.

Операции технологического процесса располагаются в рациональной последовательности – от заготовки до окончательного контроля готовой детали. В маршруте должны найти отражение операции промежуточного контроля, слесарной обработки, пайки, сварки, термообработки, антикоррозионных покрытий и др.

Более полно раскрыть содержание операции позволяет операционный эскиз, на котором указываются базовые и обрабатываемые поверхности, назначается метод обработки, проставляются стрелками операционные размеры (без числовых значений), указываются тип оборудования, приспособления и инструмент (для мехобработки, сварки, пайки и т. д.).

Расположение заготовок на операционном эскизе должно соответствовать расположению их на станке. Масштаб изображения заготовки берется произвольным, но при этом должны сохраняться пропорциональность всех размеров и единый масштаб для всех эскизов. Пример оформления технологического маршрута изготовления детали-стакана приведен в [9]. Составленный маршрут представляется руководителю проекта на утверждение.

Как известно, обработку поверхностей заготовки можно осуществить несколькими методами, различающимися по экономическим показателям. Поэтому принятый вариант выполнения операции должен быть экономически обоснован по технологической себестоимости, для чего необходимо по каждому варианту (операции) выбрать оборудование, технологическую оснастку, режимы обработки и провести техническое нормирование. Поскольку на данном этапе работы расчет операционных размеров еще не проводился, то, выбирая режимы обработки и проводя нормирование, можно воспользоваться приближенными значениями размеров, а величины припусков взять из нормативов. Обычно студенты выполняют экономическое обоснование вариантов обработки по 1-2 операциям.

Выбор оборудования осуществляется с учетом соответствия станка габаритным размерам заготовки, заданной точности выполнения операции, требуемой мощности и производительности. Соответствие оборудования установленному режиму обработки, мощности и производительности подтверждается расчетами. При выборе оборудования необходимо руководствоваться ГОСТ 14.304-73 ЕСТП.

Следует также иметь в виду, что для ряда операций может оказаться целесообразным применение станков с ЧПУ. В этом случае содержание операции и операционного эскиза перерабатывается так, чтобы имелась возможность составить расчетно-технологическую карту команд и величин перемещения исполнительных органов станка. Станки следует выбирать преимущественно отечественного производства по действующим каталогам и прейскурантам.

5. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ОПЕРАЦИЮ

После согласования маршрута ТП с руководителем проекта студент приступает к расчету операционных размеров и назначает технические требования на выполнение операций.

Операционные размеры определяются с помощью технологических размерных цепей [11]. Для этого студент составляет размерную схему обработки заготовки по всем операциям с указанием припусков в виде заштрихованных площадок.

При определении линейных операционных размеров величина припуска находится расчетным путем, а при определении диаметральных операционных размеров – по нормативам.

Допуски на операционные размеры промежуточных операций назначаются в соответствии с экономической точностью выполнения операций, а на окончательные операции они берутся из чертежа детали, за исключением тех случаев, когда согласно результатам расчета размерных цепей возникает необходимость уменьшения допуска.

В результате расчета операционных размеров окончательно определяются все размеры заготовки. При необходимости производят округление размеров до стандартных значений.

6. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ

На основании полученных операционных размеров студент выполняет рабочий чертеж заготовки в масштабе 1:1. На чертеже изображаются все необходимые проекции, сечения и разрезы, указываются размеры с допусками, радиусы, литейные и штамповочные уклоны; отмечаются поверхности, которые принимаются за технологические базы при обработке детали. Штрихпунктирной линией обычно показывается контур готовой детали.

Структура и механические свойства материала, способ получения заготовки, группа контроля, допустимые дефекты поверхности (трещины, вмятины, раковины, поры и т. п.), допустимые погрешности пространственного расположения поверхностей, термообработка, очистка поверхности от окалины, пропитка, гидроиспытание и другие параметры указываются в технических требованиях чертежа.

Пример оформления чертежа заготовки приведен [8]. На чертеже наносится основная надпись.

7. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОФОРМЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ

В соответствии с принятым ранее технологическим маршрутом производится оформление операционных карт технологического процесса. В операционные карты заносятся название операции и все данные, характеризующие заготовку, выполняется операционный эскиз, указываются вид оборудования, приспособления и название операции. Затем в соответствующие графы записывается содержание переходов и с учетом действующих стандартов и нормалей приводятся название и характеристика применяемого режущего, мерительного и вспомогательного инструмента. Режимы обработки и нормы времени указываются только для двух-трех операций, которые рассчитываются самим студентом.

Заготовка на операционном эскизе показывается в рабочем положении со всеми необходимыми проекциями и сечениями. Согласно ГОСТам ЕСТПП на проекциях условно указываются базовые поверхности, места закрепления, обрабатываемые поверхности, размеры с допусками, относящиеся к данной операции, обозначения шероховатости обрабатываемых поверхностей и другие сведения. Обрабатыва-

емые поверхности обводятся краевым карандашом (жирными линиями) и обозначаются номерами. Нумерация поверхностей детали сохраняется на всех операциях. Под эскизом записываются технические требования, предъявляемые к данной операции. При необходимости даются указания по технике безопасности.

Аналогично заполняются карты для операций промежуточного и окончательного контроля деталей.

8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И НОРМ ВРЕМЕНИ

Расчет режимов обработки и норм времени производится для двух-трех операций (по заданию руководителя проекта). При расчете режимов обработки и норм времени пользуются нормативными материалами. Например, определение режимов, при обработке поверхности резанием производится в следующей последовательности:

- исходя из припуска на обработку устанавливается глубина резания;
- выбирается подача по заданной шероховатости поверхности и материалу заготовки (эти данные должны быть согласованы с паспортными значениями подач станка);
- по известным значениям глубины резания, подачи и с учетом материала заготовки из нормативов определяется скорость резания, полученная величина корректируется введением поправок, которые учитывают несоответствие геометрии инструмента, твердости обрабатываемого материала и другие факторы;
- в соответствии с найденной скоростью резания определяется требуемая частота вращения шпинделя, которая далее сравнивается с паспортными значениями станка. При несовпадении величин принимают ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя станка, после чего определяют фактическую скорость резания и записывают ее значение в технологическую операционную карту.

При нормировании операций применяют расчетно-технический метод, т. е. машинное время находится расчетным путем, вспомогательное – по нормативам [19]. Остальные элементы норм времени берутся в процентах от машинного или оперативного времени. Расчеты, связанные с определением режимов обработки и нормированием опе-

раций, приводятся в соответствующих разделах расчетно-пояснительной записки.

9. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ЭСКИЗОВ ГРАФИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ НА РЯД ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Эскизы графических операционных карт вычерчиваются на чертежной бумаге (1-2 листа формата А1) для двух-четырех наиболее сложных операций разработанного техпроцесса. Графическая операционная карта представляет собой иллюстрированную схему взаимосвязи обрабатываемой заготовки, приспособления, станка и режущего инструмента в процессе выполнения конкретной операции [20...29].

Обрабатываемая заготовка на эскизе графической операционной карты обязательно вычерчивается в рабочем положении. Обрабатываемые поверхности обводятся красной линией, проставляются операционные размеры с допусками, обозначается шероховатость обработанных поверхностей; вместе с заготовкой показывается конструктивная схема приспособления с установочными, зажимными и другими элементами, что дает наглядное представление о способе установки заготовки, а также показывается связь приспособления со станком. Вычерчивается положение инструмента (режущего, вспомогательного) в контакте с обрабатываемой заготовкой в конце рабочего хода. При простановке размеров необходимо показать связь обрабатываемых поверхностей с базами станка, приспособления и с расположением инструментов при многоинструментальной обработке. Эскизы графических операционных карт выполняются в одной или двух проекциях со всеми необходимыми сечениями: в зависимости от габаритов заготовки и сложности операции они располагаются на 1/4, 1/2 или на целом листе формата А1.

Под эскизом записываются технические требования, предъявляемые к данной операции, даются указания по соблюдению техники безопасности.

Каждый отдельный лист графических операционных карт снабжается основной надписью, а каждая операционная карта дополнительной надписью. На гранке листа, где помещена основная надпись, вы-

черчивается сверху дополнительная надпись, где указываются данные об операции и режимы обработки.

Примеры выполнения графической операционной карты приведены [20].

10 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ В UG (на примере станка TNA300)

10.1 ОПИСАНИЕ СТАНКА

Токарно-револьверный станок TNA300 TX8I фирмы TRAUB применяется для обработки деталей (с/без использования задней бабки) с длиной до 450 мм, причем диаметр обрабатываемой заготовки может быть до 250 мм.

Технические характеристики TNA300 TX8i

Размер

Сквозное отверстие шпинделя 42/65 мм

Головка шпинделя, согл. DIN 55026, размер A5/A6

Диаметр зажимного патрона 160-175/200-250 мм

Диаметр обточка максимальный 275 мм

Длина обточка максимальная 450 мм

Главный привод

Мощность 11 кВт

× число оборотов шпинделя 5600/4000 мин⁻¹

Диапазон постоянной мощности 1:10.7

Крутящий момент 200/280 Нм

Инструментальный суппорт

Количество 12

Диаметр хвостовика 30 мм

Поперечное сечение резца 20 × 20 мм

10.2 НУЛЕВЫЕ ТОЧКИ И ТОЧКИ НАЧАЛА ОТСЧЕТА

Для управления движениями перемещения инструментов применяется система координат. Положение системы координат определяется внутри токарного станка с ЧПУ с помощью нулевых точек.

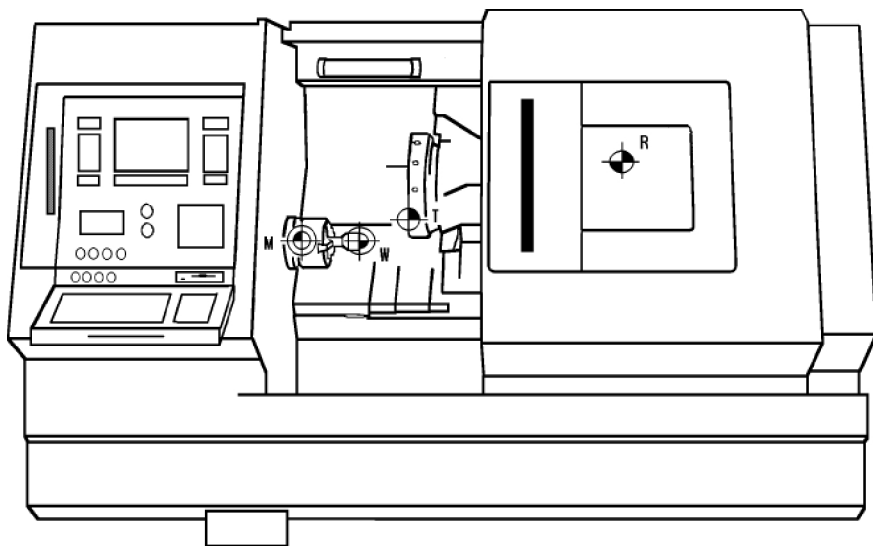


Рис. 1. Расположение нулевых точек

Рабочая зона, в которой перемещаются инструменты при обработке детали, имеет нулевые точки и точки начала отсчета.

Нулевые точки:

М – нулевая точка станка

W – нулевая точка детали

Точки начала отсчета:

R – точка начала отсчета

T – точка начала отсчета инструментального суппорта (ноль инструмента)

E – точка регулировки инструмента

N – точка начала отсчета при зажиме инструмента

Нулевая точка станка “М”

Нулевая точка станка М у токарно-револьверных станков расположена на оси шпинделя на высоте контактной поверхности зажимного механизма. С помощью нулевой точки станка определяется система координат станка – все другие точки начала отсчета позиционируются относительно нее.

Нулевая точка детали “W”

Нулевая точка детали W определяет систему координат детали относительно нулевой точки станка. Нулевая точка детали определяется программистом или оператором, а именно вводом расстояния от нулевой точки станка. Можно выбрать нулевую точку детали следующим образом (см. рис. 4):

Во время обработки в патроне:

1. Нулевая точка детали впереди

Расстояние вычисляется следующим образом:

Высота патрона

+ высота кулачков

+ длина заготовки

– припуск поперечной обточки первого действия (правый припуск)

2. Нулевая точка детали сзади

Расстояние вычисляется следующим образом:

Высота патрона

+ высота кулачков

+ припуск поперечной обточки второго действия (левый припуск)

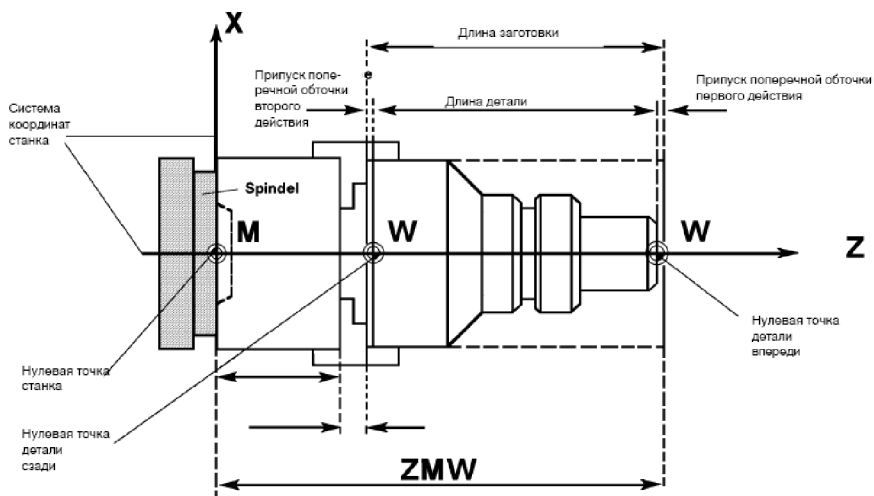


Рис. 2. Выбор нулевой точки детали

Точка начала отсчета “R” (см. рис. 3)

Позиции точек начала отсчета в системе координат заданы для отдельных осей. С помощью этих позиций проверяется и поверяется система измерения пути.

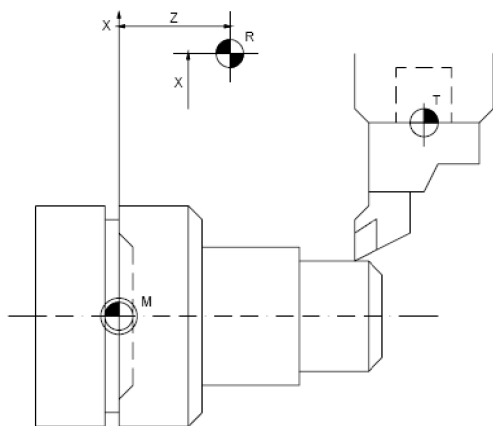


Рис. 3. Позиция точки начала отсчета относительно нулевой точки станка

Точка регулировки инструмента “Е” (см. рис. 6)

Точка регулировки инструмента расположена на контактной поверхности инструментального суппорта и в середине зажимного устройства. Точка регулировки инструмента служит для внешнего измерения с помощью оптического устройства предварительной настройки.

Точка начала отсчета при зажиме инструмента “N” (см. рис. 4)

Точка начала отсчета при зажиме инструмента является противоположностью точки регулировки инструмента и расположена на контактной поверхности и в середине зажимного отверстия на револьверной головке. При вставке инструментального суппорта в зажим револьверной головки, N и E совпадают.

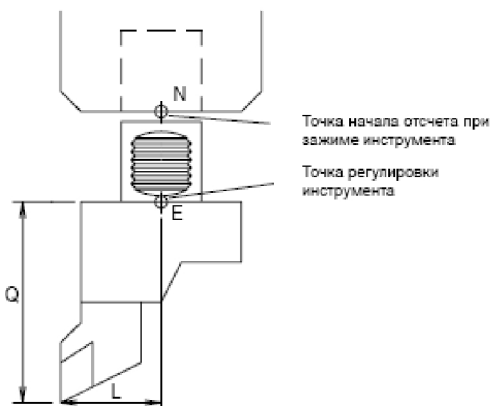


Рис. 4. Точка регулировки инструмента и точка начала отсчета при зажиме инструмента

Точка начала отсчета инструментального суппорта “Т” (см. рис. 5)

Точка начала отсчета инструментального суппорта расположена на зажиме инструментального суппорта револьверной головки. Вводом зажимаемой длины инструмента X и Z в файл инструментов (с помо-

щью АТС) система управления вычисляет расстояние от инструментальной головки до точки начала отсчета инструментального суппорта, так что револьверная головка для обработки контура управляется правильным образом.

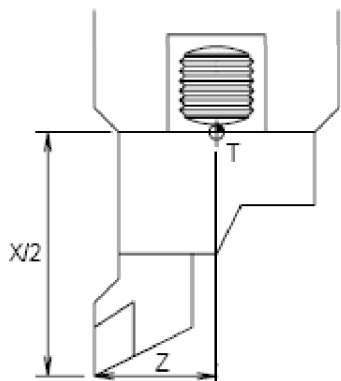


Рис. 5. Точка начала отсчета инструментального суппорта

Оси и их направления

У токарно-револьверных станков оси подачи X и Z создаются крестовой кареткой. Буквой X обозначается поперечная ось. Указания значений X производится в размере диаметра. Буквой Z обозначается продольная ось (см. рис. 6).

Нулевая точка детали “W” определяет систему координат детали в отношении нулевой точки станка.

Позиция вершины резца определяет знаки осей X и Z.

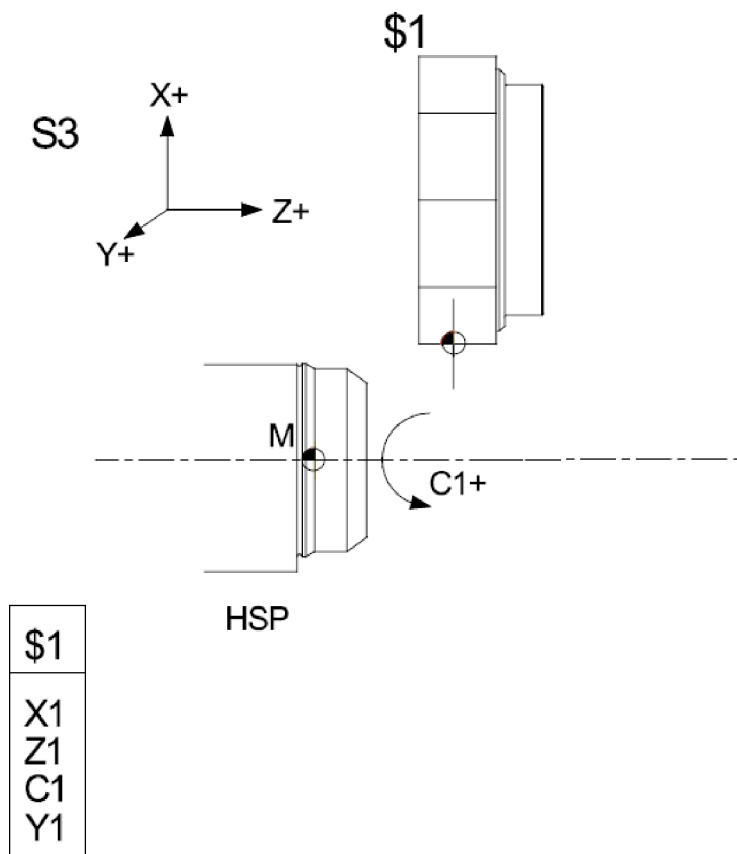


Рисунок 6 - Направление осей

Ось С

С помощью оси С можно программировать угол вращения вокруг оси Z. Это необходимо для позиционирования рабочего шпинделя в нужном положении и для вращательного движения рабочего шпинделя в подаче.

Ось Y

Ось Y расположена в третьей плоскости обработки вертикально к осям X и Z.

10.3 ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ – ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Скорость резания

В процессе обработки заготовка вращается с определенным числом оборотов в минуту (n). Частота вращения шпинделя через диаметр заготовки соотносится со скоростью резания v_c , измеряемой в м/мин.

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000}$$

Глубина резания

Глубина резания (a_p) это половина разности между обрабатываемым и обработанным диаметром, выраженная в мм. Она измеряется в направлении, перпендикулярном направлению подачи инструмента.

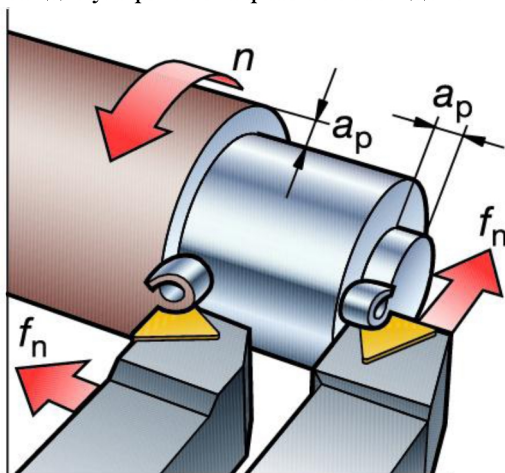


Рисунок 7 - глубина резания

Подача

Линейное перемещение инструмента за один оборот заготовки называют подачей (f_n) и измеряют в мм/об. В случае подрезки торца, когда подача направлена по радиусу заготовки, с приближением инструмента к центру, скорость резания будет постепенно изменяться

при постоянной частоте вращения шпинделя. Чтобы сохранить постоянную скорость резания, на многих станках предусмотрена возможность соответственного изменения частоты вращения шпинделя. Эта компенсация будет осуществляться до определенного предела, ограниченного возможностями станка, после чего скорость резания v_c упадет до нуля в центре заготовки.

Толщина стружки

Толщина стружки h_{ex} эквивалентна величине подачи f_n при работе инструментом с главным углом в плане κ_r 90° . С уменьшением главного угла в плане толщина стружки h_{ex} изменяется в сторону уменьшения.

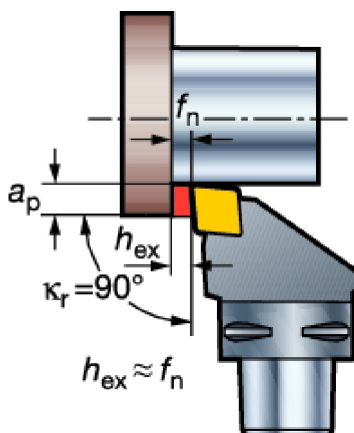


Рисунок 8 - Толщина стружки

Передний угол на пластине и угол наклона режущей кромки

γ = угол наклона режущей кромки. Придается пластине при ее установке в державку.

λ = передний угол. Величина, характеризующая положение режущей кромки в процессе резания.

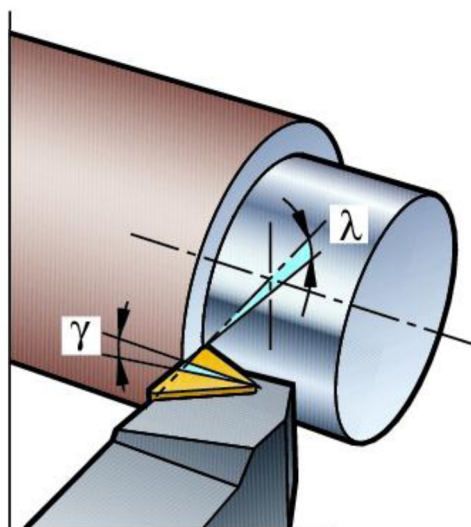


Рисунок 9 - Передний угол на пластине и угол наклона режущей кромки

Форма пластины

Форма пластины определяет ее возможности по доступу к различным поверхностям заготовки. Максимальное значение угла при вершине пластины говорит о ее прочности и надежности. Но зачастую это очевидное требование к пластине бывает ограничено другими характерными особенностями операции. Пластины с большими углами при вершине, наряду с высокой прочностью вершины, позволяют вовлечь в работу большую часть режущей кромки, что может привести к возникновению вибраций и увеличению потребляемой мощности. При работе пластинами с меньшим значением угла при вершине может возникнуть проблема перегрева режущей кромки.

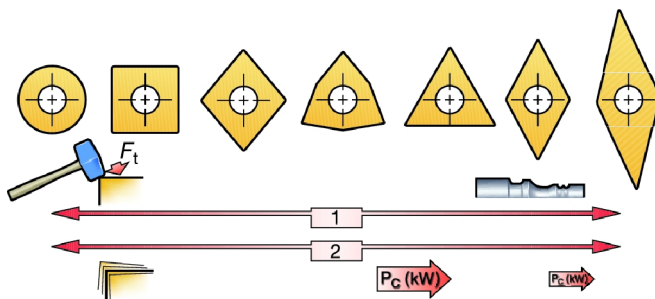


Рисунок 10 - Форма пластины

Шкала 1

показывает прочность режущей кромки. Чем больше угол при вершине пластины, тем выше ее прочность. Большой геометрической проходимостью и универсальностью применения обладают пластины, расположенные справа.

Шкала 2

показывает склонность к вибрациям, которая увеличивается в левом направлении, а требования по мощности уменьшаются в правом.

Факторы, определяющие выбор формы пластины

Обозначение формы, угол при вершине пластины	R	S 90°	C 80°	W 80°	T 60°	D 55°	V 35°
Черновая обработка (прочность)	●	●	●	○	○		
Легкая черновая/получистовая обработка (число кромок)		○	●	●	●	●	
Чистовая обработка (число кромок)			○	○	●	●	●
Продольное точение (направление подачи)			●	○	○	●	●
Профильное точение (возможность доступа)			○	○	○	●	●
Подрезка торца (направление подачи)	○	●	○	●	○	○	
Универсальность обработки	○		●	○	○	●	○
Ограничение по мощности			○	○	●	●	●
Склонность к вибрации				○	●	●	●
Твердое точение	●	●					
Прерывистая обработка	●	●	○	○	○		
Большой угол в плане			●	●	●	●	
Небольшой угол в плане	●	●		●	●		

● Приоритетный выбор

○ Возможный вариант

Форма пластины - глубина резания

Рекомендуемое максимальное табличное значение глубины резания соответствует надежной непрерывной обработке пластиной с черновой геометрией. На короткий промежуток времени допускается резание с большим значением глубины, вплоть до полной длины режущей кромки.

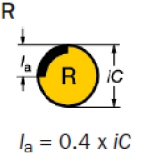
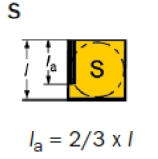
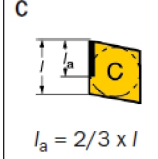
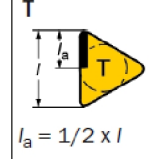
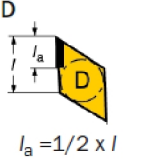
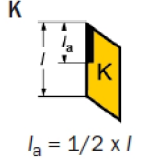
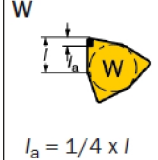
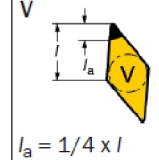
 <p>$l_a = 0,4 \times iC$</p>	 <p>$l_a = 2/3 \times l$</p>	 <p>$l_a = 2/3 \times l$</p>	 <p>$l_a = 1/2 \times l$</p>
 <p>$l_a = 1/2 \times l$</p>	 <p>$l_a = 1/2 \times l$</p>	 <p>$l_a = 1/4 \times l$</p>	 <p>$l_a = 1/4 \times l$</p>

Рисунок 11 - Форма пластины - глубина резания

Размер пластины и глубина резания

Глубина резания определяет скорость снятия металла, число необходимых проходов, стружколомание и энергопотребление.

Существует взаимозависимость между эффективной длиной режущей кромки l_a , главным углом в плане kg и глубиной резания ap . Минимальная эффективная длина режущей кромки может быть определена из таблицы по соотношению глубины резания ap и главного угла в плане kg . Для обеспечения большей стабильности при обработке в тяжелых условиях, необходимо выбирать пластину большего размера и толщины. При обработке уступа происходит резкое увеличение глубины резания, что требует от пластины достаточной прочности (большого размера и толщины) во избежание риска ее поломки.

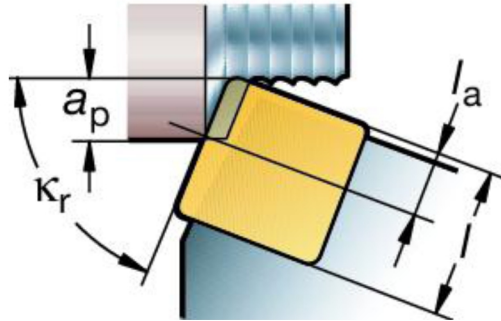


Рисунок 12 - Размер пластины и глубина резания

K_r	a_p , мм										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
	$l_{за}$, мм										
90°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
105° 75°	1.05	2.1	3.1	4.1	5.2	6.2	7.3	8.3	9.3	11	16
120° 60°	1.2	2.3	3.5	4.7	5.8	7	8.2	9.3	11	12	18
135° 45°	1.4	2.9	4.3	5.7	7.1	8.5	10	12	13	15	22
150° 30°	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30
165° 15°	4	8	12	16	20	24	27	31	35	39	58

Выбор размера пластины

Чистовая обработка (F)

Операции с малыми глубинами резания и небольшими подачами.

Чистовая обработка:

$$f_n = 0.1 - 0.3 \text{ мм/об}$$

$$a_p = 0.5 - 2.0 \text{ мм}$$

Получистовая обработка (M)

Включает операции от получистовых до легких черновых при различных сочетаниях глубин резания и подач.

Получистовая обработка:

$$f_n = 0.2 - 0.5 \text{ мм/об}$$

$$a_p = 1.5 - 5.0 \text{ мм}$$

Черновая обработка (R)








Операции с удалением большого объема материала или тяжелые условия обработки с большими глубинами резания и подачами.

Черновая обработка:

$$f_n = 0.5 - 1.5 \text{ мм/об}$$

$$a_p = 5 - 15 \text{ мм}$$

Основные рекомендации по выбору размеров пластин разной формы

Форма пластины Выбор размера пластины основан на диаграмме стружколомания.		Область применения															
		Max глубина резания a_p , мм															
		F			M			R									
Размер пластины		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Круглая пластина 	R	06															
		08															
		10															
		12															
		15															
		16															
		19															
		20															
Квадратная пластина 	S	09															
		12															
		15															
		19															
		25															
		31															
Ромб с углом 80° 	C	06															
		09															
		12															
		16															
		19															
Ломанный треугольник с углом 80° 	W	06															
		08															
Треугольная пластина 	T	11															
		16															
		22															
		27															
Ромб с углом 55° 	D	06															
		11															
		15															
Ромб с углом 35° 	V	11															
		16															
		22															

Радиус при вершине

Радиус при вершине пластины r_e является ключевым фактором в токарной обработке.

Выбор величины радиуса при вершине зависит от:

- глубины резания, ap
- подачи, f_n .

Значение радиуса при вершине влияет на:

- шероховатость поверхности
- стружкодробление
- прочность режущей кромки.

Маленький радиус при вершине

- Рекомендуется для работы с маленькой глубиной резания
- Снижает вибрации
- Снижает прочность режущей кромки.

Большой радиус при вершине

- Большие подачи
- Позволяет работать с большой глубиной резания
- Большая прочность режущей кромки
- Увеличение радиальной составляющей силы резания.

Радиус при вершине и максимальная подача

Пластины без задних углов

Радиус при вершине, r_c мм	0.4	0.8	1.2	1.6	2.4
Максимально рекомендуемая подача, f_n мм/об					
Чистовая обработка	0.25	0.4	0.5	0.7	
Получистовая обработка	0.3	0.5	0.6	0.8	(1.0)
Черновая обработка	0.3	0.6	0.8	1.0	1.5

Пластины с задними углами

Радиус при вершине, r_c мм	0.2	0.4	0.8	1.2
Максимально рекомендуемая подача, f_n мм/об				
Чистовая обработка	0.10	0.2	0.3	0.4
Получистовая обработка	0.15	0.3	0.4	0.5

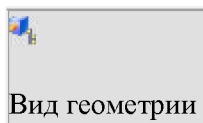
10.4 ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ В СРЕДЕ UG NX

До начала генерации управляющей программы необходимо провести соответствующий технологический анализ, выбрать тип оборудования и указать ряд дополнительных параметров:

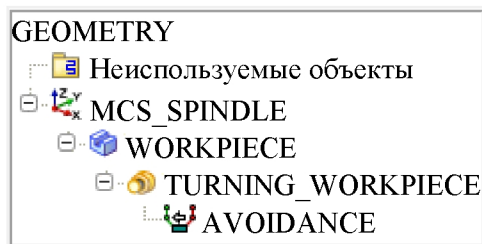
1. **Анализ детали** позволяет проверить, в какой системе выполнена модель (метрическая, дюймовая) и измерить габаритные размеры детали. Что в свою очередь позволяет определить соответствующий режущий инструмент, который необходим для обработки детали и безопасные расстояния.
2. **Выбор настройки** определяют последовательность задания геометрии и набор инструментов который должен быть задан для начала создания операций.
3. **Задание геометрии** включает проверку расположения и ориентации системы координат, задание геометрии заготовки и детали. Определение объектов геометрии в графическом навигаторе операций позволяет использовать заданную один раз геометрию в нескольких операциях.
4. **Задание зон контроля столкновений** позволит режущему инструменту избегать столкновения с объектами, задавая осевые плоскости ограничения, начальную точку, точку возврата и плоскости безопасности.
5. **Создание инструмента** позволяет задать режущий инструмент и назначить им соответствующие положение в магазине. После создания инструменты сохраняются с деталью и доступны, при необходимости, в процессе создания программы обработки.

10.4.1 СОЗДАНИЕ ФАЙЛА

- ▶ Выберите "Файл" → "Новый".
- ▶ Выберите закладку "Обработка".
- ▶ Выберите "Миллиметры" в списке "Единицы".
- ▶ Выберите "Токарная обработка (Express)".
- ▶ Нажмите ОК.
- ▶ Нажмите "Вид геометрии".

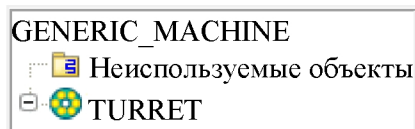


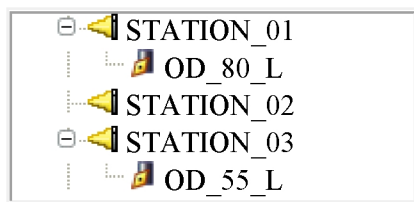
- ▶ Нажмите на значок "+", чтобы раскрыть группы.



Настройка определяет иерархию групп геометрии, которая позволяет задать геометрию и параметры, часто используемые в программе.

- ▶ Нажмите "Вид станка".
- ▶ Нажмите на значок "+", чтобы раскрыть группы.





Были заданы револьверный магазин, несколько резцедержек с инструментами и общие настройки для нескольких токарных инструментов. В процессе работы их можно будет скорректировать и дополнить

10.4.2 СОЗДАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛИ И ЗАГОТОВКИ

Затем необходимо создать геометрию детали и заготовки в модуле «**Моделирование**» или импортировать из другой системы.

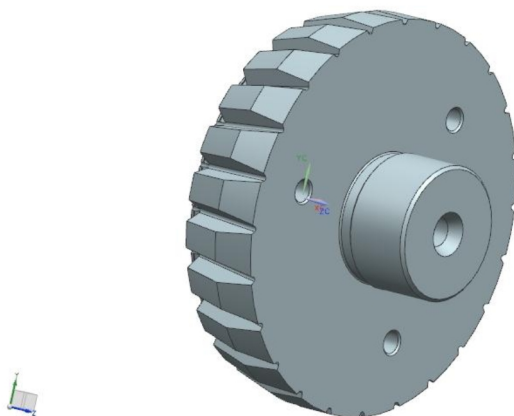


Рисунок 13 - Модель детали

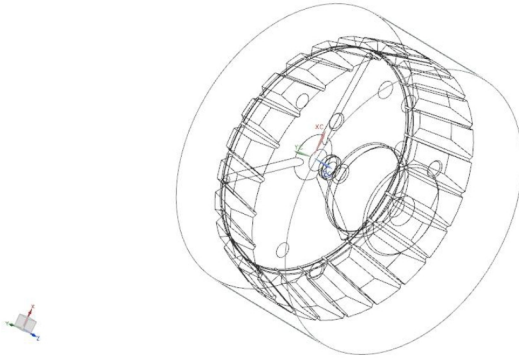



Рисунок 14 -Модель заготовки

Рабочая система координат (РСК) используется для ввода координат (значений X, Y, Z). Она должно быть ориентирована в плоскости, в которой перемещается токарный резец.

- ▶ Щелкните правой кнопкой мыши на фоне графического окна и выберите **"Ориентация вида" → "Сверху"**.
- ▶ Уменьшите  всю деталь.
- ▶ Выберите **"Формат" → "РСК" → "Отобразить"** в главном меню, чтобы отобразить РСК. Начало РСК должно быть на оси вращения. В этом виде ось $XС$ должна быть направлена вправо, а ось $УС$ должна быть направлена на

верх.

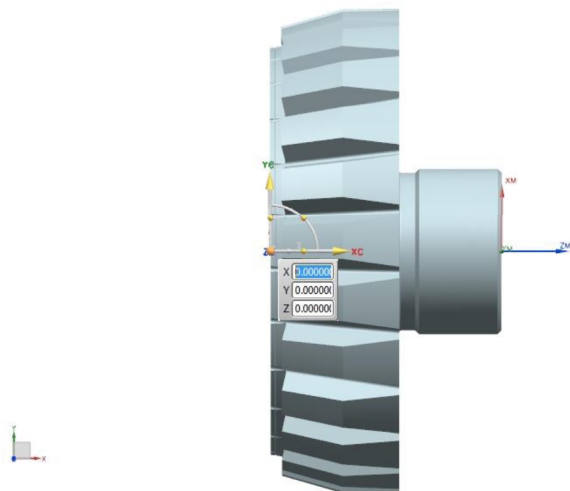


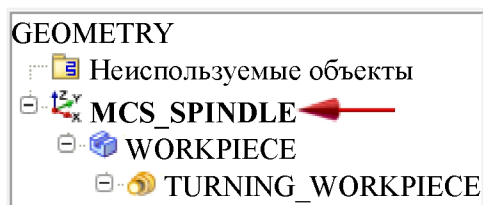
Рисунок 15 - В детали РСК ориентирована правильно

- ▶ Выберите **"Формат" → "РСК" → "Отобразить"**, чтобы скрыть РСК.

Система координат станка (СКС) задает систему координат, в которой выводятся траектории инструмента. СКС задает нулевую точку программы и должна ориентироваться в плоскости, в которой перемещается режущий инструмент.

- ▶ Нажмите **"Вид геометрии"**.

В **Навигаторе операций** щелкните правой кнопкой мыши на **MCS_SPINDLE** и выберите **"Объект" → "Отобразить"**.



AVOIDANCE



Рисунок 16 - СКС ориентирована правильно для этой детали.

- ▶ Дважды щелкните мышью по **MCS_SPINDLE**.
- ▶ Убедитесь, что в окне "СКС шпинделя" выбрано "ZM-XM" в списке "Задать плоскость".



Это плоскость, в которой инструмент будет перемещаться.

- ▶ Нажмите **ОК** для подтверждения в окне "MCS_Spindle".

В **Навигаторе операций** дважды щелкните мышью по **WORKPIECE**, чтобы изменить объект.



TURNING_WORKPIECE
AVOIDANCE

▶ Нажмите "Задать деталь" .

▶ Выберите тело детали.

Используйте список быстрого выбора, чтобы убедиться, что вы выбираете геометрию детали, а не материал прутка.


▶ В окне "Геометрия детали" нажмите **ОК**.

▶ Нажмите **Материал: CARBON STEEL** .

▶ Выберите **МАТО_00266** в списке "Материал детали".

Это задает алюминий как материал детали.

▶ Нажмите **ОК**.

В окне "Заготовка" нажмите "Задать заготовку" .

▶ Выберите пруток.

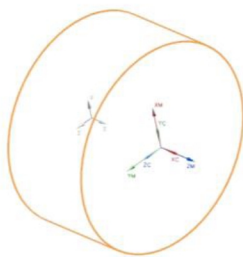
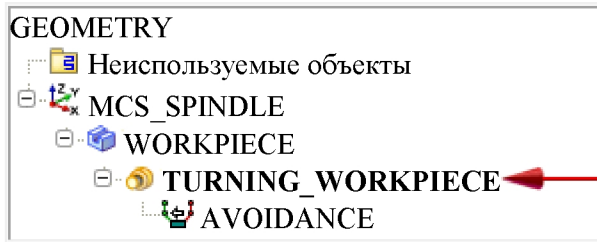


Рисунок 17 - Заготовка «Цилиндр»

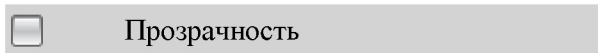
- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ В окне "**Заготовка**" нажмите **ОК**.

Геометрия детали и заготовки хранится внутри **WORKPIECE**.
Границы результирующей детали и заготовки хранятся внутри **TURNING_WORKPIECE**.




Состояние прозрачности может влиять на другие упражнения, поэтому вам нужно выключить его.

- ▶ Выберите "**Настройки**" → "**Визуализация**".
- ▶ Выберите закладку "**Визуализация**".
- ▶ Выключите флажок "**Прозрачность**".



- ▶ Нажмите **ОК**.

- ▶ Выберите закладку "**Навигатор сборки**" .

- ▶ В **Навигаторе сборки** выберите флажок "**шпиндель**" так, чтобы он был неактивным .

Это удаляет деталь с экрана.

- ▶ Выберите закладку "**Навигатор операций**" .

- ▶ В Навигаторе операций щелкните правой кнопкой мыши на **TURNING_WORKPIECE** и выберите "Объект" → "Отобразить".

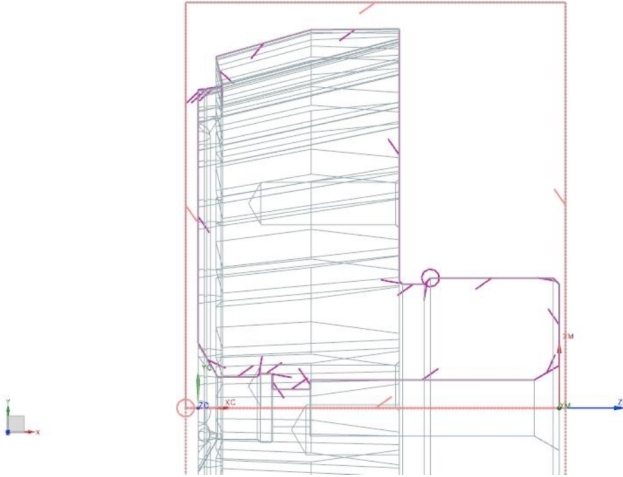


Рисунок 18 - Отображаются границы детали и заготовки

- ▶ В строке меню выберите "Вид" → "Операция" → "Обновить", чтобы скрыть границы.
- ▶ Щелкните правой кнопкой мыши на фоне графического окна и выберите "Стиль закраски" → "Статический каркасный".

Отображаемые кривые будут полезны как визуальная ссылка при разработке операции и генерации траектории инструмента.

10.4.4 ЗАДАНИЕ ЗОН КОНТРОЛЯ СТОЛКНОВЕНИЯ

Зоны столкновений позволяют режущему инструменту избегать объектов при использовании осевой плоскости ограничения, начальной точки и точки возврата, и плоскости безопасности.

- ▶ В виде геометрии **Навигатора операций** дважды щелкните мышью по **AVOIDANCE**, чтобы изменить группу.
- ▶ В разделе "**Перемещение в начальную точку (ST)**" диалогового окна выберите "**По прямой**" в списке "**Тип перемещения**".



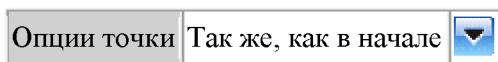
- ▶ Нажмите "**Задать точку**" .

- ▶ Нажмите **ОК**.


- ▶ В разделе "**Перемещение в точку возврата / Плоскость безопасности (RT)**" выберите опцию "**По прямой**" в списке "**Тип перемещения**".



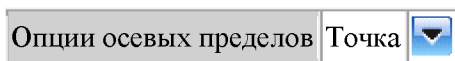
- ▶ В разделе "**Перемещение в точку возврата / Плоскость безопасности (RT)**" выберите "**Так же, как в начале**" в списке "**Опции точки**".



Далее задается плоскость безопасности, которая не позволяет режущему инструменту резать деталь, когда он входит и выходит из внутреннего диаметра.

- ▶ Откройте раздел "**Радиальная плоскость безопасности**" в окне .

- ▶ Выберите "**Точка**" в списке "**Опции осевых пределов**".



▶ Нажмите "Задать точку" .

▶ Введите значения координат X,Y,Z, как показано ниже.

X70.00000

Y0.000000

Z0.000000

▶ Нажмите **ОК**.

▶ В окне "Маневрирование" нажмите **ОК**.

Далее задается плоскость ограничения, которая предотвратит столкновения инструмента с кулачковым патроном.

▶ Нажмите "Создать геометрию"  в панели инструментов.

▶ Нажмите "Ограничения" .

▶ Убедитесь, что **AVOIDANCE** выбран в списке "Геометрия".




Задавая геометрию маневрирования, детали и заготовки в объекте WORKPIECE, вы задаете параметры, которые задаются в AVOIDANCE и которые передаются в группу CONTAINMENT.

▶ Нажмите **ОК**.

▶ В разделе "Осевая плоскость обрезки 1" в окне "Ограничения" выберите "Расстояние" в списке "Опции пределов".



▶ Введите значение "**-125**" в поле "Осевая ZM/XM".

- ▶ Нажмите "Отобразить" .

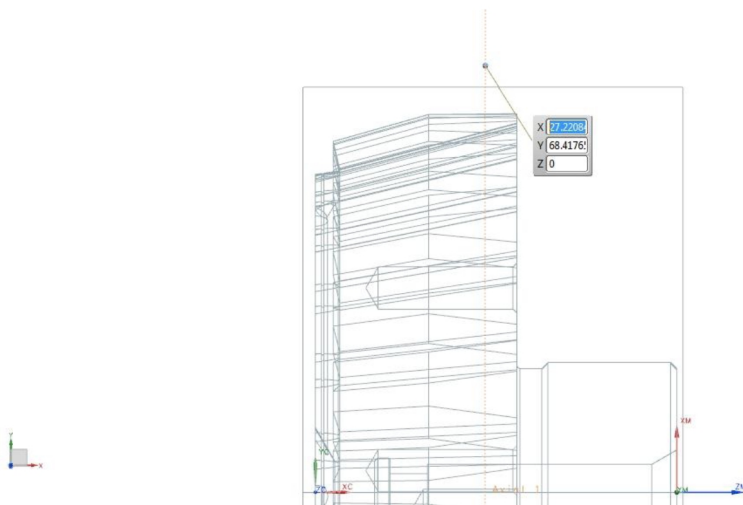
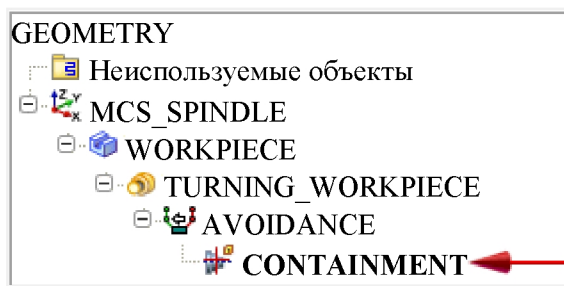


Рисунок 19 – Отображение контура

- ▶ Нажмите **ОК**.

Группа **CONTAINMENT** создана в Навигаторе операции.



10.4.5 СОЗДАНИЕ ИНСТРУМЕНТА

Инструмент можно создать или в процессе настройки или в процессе создания операции. Созданные инструменты сохра-

няются с деталью и доступны в процессе создания программы обработки.

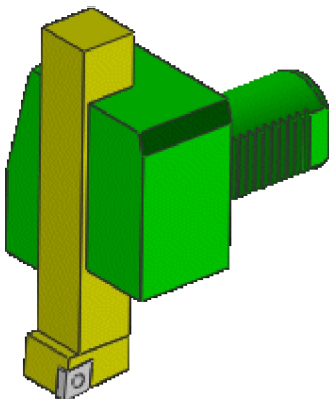




Рисунок 20 - Задание центровочного сверла, которое используется в операции сверления

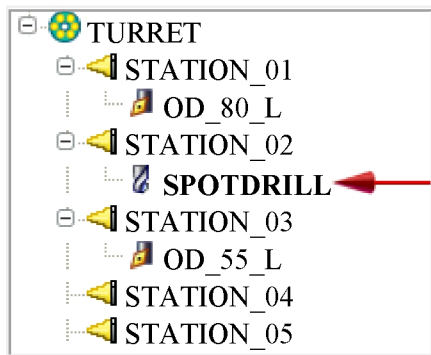
- ▶ Нажмите "**Создать инструмент**"  в панели инструментов.
- ▶ Нажмите **SPOTDRILL** .
- ▶ Выберите **STATION_02** в списке "**Инструменты**".





- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ Нажмите **ОК** для завершения задания инструмента.
- ▶ Нажмите "**Вид станка**".

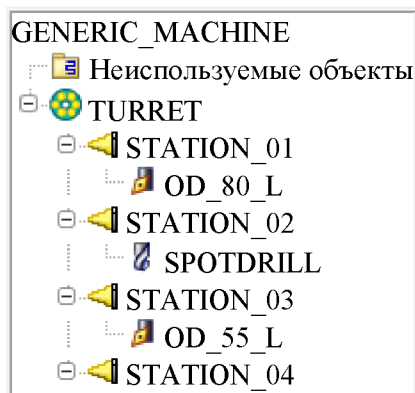
SPOTDRILL располагается внутри STATION_02.








Задаем сверло, которое используется в операции сверления.

- ▶ Нажмите "Создать инструмент"  в панели инструментов.
- ▶ Нажмите "DRILL" .
- ▶ Выберите "STATION_04" в списке "Инструменты".
- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ Введите значение **19** в поле "Диаметр".
- ▶ Нажмите **ОК** для завершения задания инструмента.





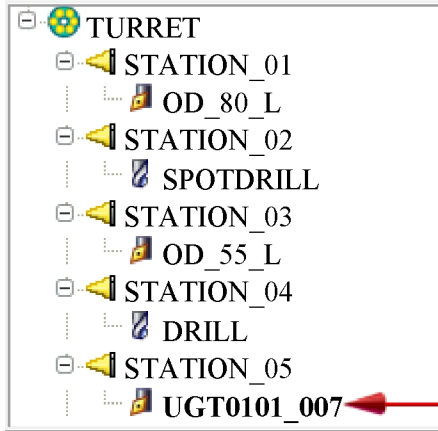
Вызывается из библиотеки фасонный резец для обработки наружного диаметра, который будет использоваться для обработки торца, черновой обработки и чистовых операций.

- ▶ Нажмите "Создать инструмент"  в панели инструментов.
- ▶ Нажмите "Вызвать инструмент из библиотеки" .
- ▶ В окне "Выбор класса библиотеки" нажмите на значок "+", чтобы раскрыть каталог "Резцы".
- ▶ Нажмите "Наружный профиль".
- ▶ Нажмите ОК.
- ▶ Введите значение 0.4...0.8 в поле "Радиус".
- ▶ Нажмите "Кол-во найденных" .

Отображается несколько инструментов с радиусом 0.8 мм.

- ▶ Нажмите ОК.
- ▶ В окне "Результаты поиска" выберите **ugt0101_007** в списке "Библиотечные ссылки".
- ▶ Нажмите ОК для подтверждения выбранного инструмента.
- ▶ Нажмите "Отмена" для выхода из окна "Создание инструмента".




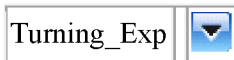



Аналогично создаются другие инструменты





После предварительной настройки можно начать создание программы обработки.

10.4.6 СОЗДАНИЕ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ «ПОДРЕЗКА ТОРЦА»

- ▶ Нажмите "Создать операцию" .
- ▶ Убедитесь, что "Turning_Exp" выбран в списке "Тип".



- ▶ Нажмите **FACING** .
- ▶ Задайте следующие параметры.

Программа	1234	
Инструмент	OD_80_L	
Геометрия	AVOIDANCE	
		


Метод LATHE_FINISH

Операция будет помещена в программу 1234 Эта операция будет использовать геометрию детали и заготовки, которые были заданы в WORKPIECE, и параметры, которые были заданы в AVOIDANCE. Эта операция будет использовать инструмент OD_80_L, заданный настройкой.


Метод "LATHE_FINISH" удаляет весь припуск.

- ▶ Нажмите **ОК**.

Задается плоскость обрезки, которая ограничивает область резания в конце детали.

- ▶ В разделе "Геометрия" диалогового окна нажмите кнопку "Изменить" , которая расположена за кнопкой "Области резания".

- ▶ В разделе "Осевая плоскость обрезки 1" диалогового окна "Ограничения" выберите "Точка" в списке "Опции пределов".

Опции пределов Точка 

- ▶ Выберите конец кривой наружного диаметра детали.

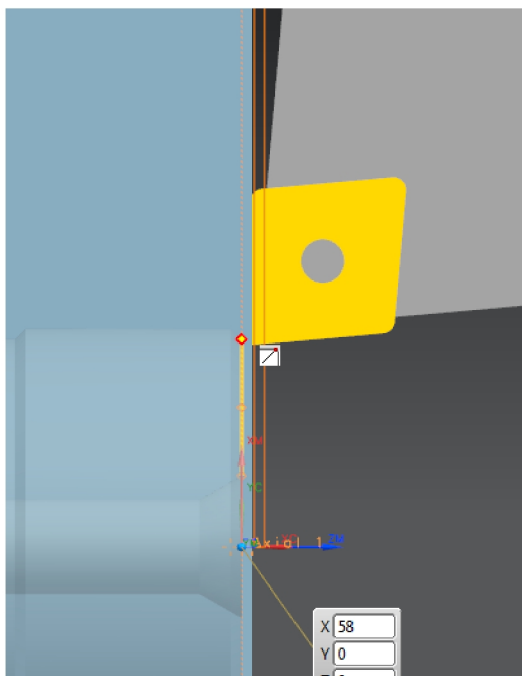


Рисунок 21 - Выделение области резания

▶ Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **"Области резания"**.

Нажмите **"Генерировать"** .

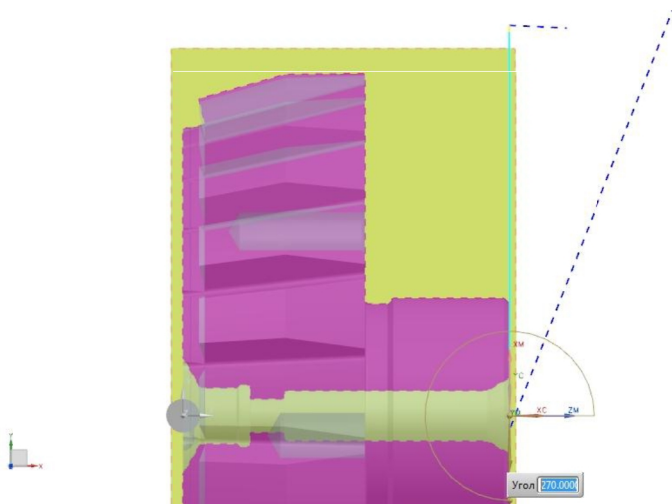


Рисунок 22 – Завершение операции обработки торца

- ▶ Нажмите **ОК** для завершения операции обработки торца.
- ▶ Нажмите **"Вид программ"** и откройте программу **1234**.

FACING – это первая операция в программе.







10.4.7 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ЦЕНТРОВОЧНАЯ»

▶ Нажмите "Создать операцию" .

▶ Нажмите "CENTERLINE_SPOTDRILL" .

▶ Задайте следующие параметры.


Программа	1234	
Инструмент	Центровки	
Геометрия	AVOIDANCE	
Метод	LATHE_CENTERLINE	

▶ Нажмите **ОК**.

Откройте раздел "Опции" в окне .

▶ Нажмите "Изменить отображение" .

▶ В списке "Показать инструмент" выберите "2D".

Отображение инструмента 2D 

▶ Нажмите **ОК**.

▶ Нажмите "Генерировать" .

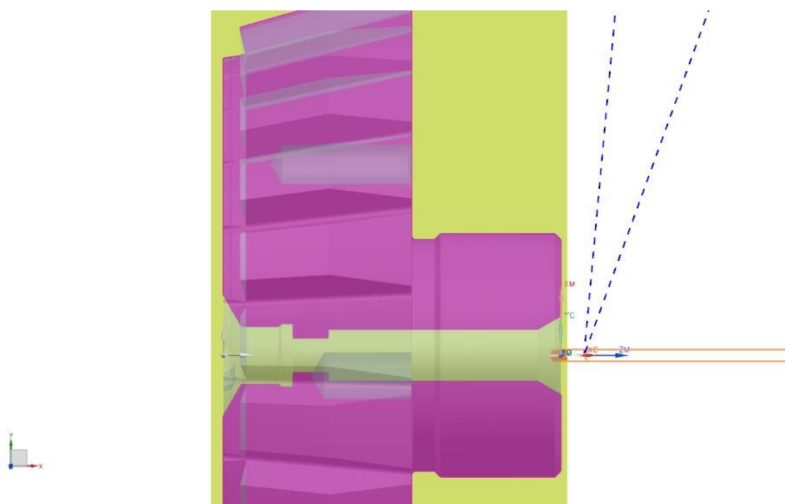


Рисунок 23 - Завершение операции центрального сверления

▶ Нажмите **OK** для завершения операции центрального сверления.







10.4.8 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «СВЕРЛИЛЬНАЯ»

Нажмите "Создать операцию" .


▶ Нажмите "CENTERLINE_DRILLING" .

▶ Задайте следующие параметры.


Программа	1234	
Инструмент	DRILL	
Геометрия	AVOIDANCE	
Метод	LATHE_CENTERLINE	

▶ Нажмите **ОК**.

▶ В разделе "Начальная точка и глубина" диалогового окна выберите "Глубина плеча" в списке "Опции глубины" список.


Опция "Глубина"	Глубина плеча	
-----------------	---------------	---

▶ Введите значение "110" в поле "Расстояние".

Откройте раздел "Опции" в окне .

▶ Нажмите "Изменить отображение" .

▶ В списке "Показать инструмент" выберите "2D".

Отображение инструмента	2D	
-------------------------	----	---

▶ Нажмите **ОК**.

▶ Нажмите "Генерировать" 

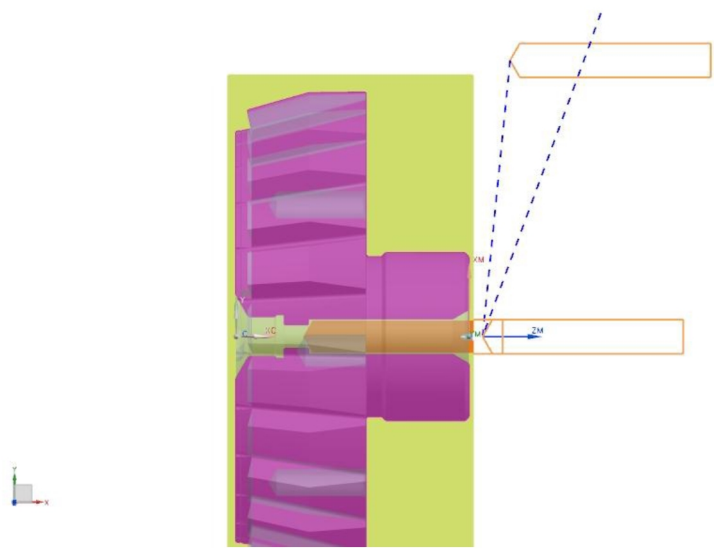
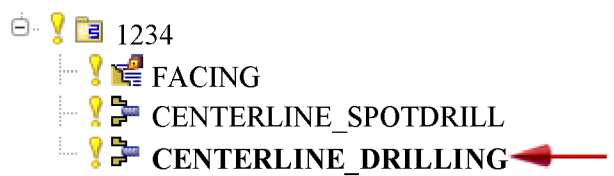



Рисунок 24 - завершения операции осевого сверления

▶ Нажмите **ОК** для завершения операции осевого сверления.



10.4.9 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ТОКАРНАЯ ЧЕРНОВАЯ» ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ


Нажмите "Создать операцию" 

▶ Нажмите **ROUGH_TURN_OD** 

- ▶ Задайте следующие параметры.

Программа	1234	▼
Инструмент	OD_80_L	▼
Геометрия	CONTAINMENT	▼
Метод	LATHE_ROUGH	▼

- ▶ Нажмите **ОК**.

- ▶ Нажмите кнопку **"Отобразить"** , которая расположена за кнопкой **"Область резания"**.

Операция использует осевую плоскость ограничения, заданную в объекте CONTAINMENT, чтобы ограничить область резания.

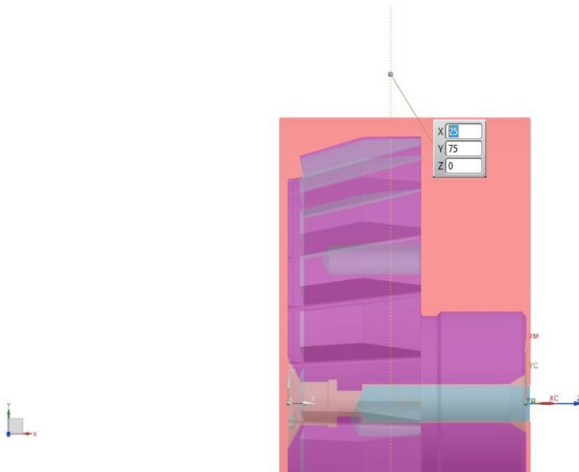



Рисунок 25 – использование осевой плоскости ограничения

- ▶ Нажмите **"Генерировать"** .

- ▶ Увеличьте  область проточки и обратите внимание, как инструмент погружается в проточку.

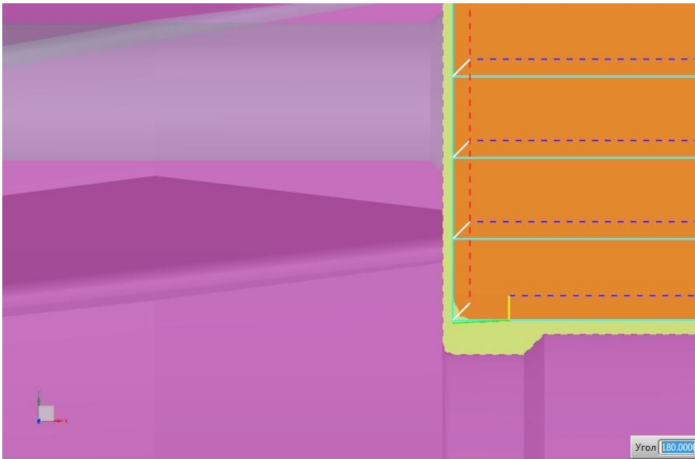


Рисунок 26 – «Увеличение» погружения инструмента в проточку

Это может быть исправлено путем подавления режима возврата. Этот режим не позволяет инструменту погружаться в области малых диаметров на детали.

- ▶ В списке "Режим возврата" выберите "Подавить".



- ▶ Нажмите "Генерировать" .

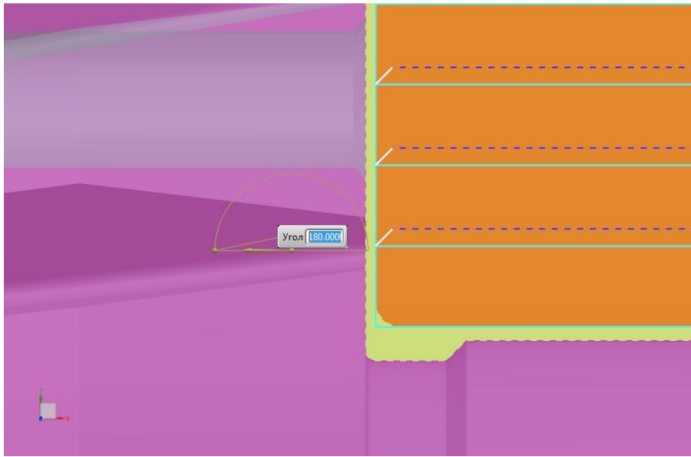
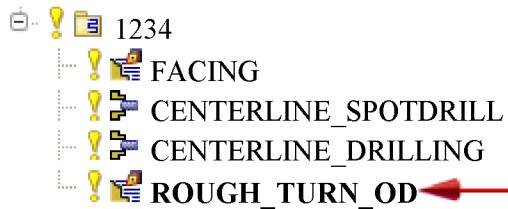





Рисунок 27 - завершения черновой операции


- ▶ Нажмите **ОК** для завершения черновой операции.





10.4.10 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ТОКАРНАЯ ЧИСТОВАЯ» ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ

- ▶ Нажмите "Создать операцию" .
- ▶ Нажмите **FINISH_TURN_OD** .
- ▶ Задайте следующие параметры.

Программа 1234 








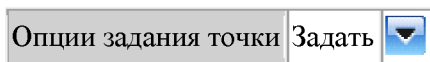
Инструмент	OD_55_L	
Геометрия	CONTAINMENT	
Метод	LATHE_FINISH	

- ▶ Нажмите **ОК**.

Определяем точки обрезки, которые будут ограничивать область резания для контура внешнего диаметра.

- ▶ В разделе **"Геометрия"** диалогового окна нажмите кнопку **"Изменить"** , которая расположена за кнопкой **"Области резания"**.

- ▶ В разделе **"Точка обрезки 1"** диалогового окна выберите **"Точка"** в списке **"Опции задания точки"**.



- ▶ Нажмите **"Задать точку"** .

- ▶ Выберите верх вертикального отрезка на конце детали.

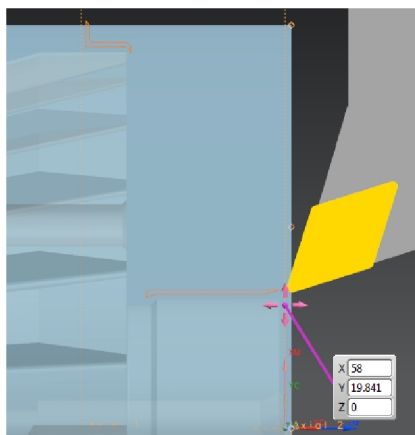
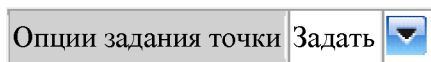



Рисунок 28 - Выбор верхнего вертикального отрезка на конце детали

- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ В разделе "**Точка обрезки 2**" диалогового окна выберите "**Точка**" в списке "**Опции задания точки**".



- ▶ Нажмите "**Задать точку**" .
- ▶ Выберите середину горизонтальной линии, как показано ниже.

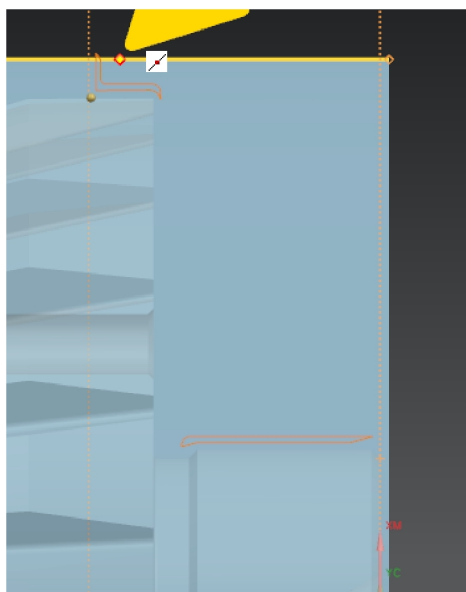
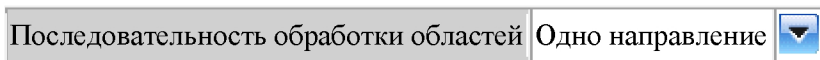


Рисунок 29 - Выбор середины горизонтальной линии


- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ В разделе "**Последовательность области**" диалогового окна выберите "**Множественный**" в списке "**Область обработки**".



- ▶ Выберите **"Одно направление"** в списке **"Последовательность области"**.



- ▶ Нажмите **ОК** для завершения создания области резания.

В разделе **"Геометрия"** диалогового окна нажмите кнопку **"Изменить"**, которая расположена за кнопкой  **"Настройка данных границы детали"**.

- ▶ Нажмите **"Изменить"**.
- ▶ Выберите элемент границы который задает правую сторону проточки.
- ▶ Включите флажок **"Игнорировать элемент"**.



- ▶ Выберите элемент границы который задает дно проточки и включите флажок **"Игнорировать элемент"**.
- ▶ Выберите элемент границы который задает левую сторону проточки и включите флажок **"Игнорировать элемент"**.

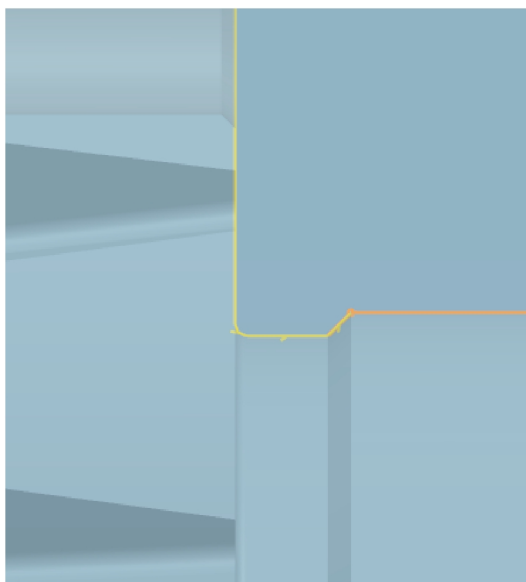


Рисунок 30 – Выбор границы элемента

- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ Нажмите **ОК** в окне **"Граница детали"**.

Нажмите **"Генерировать"** .

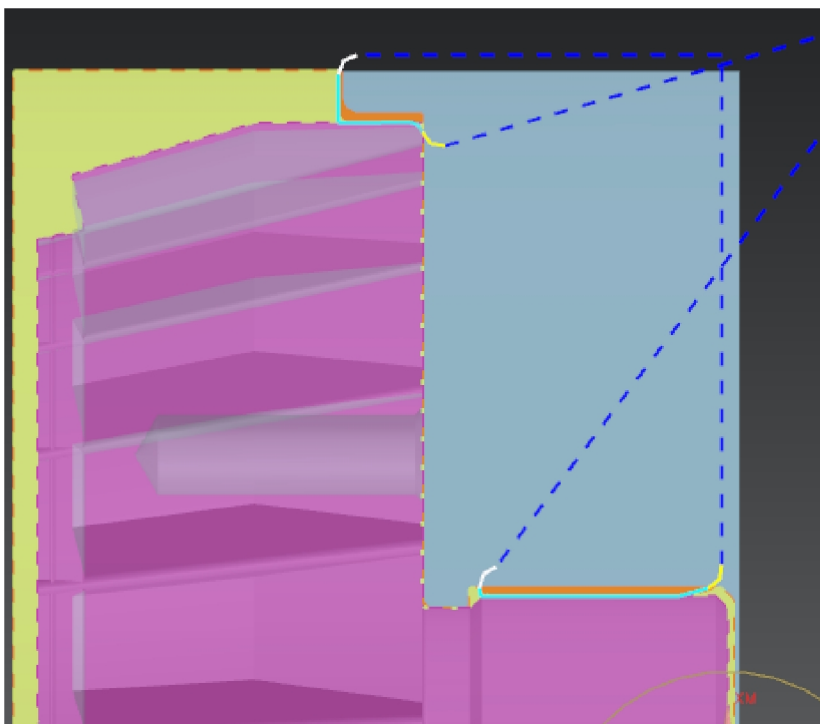
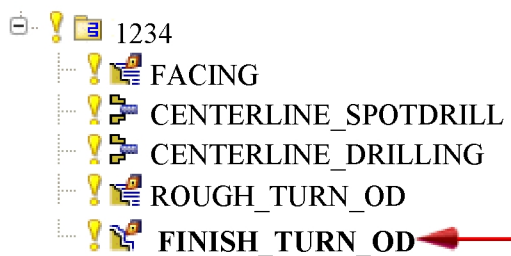


Рисунок 31 - завершения чистовой операции

▶ Нажмите **OK** для завершения чистовой операции.





10.4.11 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ПРОРЕЗКА КАНАВКИ» НА НАРУЖНОМ ДИАМЕТРЕ ДЕТАЛИ

Для создания этой операции необходимо определить инструмент

- ▶ Нажмите "Создать инструмент"  в панели инструментов.
- ▶ Нажмите "OD_GROOVE_L" .
- ▶ Выберите "STATION_06" в списке "Инструменты".
- ▶ Нажмите ОК.
- ▶ Нажмите ОК для завершения задания инструмента

1.1 Создаем операцию


- ▶ Нажмите "Создать операцию" .
- ▶ Нажмите "GROOVE_OD" .
- ▶ Задайте следующие параметры.

Программа	1234	
Инструмент	OD_GROOVE_L	
Геометрия	AVOIDANCE	
Метод	LATHE_GROOVE	

- ▶ Нажмите ОК.
- ▶ Из списка "Глубина резания", выберите опцию "Постоянная".




Далее определим плоскости обрезки, которые ограничивают область резания внутри канавки.

- ▶ В разделе "Геометрия" диалогового окна нажмите кнопку "Изменить" , которая расположена за кнопкой "Области резания".

- ▶ В разделе "Точка обрезки 1" диалогового окна выберите "Точка" в списке "Опции задания точки".



- ▶ Нажмите "Задать точку" .
- ▶ Выберите верх вертикального отрезка на левой стороне канавки, как показано ниже.

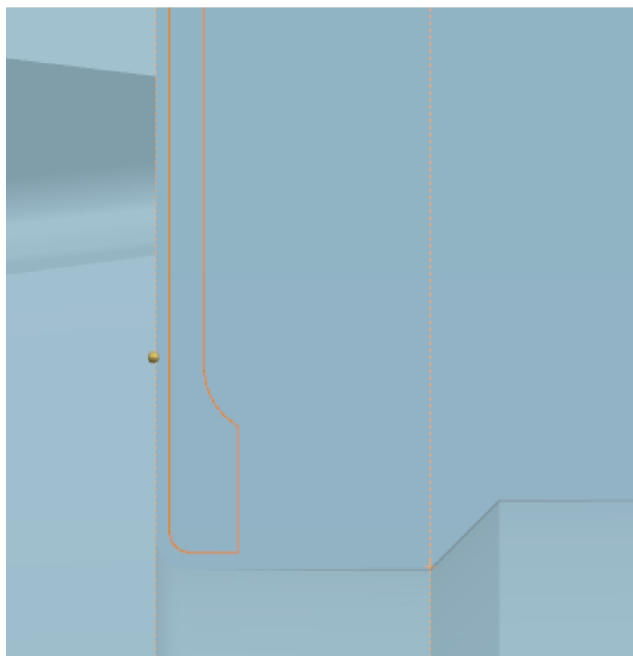
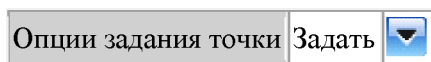



Рисунок 32 - Выбор верхнего вертикального отрезка на левой стороне канавки

- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ В разделе "**Точка обрезки 2**" диалогового окна выберите "**Точка**" в списке "**Опции задания точки**".



- ▶ Нажмите "**Задать точку**" .
- ▶ Выберите верхнюю вертикальную линию на правой стороне проточки, как показано ниже

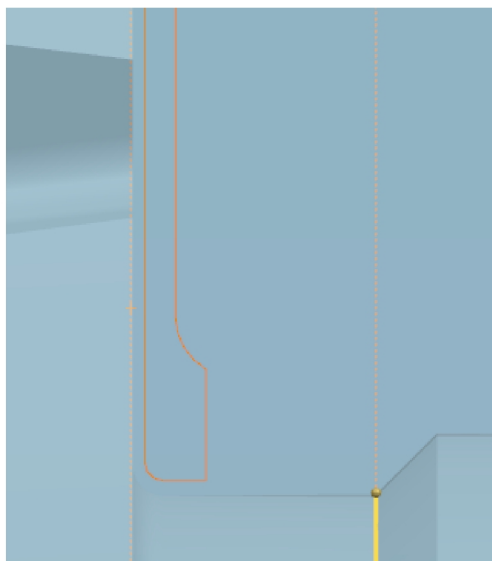


Рисунок 32 - Выбор верхней вертикальной линии на правой стороне проточки

- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ Нажмите **ОК "Области резания"**.

- ▶ Нажмите **"Генерировать"** .

Возможно столкновение инструмента с деталью при выходе из канавки. Это можно исправить, изменением перемещения в точку возврата.

- ▶ Нажмите **"Перемещения без резания"** .

- ▶ Выберите закладку **"Отход"**.

- ▶ В разделе "Перемещение в точку возврата / Плоскость безопасности" выберите "Радиальная→Осевая" в списке "Тип перемещения".



- ▶ Нажмите **ОК** для подтверждения в окне "Перемещений без резания".

- ▶ Нажмите "Генерировать" .

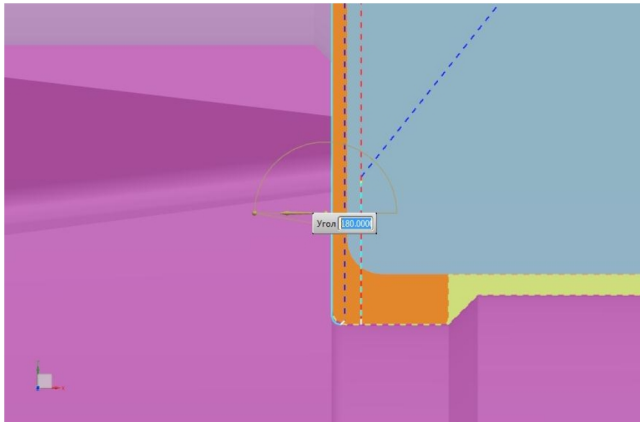
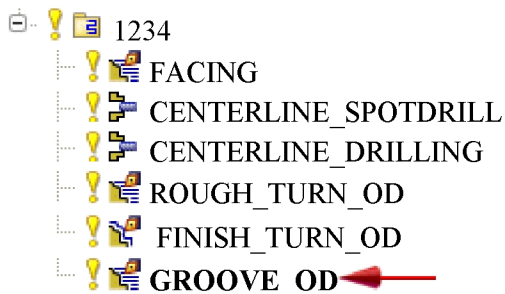




Рисунок 33 - завершения операции обработки проточки

- ▶ Нажмите **ОК** для завершения операции обработки проточки.



10.4.12 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ТОКАРНАЯ ЧЕРНОВАЯ» ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ



Задаем расточной инструмент

- ▶ Нажмите "Создать инструмент"  в панели инструментов.
- ▶ Нажмите "ID_55_L" .
- ▶ Выберите STATION_07 в списке "Инструменты".
- ▶ Нажмите ОК.
- ▶ Введите значение 0.4 в поле "Радиус при вершине".
- ▶ Введите 4.0 в поле "Длина" для задания длины режущей кромки.
- ▶ Выберите закладку "Держатель".
- ▶ Введите следующие значения.





(L) Длина	100.0000
(W) Ширина	6.0000
(SW) Ширина держателя	6.0000
(SL) Ось держателя	6.0000

- ▶ Нажмите ОК для завершения задания инструмента.

Создаем операцию

- ▶ Нажмите "Создать операцию" .
- ▶ Нажмите "Rough_BORE_ID" .

- ▶ Задайте следующие параметры.


Программа	1234	
Инструмент	ID_55_L	
Геометрия	AVOIDANCE	
Метод	LATHE_ROUGH	

- ▶ Нажмите **ОК**.
- ▶ Выберите опцию "**Подавить**" в списке "**Режим возврата**".

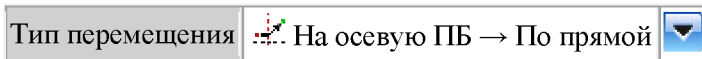


Опция "Подавить обратные проходы" не позволяет инструменту опускаться в проточку.

Задаем тип перемещения, который позволяет инструменту избегать столкновений с деталью при перемещении в точку возврата.

- ▶ Нажмите "**Перемещения без резания**" .
- ▶ Выберите закладку "**Отход**".

- ▶ В разделе "**Перемещение в точку возврата / Плоскость безопасности**" выберите опцию "**Радиальная→Осевая**" в списке "**Тип перемещения**".



На осевую ПБ → По прямой перемещает инструмент на осевую плоскость безопасности, перед перемещением в исходную точку.

- ▶ Нажмите **ОК** для подтверждения перемещений без резания.

▶ Нажмите "Генерировать" 

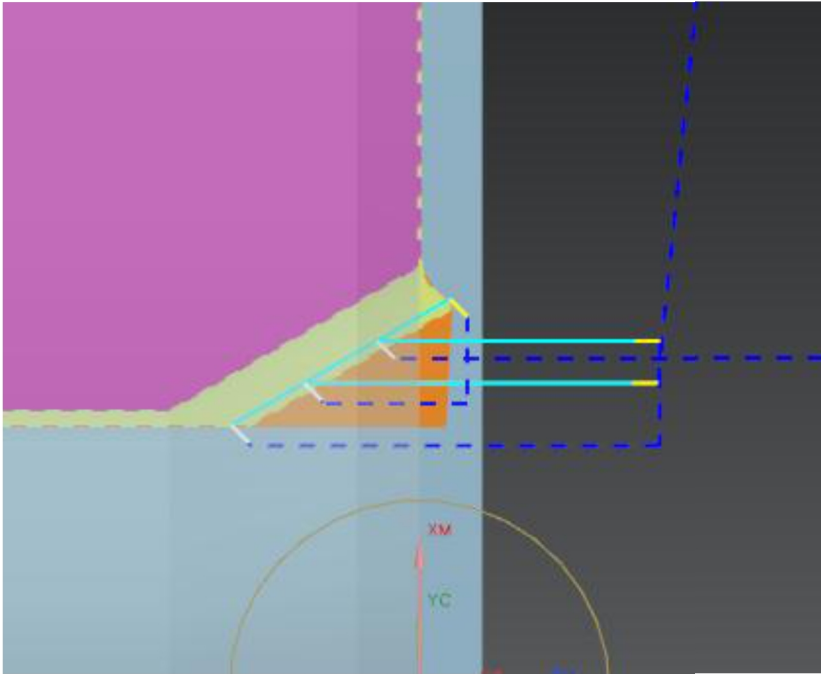
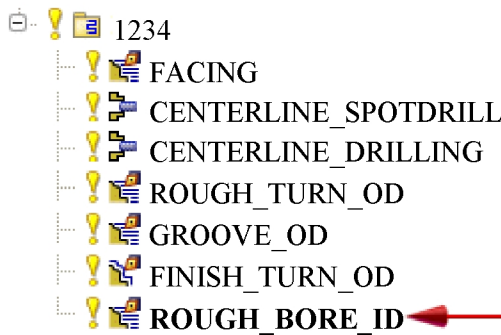


Рисунок 34 - завершения черновой операции

▶ Нажмите **ОК** для завершения черновой операции.







10.4.13 СОЗДАНИЕ ОПЕРАЦИИ «ЧИСТОВАЯ ТОКАРНАЯ» ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ДЕТАЛИ

- ▶ Нажмите "Создать операцию" .

- ▶ Нажмите "FINISH_VORE_ID" .

- ▶ Задайте следующие параметры.

Программа	1234	
Инструмент	ID_55_L	
Геометрия	AVOIDANCE	
Метод	LATHE_FINISH	



- ▶ Нажмите **ОК**.

Эти шаги задаем тип перемещения, который позволяет инструменту избегать столкновений с деталью при перемещении в точку возврата.

- ▶ Нажмите "Перемещения без резания" .

- ▶ Выберите закладку "Отход".

- ▶ В разделе "Перемещение в точку возврата / Плоскость безопасности" выберите опцию "Радиальная→Осевая" в списке "Тип перемещения".

Тип перемещения	 На осевую ПБ → По прямой	
-----------------	--	---

- ▶ Нажмите **ОК** для подтверждения перемещений без резания.

- ▶ Нажмите "Генерировать" .

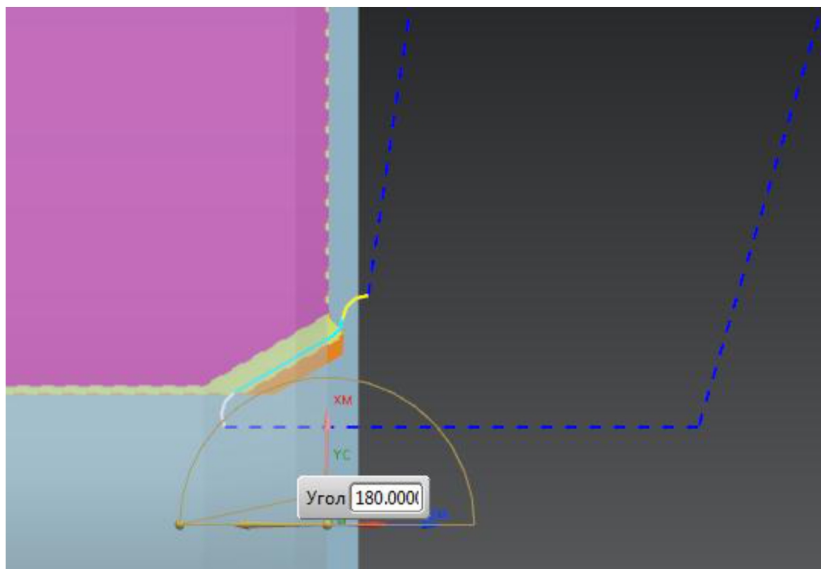
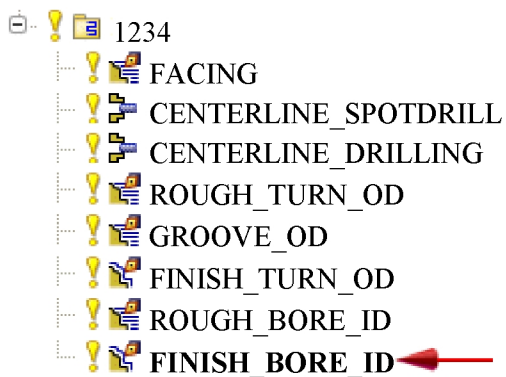


Рисунок 35 - завершения чистовой операции

- ▶ Нажмите **ОК** для завершения чистовой операции.



На этом сеанс программирования завершен.

10.4.14 ВЫВОД УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

После создания траекторий можно вывести управляющую программу обработки.

Кроме генерация управляющей программы с помощью постпроцессора необходимо еще создать технологическую документацию.

Постпроцессор преобразует универсальные внутренние данные о траектории инструмента (CLDATA) в формат, станка и конкретной системы ЧПУ.

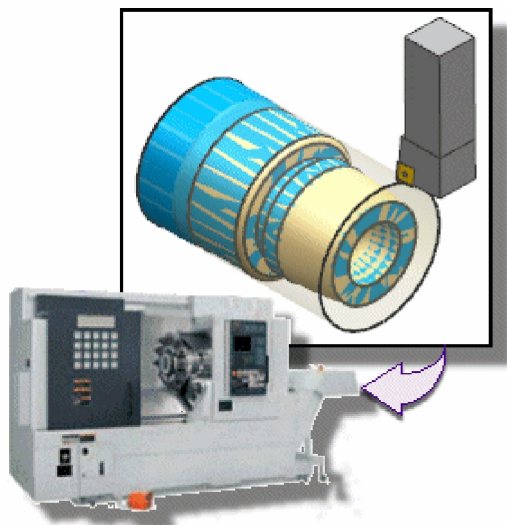


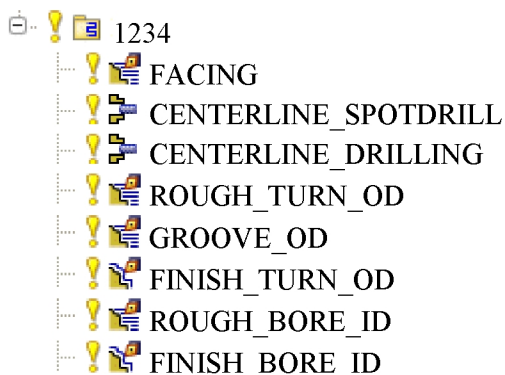
Рисунок 36 - инструмент (CLDATA)

Для генерации управляющей программы с помощью постпроцессора, операции должны содержать сгенерированные траектории

инструмента. Каждая операция должна отображаться со значком состояния "Требуется вывод" (!) или "Законченная" (✓).

- ▶ Нажмите **"Вид программ"**.

Каждая операция в программе отображается в состоянии "Требуется вывод" (!).



Эти шаги выводят программу на постпроцессор.

- ▶ В **Навигаторе операций** выберите программу **1234**.



- ▶ Нажмите **"Постпроцессор"**  в панели инструментов.


Универсальные постпроцессоры поставляемые с системой отображаются в списке доступных постпроцессоров.

- ▶ В окне **"Постпроцессор"** выберите **"LATHE_2_AXIS_TURRET_REF"** в списке **"Постпроцессоров"**.

▶ Выберите **"Поиск выходного файла"** и задайте каталог для записи.


▶ Нажмите **ОК** для вывода на постпроцессор.

Траектории инструмента выводятся в выходной файл и выводятся ее листинг в информационное окно.

▶ Закройте  информационное окно

Технологическая документация может быть создана для оператора станка, сборщика и настройщика инструмента и других рабочих, которым необходимо иметь информацию о настройке обработки.


Документация может выводиться в тестовом формате или в формате HTML.

▶ Нажмите **"Цеховая документация"**  в панели инструментов или выберите **"Информация"** → **"Цеховая документация"**.

▶ Выберите **Список инструмента (TEXT)** в списке **Формат отчета**.

▶ Выберите **"Поиск выходного файла"** и задайте каталог для записи.

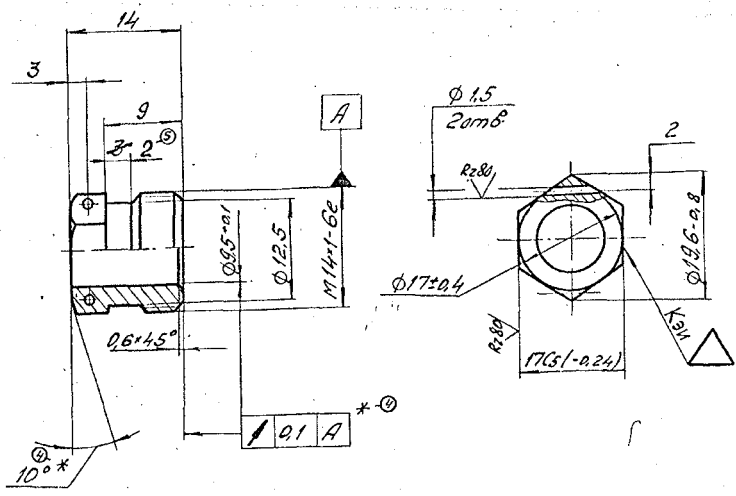
▶ Нажмите **ОК** в окне **"Цеховая документация"** для подтверждения стандартного имени выходного файла.

▶ Закройте  информационное окно.

▶ В главном меню выберите **"Файл"** → **"Закрывать"** → **"Все детали"**.

▶ Нажмите **"Не закрывать"**

Rz40 (✓) (✓)



Т. инж. Г. Писарев, изобретатель
 № докум. Подп. и дата
 Разм. инж. М. Ивн. № 5708. Подп. и дата
 Чертеж № Перв. изобрет.

ЕСКД

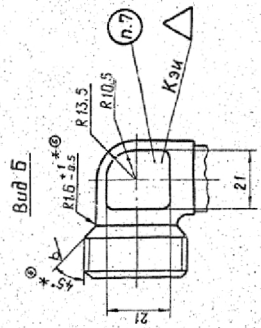
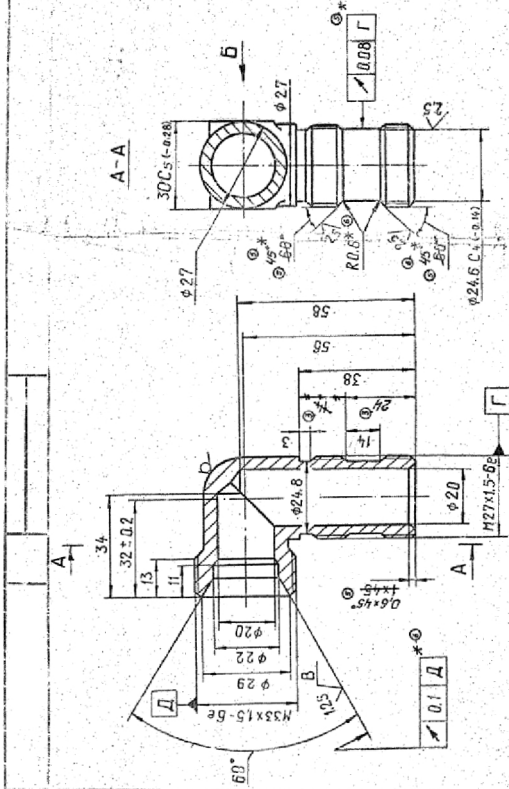
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т. контр.				
Нач. ОББ				
Н. контр.				

Гайка
 Титан, сплав BT3-1
 OCT 1 90173 75

Лист	Масса	Масштаб
1	0,005	2:1
Лист		Листов

Рез 40 (N)

1. Штамповка III группы
 2. НВ 269 ... 353. Грубого контроля 4.
 3. Отклонения размеров не обрабатываемых поверхностей по ГОСТ 14187-78, к.в. 6.
 4. Неуказанные штамповочные радиусы 2 мм.
 5. Резьбу Г нарезают с обеих сторон.
 6. Поверхи В обработать по методу 16В.
 7. Маркировать "ВТ" способом Ж.
 8. Неуказанные предельные отклонения размеров - по 722 АТ.
 9. Покрытые резьбы Г Ср.З.
- Допускается покрытие резьбы Г, кроме покрытой В и резьбы Д.



ЕСК Д

018.2011

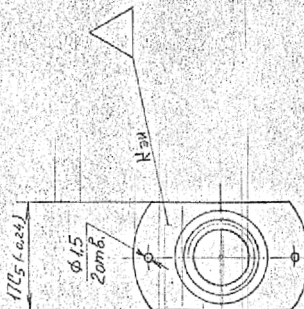
УГОЛЬНИК

Титан сплав ВТ3-1

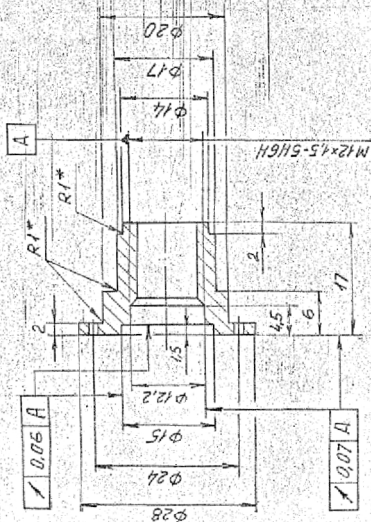
№ п/п	Шифр детали	Шифр сборки	Имя	Дата	Масштаб		Шкала
					Исходный	Числовой	
						1:1	

Имя	Дата	Имя	Дата	Имя	Дата	Имя	Дата

R20



1. НИМ не менее 0.3,
2. Покрытые резьбы гр. 3.
3. *Размер обеспечить интр.
4. Маркировать Ч на бурже.
5. После травления к изготовлению по 36.820.000 ТУ.



Изм.	Лист	№ докум.	Длина	Дата
1	1	003	81	
Исполн.	Провер.	Т. контрол.	Нач. ОКБ	Ин. комп.
Штуцер				
Сталь 12Х18Н10Т				

Изм. №	№ докум.	Изм. №	№ докум.	Изм. №	№ докум.	Изм. №	№ докум.	Изм. №	№ докум.
Ст. экск.	Исполн.	Провер.	Т. контрол.	Нач. ОКБ	Ин. комп.	М. проектиров.	Лист	Листов	

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

По разделу «Технологический анализ чертежа детали»

1. Технологический анализ рабочего чертежа детали: Метод, указания (Сост.: - Крашенинников К.П., Курбатов В.П.) — Куйбышев: КуАИ, 1980.
2. Технологичность конструкции изделий: Справочник / Под ред. Ю. Д. Аморова.— М.: Машиностроение, 1990, 768 с.
3. Серебrenицкий П.П. Общетехнический справочник. – СПб.: Политехника, 2004. – 445 с.: ил. – (Серия: В помощь технологу-машиностроителю. Выпуск 1).

По разделу "Получение заготовок"

4. Афонькин М. Г., Матющкая М. В. Производство заготовок в машиностроении.— Л.: Машиностроение 1987, 256 с.
5. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник. — М.: Машиностроение, 1989, 304 с.
6. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах / Под ред. Е. И. Семенова. — М.: Машиностроение, 1986—1987.
7. Ковка и штамповка цветных металлов: Справочник /Под ред. Я. И. Корнеева и др. — М.: Машиностроение, 1972.
8. Шулепов А.П., Трухман И.М., Шитарев И.Л. Проектирование заготовок деталей авиационных двигателей, получаемых методами горячего объемного деформирования. Учебное пособие: - Самара, СГАУ, 1998, 50 с.

По разделу "Проектирование технологических процессов"

9. Демин Ф. И. и др. Проектирование технологических маршрутов изготовления деталей /Демин Ф. И., Крашенинников К. П., Фильмошин В. Г., Шитарев И. Л. Самара: СГАУ, 1994
10. Иващенко И. А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1981, 224 с.
11. Иващенко И. А., Трухман И. М. Расчет размерно-точных параметров механической обработки заготовок; Учеб. пособие. Самара: СГАУ, 1993.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1955.
13. Краткий справочник металлиста /Под ред. П. И. Орлова. М.: Машиностроение, 1986.
14. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – Машиностроение. 1988. – 736 с.: ил.

По разделу "Режимы резания и нормирование операций"

15. Зайцев В. М., Летин В. И. Расчет наиболее выгодного режима резания при точении. Куйбышев: КуАИ, 1984.

16. Нормативы времени на слесарно-сборочные работы. М.: Машиностроение, 1974.

17. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1974. Ч.1 и 2.

18. Режимы резания труднообрабатываемых металлов: Справочник (*Гуревич Я. А., Горелов М. В.*). М.: Машиностроение, 1986.

19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А. Батуев и др. – Машиностроение, 1991.

По разделу "Эскизы графических операционных карт"

20. Проектирование схем технологических наладок на операции механической обработки резанием: Учеб. пособие/ Е.И. Федин, В.П. Кузнецов, А.С. Ямников. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – 116 с.

21. Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А.

Обработка отверстий. Справочник сверловщика – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 272 с., ил.

22. Махаринский Е.И., Горохов В.А.

Основы технологии машиностроения: Учебник. – Мн.: Высш. шк., 1997. – 423 с.: ил.

23. Проектирование технологической оснастки: Учебник / А.П. Шулепов, В.А. Шманев, И.Л. Шитарев. Под общей редакцией А.П. Шулепова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1996. - 332 с.

24. Альбомы отраслевых каталогов металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1981-1985.

25. Металлорежущие инструменты: Каталог в 4-х частях. М.: НИИМАШ, 1971.

26. Станочные приспособления: Справочник в 2-х частях / Под ред. Б.И. Вардашкина и др. М.: Машиностроение, 1984.

27. *Горошкин А. Е.* Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1979.

28. *Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Банков А. Н.* Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990.

29. Переналаживаемая технологическая оснастка /*В. Д. Бирюков* и др. М.: Машиностроение, 1988.