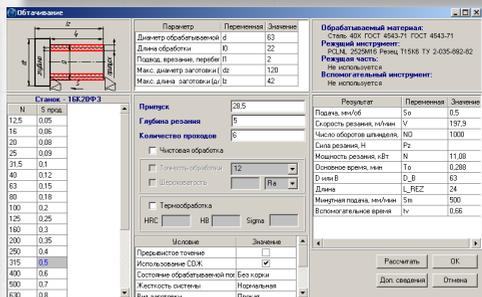
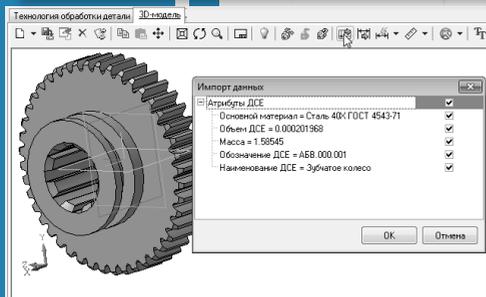
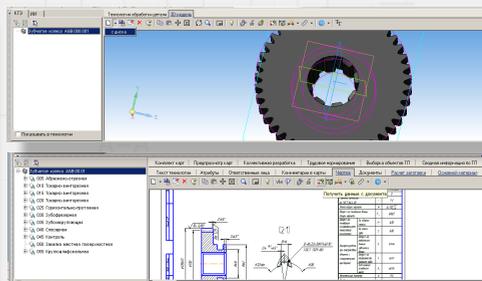
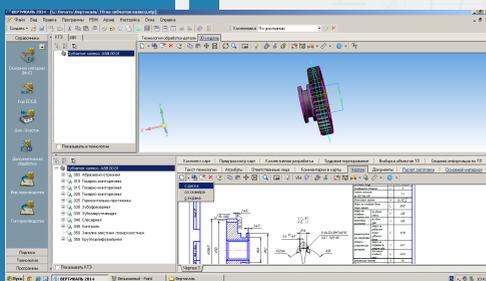


Д.Г. Левашкин, Д.А. Расторгуев

# РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА БАЗЕ САПР «ВЕРТИКАЛЬ»

Электронное учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2020

ISBN 978-5-8259-1515-9

УДК 621.8(075.8)

ББК 34.63–5

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, руководитель инженерной службы  
ООО «Диамера» *Д.Е. Салабаев*;

канд. техн. наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии  
машиностроительного производства» *А.А. Козлов*.

Левашкин, Д.Г. Разработка и моделирование технологии изготовления деталей на базе САПР «Вертикаль»: электронное учебно-методическое пособие / Д.Г. Левашкин, Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1515-9.

В пособии изложены ключевые сведения по основам работ в САПР «Вертикаль», включая описание основных приемов работы для самостоятельного моделирования и разработки технологических процессов деталей машин. Рассмотрены этапы твердотельного моделирования; составление маршрута технологического процесса; выбор оборудования, станочных приспособлений, режущего и измерительного инструмента; расчет режимов резания, норм времени; конечное формирование комплекта технологической документации.

Пособие предназначено для практико-ориентированного обучения по направлению подготовки магистров 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств» (для изучения дисциплины «Компьютерные технологии в автоматизированном машиностроении»), профиль «Технология автоматизированного машиностроения».

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2020



## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЭТАПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ .....	7
1.1. Формирование исходных данных .....	7
1.2. Анализ служебного назначения детали и условий работы ...	8
1.3. Химический состав и механические свойства .....	8
1.4. Классификация поверхностей .....	9
1.5. Определение типа производства .....	9
1.6. Выбор метода получения заготовки .....	10
2. МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭТАПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ САПР «ВЕРТИКАЛЬ» .....	11
2.1. Создание проекта .....	11
2.2. Формирование технологических операций обработки детали .....	17
3. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ .....	22
4. РАСЧЕТ МЕЖПЕРЕХОДНЫХ РАЗМЕРОВ .....	24
5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ .....	26
6. ФОРМИРОВАНИЕ МАРШРУТНЫХ КАРТ .....	31
7. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ .....	33
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ .....	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	36
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	37
Приложение 1 .....	38
Приложение 2 .....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Современное машиностроение характеризуется высокими темпами внедрения информационных технологий, которые на производстве реализуются в различных формах управления технологическими процессами. Реализация информационных технологий осуществляется путем интеграции специального программного обеспечения, средств моделирования и мониторинга технологических процессов (ТП), цехового и внецехового оснащения, оборудования и станков с числовым программным управлением (ЧПУ), обрабатывающих центров, роботов и т. д. либо в инженерных бюро – на рабочих местах, оснащенных специализированным программным обеспечением (САПР).

Последнее время активно внедряются технологии, построенные на общей расчетно-информационной платформе оборудования и САПР; получили развитие так называемые аддитивные технологии. Функционирование таких САПР построено на концепции «сквозного проектирования», когда в качестве объекта производства рассматривается модель изделия, а все этапы подготовки производства моделируются с применением только этой модели.

Подготовка производства согласно данной концепции предполагает необходимость в автоматизации деятельности отечественных технологических служб предприятий, которые не всегда оснащены современным и программируемым оборудованием. На практике это является существенным ограничивающим фактором, ведущим к росту трудоемкости подготовки производства, а также снижению его гибкости.

Именно этими факторами объясняется необходимость создания и внедрения комплексных пакетов прикладных программ, обеспечивающих управление процессами организации и подготовки производств согласно современным требованиям.

Одними из первых отечественных САПР ТП являются программные продукты фирмы «Аскон». Так, в данной работе рассматривается проектирование технологического процесса механической обработки с помощью одного из программных продуктов этой фирмы – САПР «Вертикаль».

Целью данной работы являются получение магистрантами углубленных знаний о современных системах проектирования и моделирования технологических процессов и режимов функционирования оборудования; формирование знаний основ методов расчета, моделирования технико-экономических показателей технологических процессов и критериев производительности современного оборудования и станочных систем с применением САПР.

Магистрантам предлагается апробировать основные принципы управления производственными процессами, процедурами автоматизации проектирования технологических операций, выбора режимов функционирования производственным оборудованием на примере САПР «Вертикаль».

Обеспечивается решение ряда задач, позволяющих научить будущих магистров самостоятельно вести моделирование основных технологических процессов изготовления изделий с элементами управления режимом функционирования станочных систем и современного оборудования, вести моделирование показателей автоматизированных систем оборудования в зависимости от вида и организации автоматизированного производства.

В результате изучения курса магистрант сможет самостоятельно выполнять математическое моделирование и разработку процессов автоматизированного производства с использованием современных компьютерных технологий проектирования.

Данная работа также может быть рекомендована в качестве опорного пособия производственным подразделениям организаций, осуществляющих подготовку инженерных кадров для формирования навыков работы на современном зарубежном или отечественном автоматизированном оборудовании.

# 1. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЭТАПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

## 1.1. Формирование исходных данных

В САПР «Вертикаль» в качестве исходных данных используют объемную модель детали и ее чертеж. Ниже приведены чертеж (рис. 1.1) и 3D-модель зубчатого колеса (рис. 1.2).

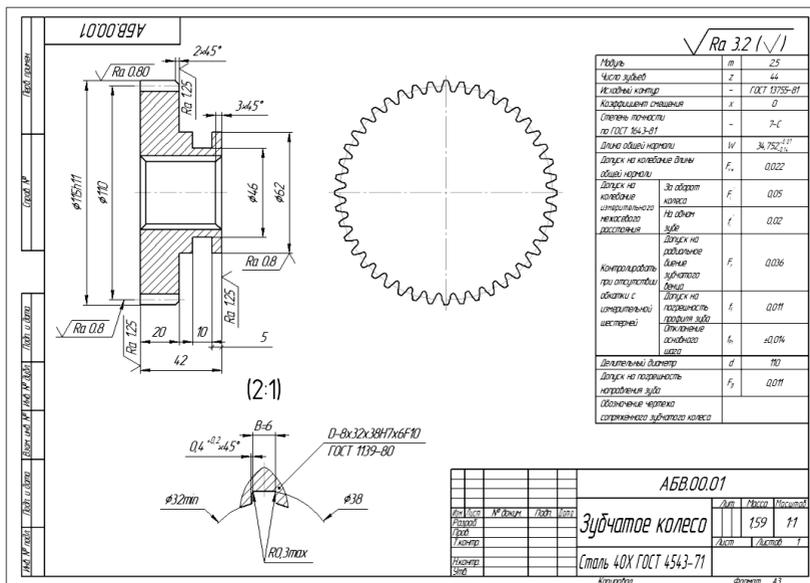


Рис. 1.1. Чертеж детали

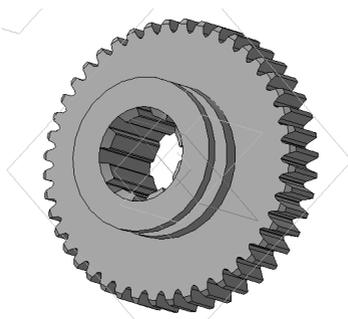


Рис. 1.2. 3D-модель детали

## 1.2. Анализ служебного назначения детали и условий работы

Все последующие шаги по подготовке данных ведутся на основании рекомендаций [3; 7; 9; 12]. Анализ условий работы ведется согласно рекомендациям [9].

Например, колесо зубчатое предназначено для передачи крутящего момента с ведущего вала посредством боковой поверхности шпонки на ведомый посредством боковой поверхности зуба. Нагрузки – циклические, неравномерные, условия смазки – удовлетворительные [5; 9].

## 1.3. Химический состав и механические свойства

Материал рассматриваемой детали – сталь 40X (ГОСТ 4543–71) – имеет термообработку HRC 32–38, что соответствует закалке и высокому отпуску с охлаждением на воздухе. Химический состав стали и ее микроструктура должны соответствовать ГОСТ 4543–75, ГОСТ 1435–74, ГОСТ 1414–75, ГОСТ 5949–75, ГОСТ 20072–74 [6]. В табл. 1.1 и 1.2 приведены химический состав и механические свойства соответственно.

Таблица 1.1

### Химический состав

Марка материала	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
Ст. 40X ГОСТ 4543–75	0,36– 0,44	0,17– 0,37	0,5–0,8	не более 0,8–1,1	0,035	0,035	0,3

Таблица 1.2

### Механические свойства стали 40X

Твердость поверхности	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Термообработка
HB 217-552	980	785	Нормализация

## 1.4. Классификация поверхностей

В табл. 1.3 по рис. 1.3 сгруппированы поверхности по служебному назначению [9].

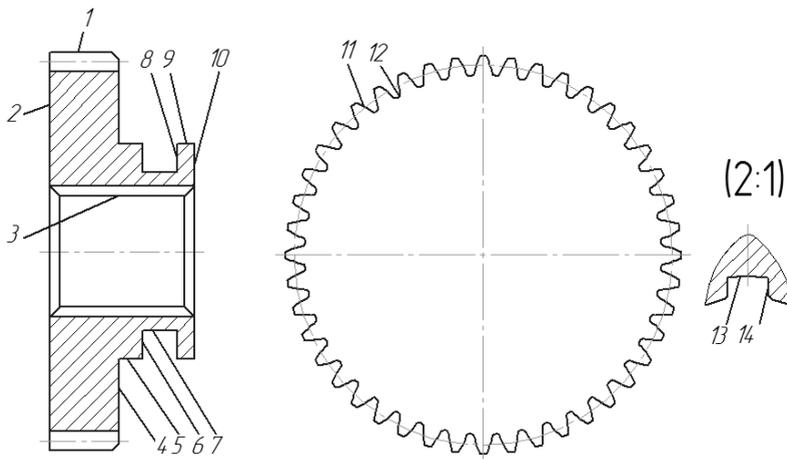


Рис. 1.3. Номера поверхностей

Таблица 1.3

### Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Исполнительные	11, 14
Основные конструкторские базы	3, 2
Вспомогательные конструкторские базы	10
Свободные	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13

## 1.5. Определение типа производства

Для рассматриваемой детали в зависимости от объема выпуска (определяется заданием) 5000 деталей/год и массы детали 1,59 кг определяются тип производства и среднесерийные (по табл. 1.4) организационно-технические характеристики [9].

Таблица 1.4

## Характеристики типа производства

Характеристики	Среднесерийное производство
Номенклатура изделий	Средняя
Объемы выпуска изделий	Средние
Длительность выпуска	Средняя
Оборудование	Универсальное и специализированное, с ЧПУ
Оснастка	Универсальная и специализированная
Степень механизации и автоматизации	Средняя
Квалификация рабочих	Средняя
Форма организации	Групповая, переменнo-поточная
Расстановка оборудования	По группам станков, предмет- но-замкнутые участки
Виды технологических процессов:	
– по универсальности	Типовые, групповые, единичные
– по подробности описания	операционные
Коэффициент закрепления операций $K_{3,0}$	Св. 10 до 20
Методы определения операционных размеров	Расчетно-аналитический; решение операционных размерных цепей
Метод обеспечения точности	Настроенное по пробным деталям оборудование
Метод нормирования	Аналитический – расчетный

**1.6. Выбор метода получения заготовки**

В качестве исходной заготовки при изготовлении зубчатого колеса используется прокат.

## 2. МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭТАПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ САПР «ВЕРТИКАЛЬ»

### 2.1. Создание проекта

В САПР «Вертикаль» создание технологического процесса (ТП) возможно тремя методами:

- наполнением дерева ТП операциями и переходами;
- наполнением дерева КТЭ с получением планов обработки;
- редактированием существующего процесса-аналога либо типового (группового) техпроцесса.

В данном примере мы будем наполнять дерево ТП технологическими операциями и переходами.

Перед началом работы необходимо создать 2D-чертеж и 3D-модель детали в программе «Компас-3D» (рис. 2.1) и подготовить исходные данные для разработки технологического процесса

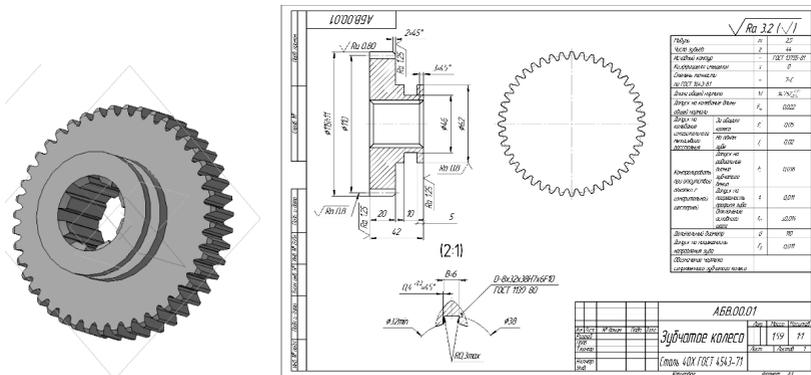


Рис. 2.1. Комплект документации для проектирования ТП

Запустив программу «Вертикаль», создаем техпроцесс. Для этого необходимо выбрать в основном меню **Файл – Создать – ТП на деталь** или нажать кнопку **Создать** на инструментальной панели (рис. 2.2).

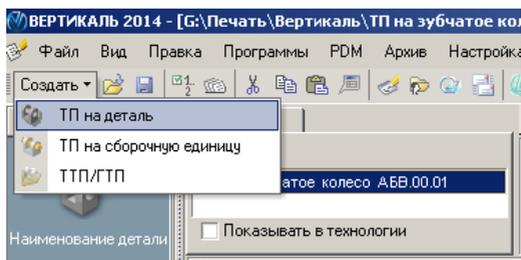


Рис. 2.2. Создание технологического процесса

В появившемся диалоге вводим: ДСЕ – в поле **Обозначение** – *АБВ.000.001*; в поле **Наименование** – *Зубчатое колесо*; **Технология** – в поле **Обозначение** – *АБВ.000.001\_ТП* (рис. 2.3) и нажимаем **ОК**.

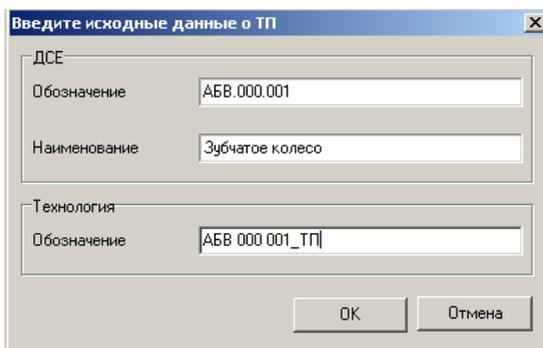


Рис. 2.3. Ввод исходных данных

В результате окно программы будет выглядеть так, как показано на рис. 2.4. Сохраняем созданный ТП в папке под именем «ТП на зубчатое колесо» в формате \*.vtp.

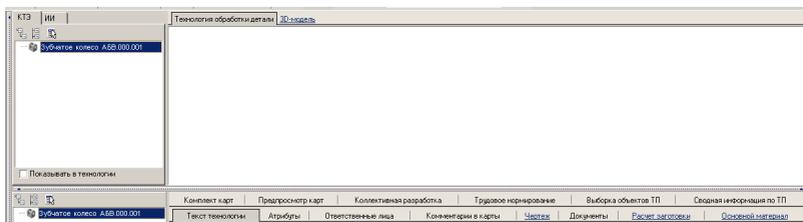


Рис. 2.4. Исходное окно программы для проектирования ТП

На вкладке **3D-модель** в окне вкладок дерева КТЭ нажимаем кнопку **Добавить – с диска**. В появившемся окне **Открыть** выбираем в папке файл 3D-модели с форматом **.m3d** и нажимаем **ОК** (рис. 2.5).

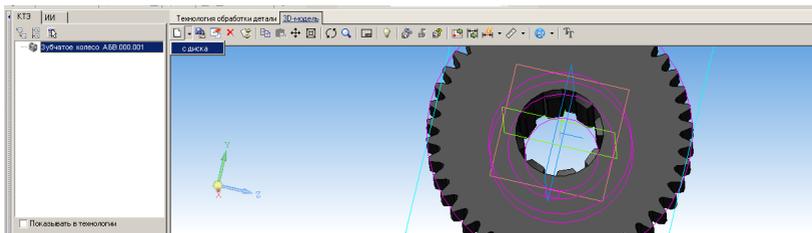


Рис. 2.5. Загрузка модели с диска

Чтобы перенести основные параметры модели в проект, нажимаем кнопку **Получить данные с документа**. Ставим галочку в ячейке **Атрибуты детали** и нажимаем **ОК** (рис. 2.6).

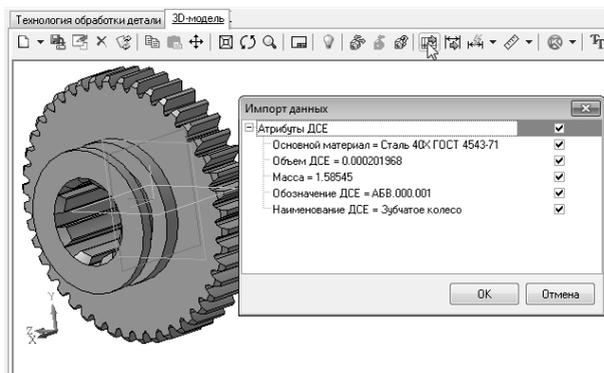
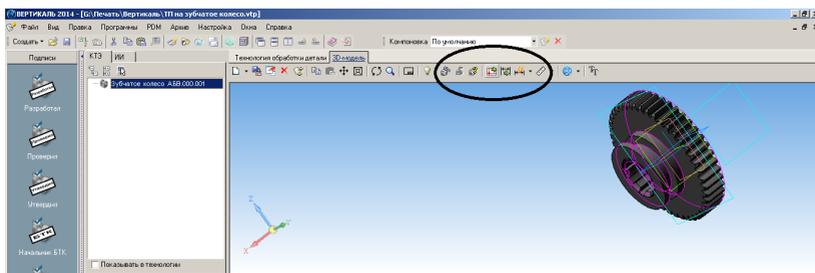


Рис. 2.6. Выбор и указание атрибутов детали при ее импорте

Далее выбираем материал детали. Для этого на панели вызова справочников и программ нажимаем кнопку справочника *MuC*. В открывшемся справочнике последовательно выбираем *Металлы черные – Стали – Стали легированные – Сталь 40X – Круг (г/катаный) 0120*; выбираем первый из предложенного сортамента и нажимаем кнопку **Применить** или комбинацию клавиш **Ctrl+Enter** (рис. 2.7).

Типоразмер	Площадь сечения...	Масса ед. пог. ...	Идентификатор
46			n23f5skZ.DneCTO2QsFs4c-.Z
78			nQ2i6slVtePa3rl_hjQeVc-.ZnI
20			Nt199sEA5xoGK1OyMlp3od-.Z
170			Oak1PthTvjVjgDFTSbNvcoo-..
41			oBycxr_G05N5FPTSOSqFpb-...
12			oJaqrTFdzKGHNUJ_fZertb-.Zn
57			oPb.GtuYIzkF.EUyIRnV6d-.Zn
120			oplL0vs2b1eXutqP9724.Zb-.Zi
23			nN.eVqwt4d785pcVYGxVnha-..

Рис. 2.7. Выбор материала в справочнике *MuC*

Затем выбираем тип производства. Для этого на панели вызова справочников и программ выбираем *Тип производства*. В открывшемся окне УТС выбираем *Среднесерийное* и нажимаем **Применить** (рис. 2.8).

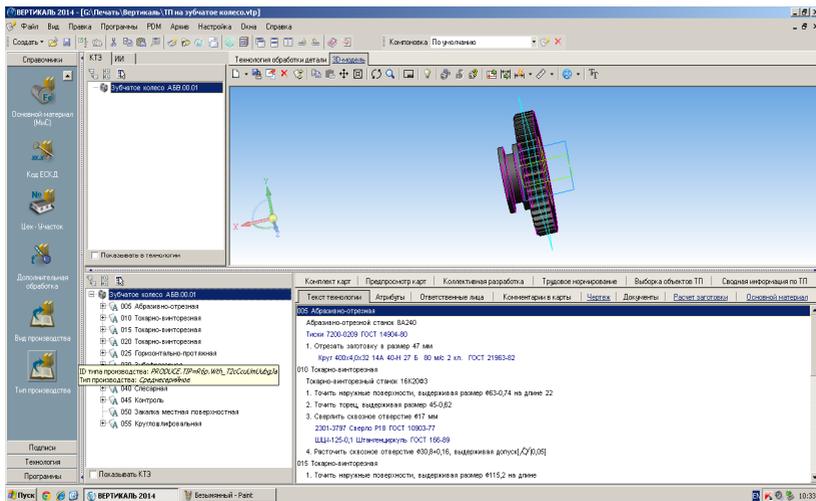


Рис. 2.8. Выбор типа производства

Далее выбираем группу опций **Дополнительная обработка**. Для этого на панели вызова справочников и программ находим справочник **Дополнительная обработка**. Открываем окно УТС, выбираем **Закалка** и нажимаем **Применить**. В случае необходимости выбираем атрибут **Вид доп. обработки** (рис. 2.9).

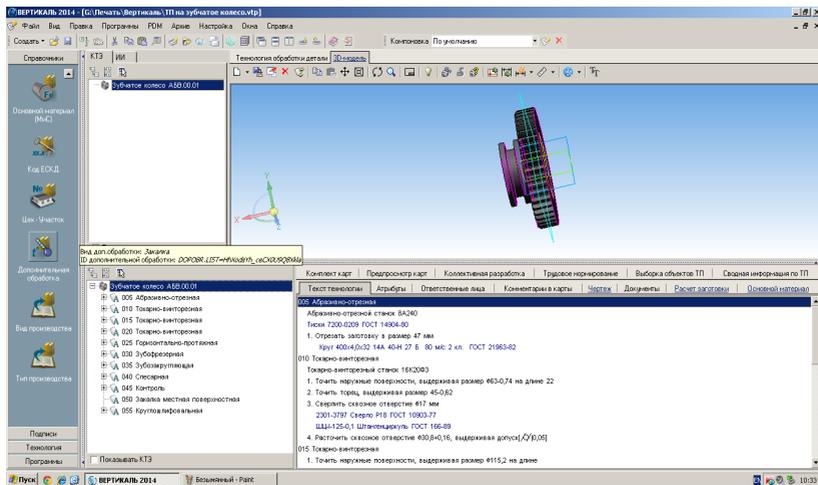


Рис. 2.9. Выбор типа дополнительной обработки

Теперь переносим с чертежа детали размеры. Для этого необходимо перейти во вкладку **Чертеж** в окне вкладок дерева ТП. На инструментальной панели вкладки выбираем из меню кнопки **Добавить** способ добавления чертежа **с диска**. В открывшемся окне находим в папке, где лежит 2D-чертеж, файл формата **.cdw** и нажимаем **ОК** (рис. 2.10).

Для переноса данных с чертежа воспользуемся кнопкой **Получить данные с документа** на панели инструментов вкладки **Чертеж** (рис. 2.11).

Указываем курсором импортируемый размер **115h11**. В открывшемся диалоговом окне **Импорт САД-параметра** устанавливаем курсор в строке **Диаметр (Высота детали)**, нажимаем **Присвоить**, а затем **ОК** (рис. 2.12).

Таким же способом добавляем ширину детали 42 мм.



## 2.2. Формирование технологических операций обработки детали

На панели вызова справочников и программ выбираем *Вид производства*. В открывшемся окне УТС выбираем *Обработка резанием* и нажимаем *Применить* (рис. 2.13).

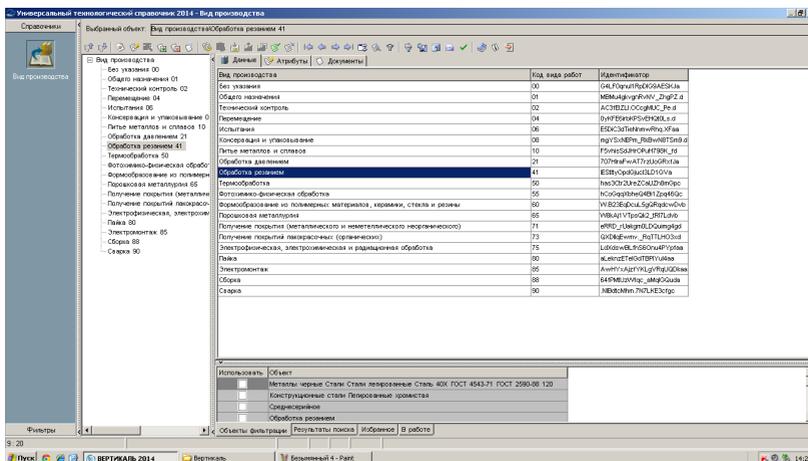


Рис. 2.13. Выбор вида производства

Далее в окне дерева ТП на названии детали нажимаем правую кнопку мыши и выбираем **Добавить операцию** (рис. 2.14).

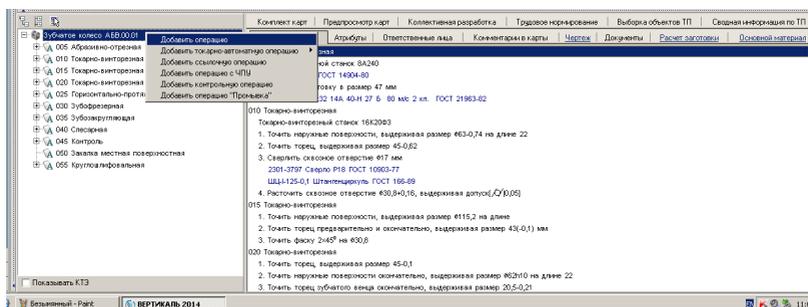


Рис. 2.14. Выбор вида операции

В открывшемся окне справочника операций последовательно выбираем *Обработка резанием – Отрезная – Абразивно-отрезная* и нажимаем **Применить** (рис. 2.15).

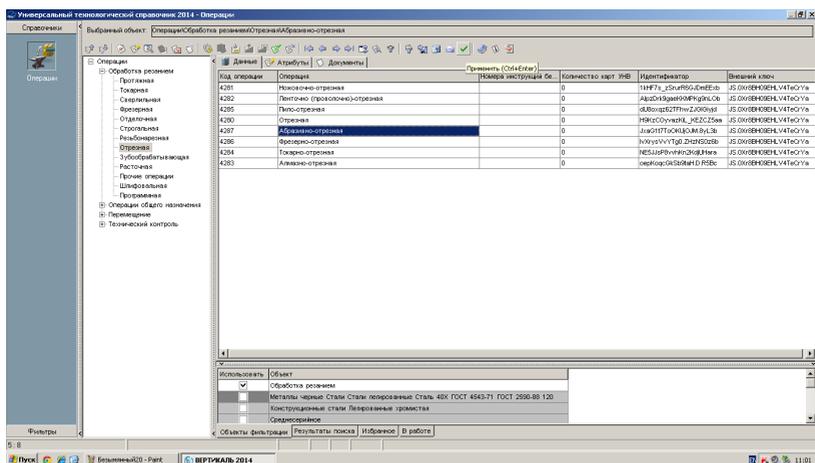


Рис. 2.15. Выбор конкретного типа операции

На названии операции *005 Абразивно-отрезная* нажимаем правую кнопку мыши и выбираем в контекстном меню **Добавить – Основной переход** (рис. 2.16).

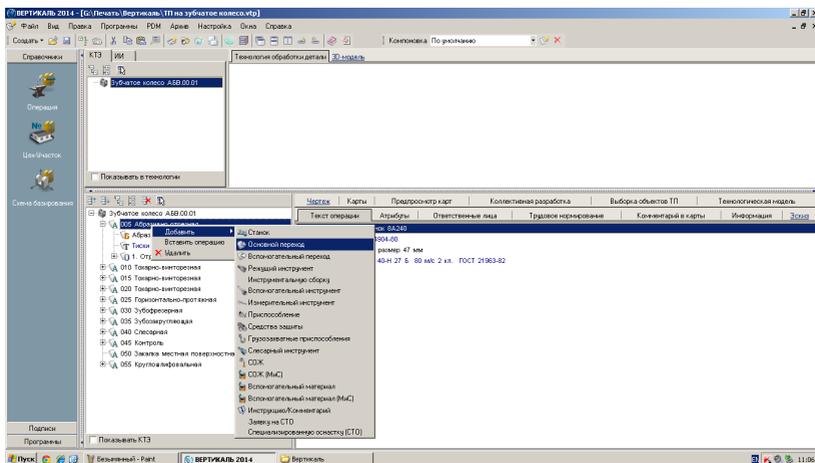


Рис. 2.16. Вставка перехода

Затем в окне УТС выбираем последовательно *Отрезать* – *заготовку*. Нажимаем кнопку **Применить** (рис. 2.17).

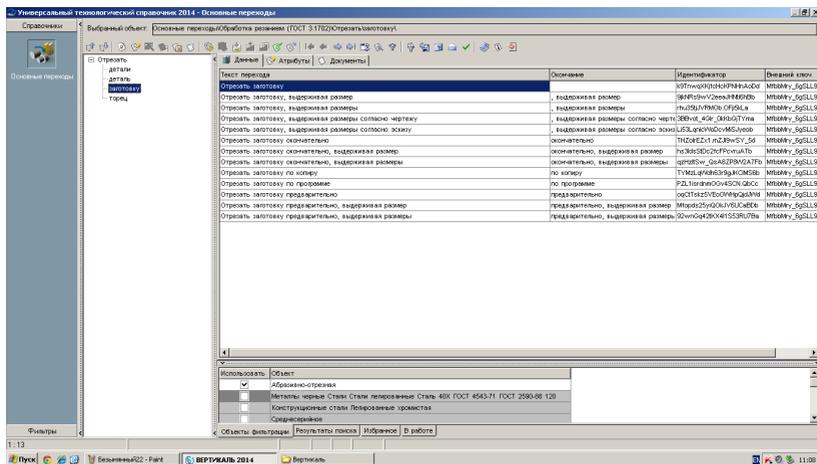


Рис. 2.17. Указание названия перехода

Как видно, в дереве ТП и во вкладке **Текст операции** появился переход 1. *Отрезать заготовку*. Теперь добавим в операцию оборудование, оснастку и требуемый инструмент. Для этого нажимаем правую кнопку мыши и выбираем из контекстного меню **Добавить – Станок**. Из открывшегося справочника оборудования выбираем необходимый станок. Далее нажимаем правую кнопку мыши и выбираем **Добавить – Режущий инструмент**. В открывшемся справочнике выбираем необходимый инструмент (рис. 2.18).

Для выбора оснастки используем справочник станочных приспособлений. В окне для вызова справочника выбираем последовательно **Программы – Универсальный технологический справочник** или нажимаем кнопку **УТС** на панели инструментов и в открывшемся окне выбираем последовательно **Справочники – Средства оснащения – Станочные приспособления**.

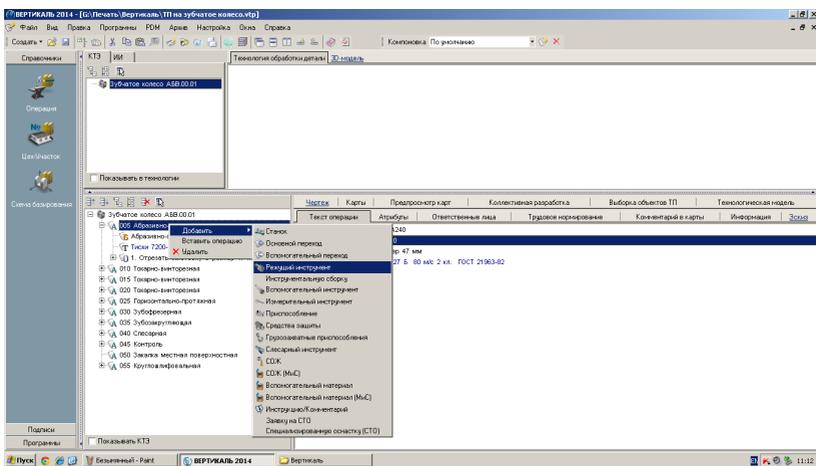
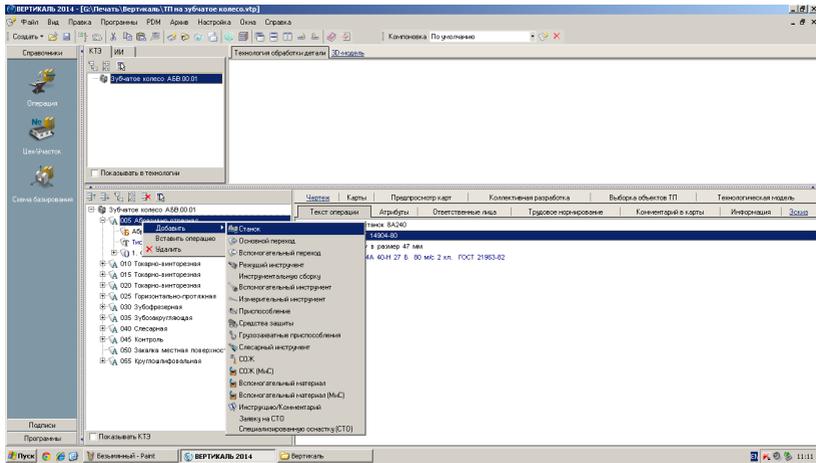


Рис. 2.18. Выбор станка и режущего инструмента

Выбираем нужное приспособление и перетаскиваем мышью на переход (рис. 2.19).

Аналогично заполняем технологический процесс операциями, переходами; выбираем режущий инструмент, оснастку, станки. В результате получаем дерево ТП (рис. 2.20).

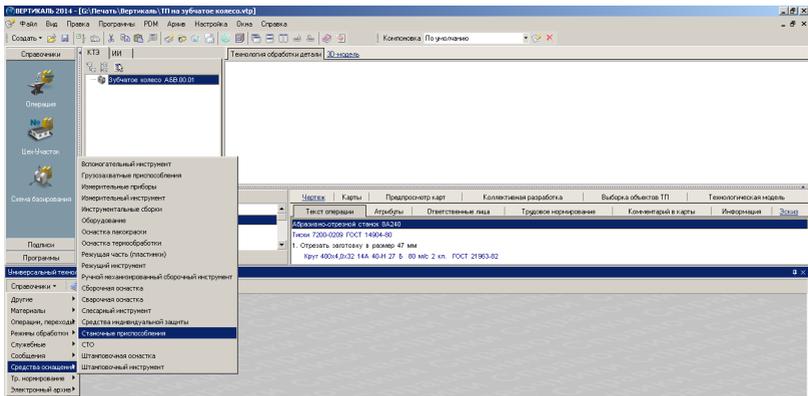


Рис. 2.19. Выбор приспособления

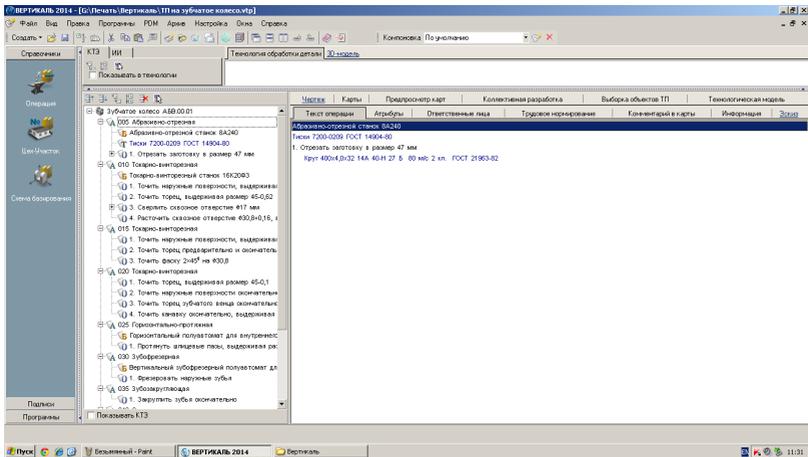


Рис. 2.20. Дерево технологического процесса с операциями, переходами

Для проектирования технологических процессов используются справочные материалы [2; 4; 8; 10; 11; 15]. Данные из них можно вносить в справочники САПР «Вертикаль».

### 3. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ

Созданные нами операции пока не имеют значений размеров. В САПР «Вертикаль» добавление необходимых численных значений производится с использованием меню **Добавить** через **Редактирование размера** (рис. 3.1).

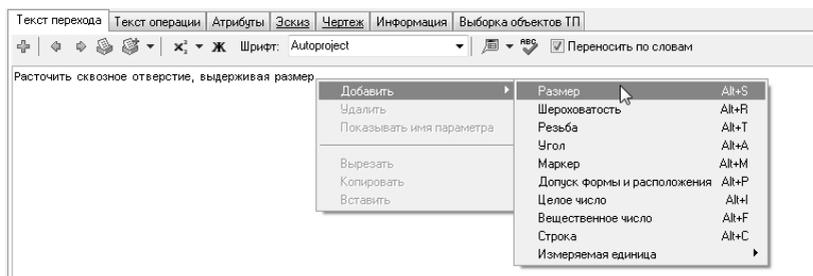


Рис. 3.1. Вставка размеров

Выбираем в первой операции первый переход, переходим на вкладку **Текст перехода**. Устанавливаем курсор в конец текста «Отрезать заготовку».

Далее из контекстного меню вызываем команду **Добавить** – **Размер**. В появившемся диалоге **Редактирование размера** (рис. 3.2) в поле **Значение** вводим *63*. В секции **Символ** устанавливаем переключатель на знак диаметра. В области квалитетов выбираем из списка квалитетов **Основные**, система **Вал**. В ячейке значения квалитета выбираем из списка *h14*.

После выбора квалитета в области определения отклонений появились значения и опция **Включить**, соответствующие выбранному квалитету. Для того чтобы отклонения были указаны в тексте перехода, ставим галочку около **Включить** и нажимаем **ОК**.

Аналогично редактируем размеры на последующих переходах во всех операциях с механической обработкой.

Редактирование размера

Имя параметра: Параметр0

Включить

Значение: 63 Припуск

Текст до:

Символ:  нет  Ø  R  M  другой...

Квалитет: h14

Основные Вал

Включить

Отклонения: 0 ±  
-0,74

Включить Подобрать квалитет

Текст после: x45<sup>º</sup>

Скобки:  нет  ( )  [ ]  < >  { }

Размер в рамке

Подчеркнуть

Ø63-0,74

OK Отмена

Рис. 3.2. Редактирование размера

## 4. РАСЧЕТ МЕЖПЕРЕХОДНЫХ РАЗМЕРОВ

До настоящего момента выбор операционных размеров производился на основании технологического опыта. САПР ТП «Вертикаль» позволяет произвести расчет межпереходных размеров. Расчет припуска на обработку производится снизу вверх, т. е. от последней операции к заготовке.

Выбираем первый переход на первой операции. В окне параметров перехода указываем числовое значение и нажимаем кнопку **Изменения параметра**. В открывшемся диалоге **Редактирование размера** нажимаем кнопку **Припуск** (рис. 4.1) рядом с ячейкой **Значение**.

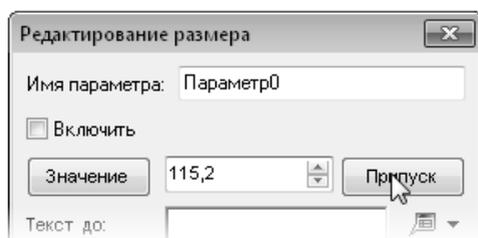


Рис. 4.1. Окно редактирования размера

Диалог **Выбор припуска** позволяет назначить межпереходные размеры по табличным данным. В верхнем левом углу расположено поле для выбора значения последующего размера. Последовательно разворачиваем, нажав на значок «+», операцию *055 Круглошлифовальная – переход 1* (рис. 4.2). Устанавливаем курсор на значении параметра перехода *115h11*. Это же значение появилось в области **Последующий размер**. Теперь следует выбрать таблицу для назначения величины припуска на обработку. Таблица выбирается в левом нижнем окне. Устанавливаем курсор на *Таблице 7.1 Обработка валов*. Этот выбор обусловлен тем, что ведется наружная обработка тела вращения. В результате выбора справа открылась таблица, содержащая вид заготовки, интервалы обрабатываемых размеров и способы обработки. В ней следует выбрать условия, соответствующие выполняемому переходу.

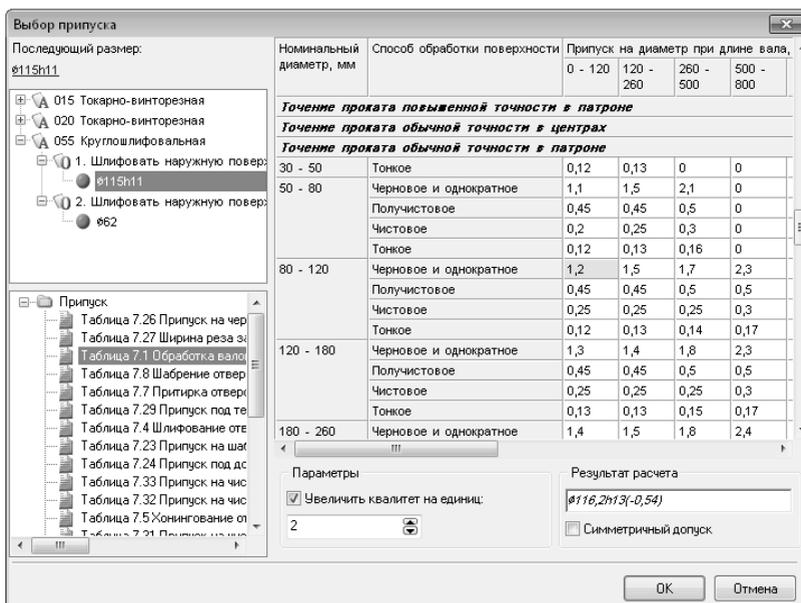


Рис. 4.2. Окно выбора припуска

Перемещая бегунок полосы прокрутки, находим:

- точение проката обычной точности в патроне;
- номинальный диаметр (мм) – от 80 до 120;
- способ обработки поверхности – точение черновое и однократное;
- припуск на диаметр при длине вала (мм) – от 0 до 120.

В области **Параметры** ставим галочку **Увеличить качество на единицу** и в поле ниже указываем нужную цифру – 2. Справа внизу в области **Результат расчета** получен размер на переходе 1 операции *015 Токарно-винторезная*. Нажимаем **ОК**.

В диалоге **Редактирование размера** снимаем галочку **Включить** в области **Квалитетов** и нажимаем **ОК**. Теперь рассчитанное значение размера записано в параметры перехода.

## 5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

САПР «Вертикаль» имеет специальный модуль «Система расчета режимов резания», который позволяет производить расчет режимов резания в автоматизированном режиме. Для выполнения расчета необходимо, чтобы в операции были указаны применяемое оборудование, оснастка и инструмент, а также был выбран код блока расчета. Код позволяет уточнить вид производимых работ в тех случаях, когда это не является очевидным.

Для определения кода блока расчета выбираем переход в дереве технологического процесса и на **Панели справочников** нажимаем кнопку **Код блока расчета** (рис. 5.1).

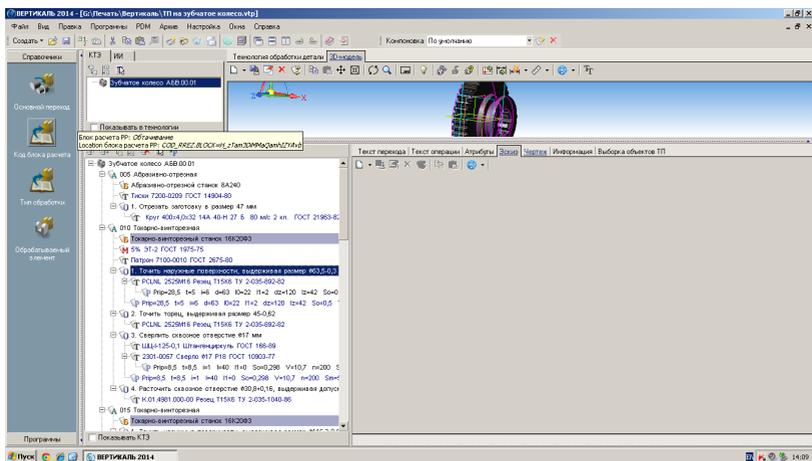


Рис. 5.1. Выбор кода блока расчета

В открывшемся справочнике выбираем необходимый код (руководствуясь эскизами обработки и ее содержанием) и нажимаем **Применить**.

Далее выбираем переход 1 операции *010 Токарно-винторезная*. Нажимаем на **Панели справочников** кнопку **Код блока расчета**. Затем выбираем из предложенного списка *Токарная обработка – Обтачивание* и нажимаем кнопку **Применить** (рис. 5.2).



- максимальная длина заготовки – 42;
  - припуск – 28,5;
  - глубина резания – 5;
  - использование СОЖ – да;
  - крепление заготовки – в трехкулачковом патроне консольно.
- Количество проходов определяется автоматически, но это число можно скорректировать вручную.

Нажимаем кнопку **Рассчитать** (рис. 5.4).

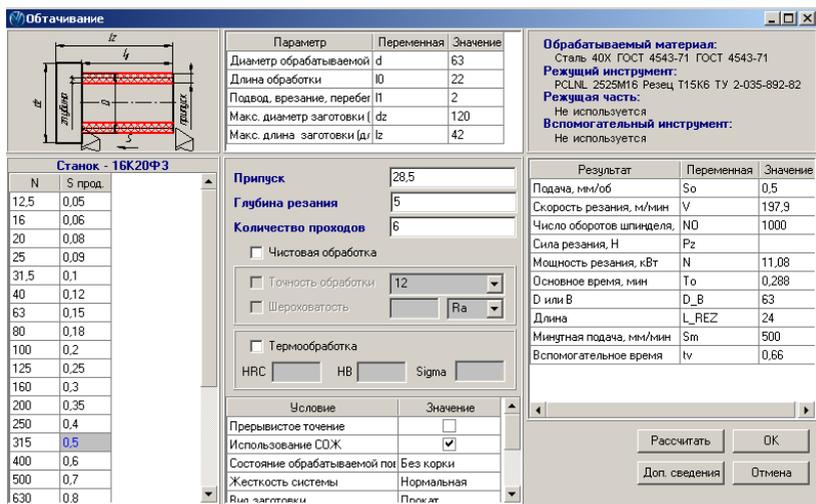


Рис. 5.4. Окно расчета режима обработки

Результаты расчета появятся в правой части окна (рис. 5.5).

В случае необходимости можно внести изменения в заданные параметры и выполнить повторный расчет.

Для расчета вспомогательного времени нажимаем в ячейке на **Значение** в строке **Вспомогательное время** (рис. 5.6).

В диалоге **Расчет вспомогательного времени** выполняем двойной щелчок левой кнопкой мыши в строке со значением обрабатываемого диаметра в секции **Измеряемый размер**. В секции **Характер обработки** выбираем **Продольное точение – растачивание резцом, установленным на размер**. В секциях **Дополнительное время на проход** и **Дополнительное время на переход** оставляем все без изменений и нажимаем кнопку **Рассчитать** (рис. 5.7).



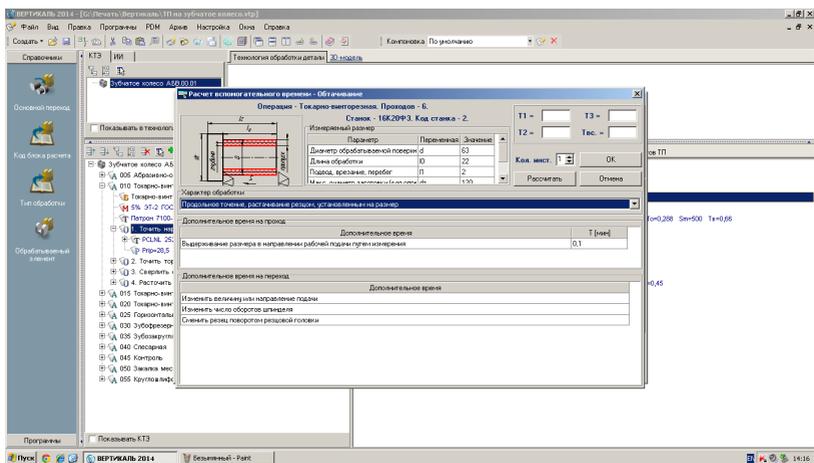


Рис. 5.7. Окно расчета вспомогательного времени

После расчета нажимаем кнопку **ОК**. Теперь результаты расчета вспомогательного времени добавлены в таблицу с результатами расчета режимов резания.

Итак, результаты расчетов записаны в отдельной строке перехода 1 операции *010 Токарно-винторезная*. Выбираем название инструмента на переходе и переходим на вкладку **Атрибуты**. В результате расчета стало возможным автоматическое определение нормы расхода режущего инструмента (рис. 5.8).

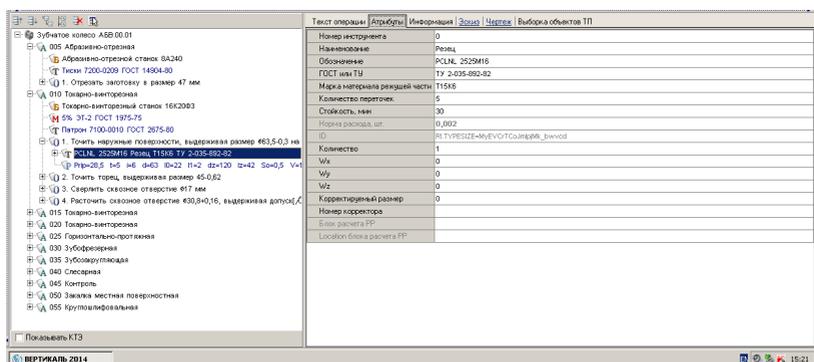


Рис. 5.8. Окно расчета норм расхода выбранного инструмента

## 6. ФОРМИРОВАНИЕ МАРШРУТНЫХ КАРТ

Для формирования карт необходимо перейти в Программы – Формирование карт ВЕРТИКАЛЬ (рис. 6.1).

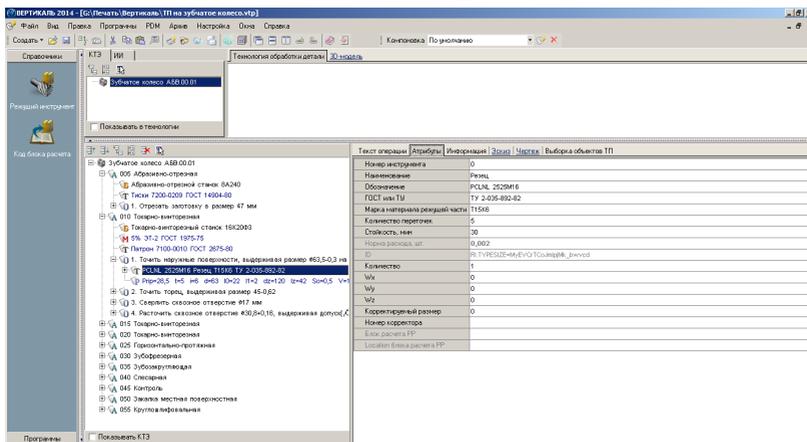


Рис. 6.1. Открытие окна для формирования карт

Откроется окно **Мастер формирования технологической документации**. В нем нажимаем кнопку **Старт** (рис. 6.2).

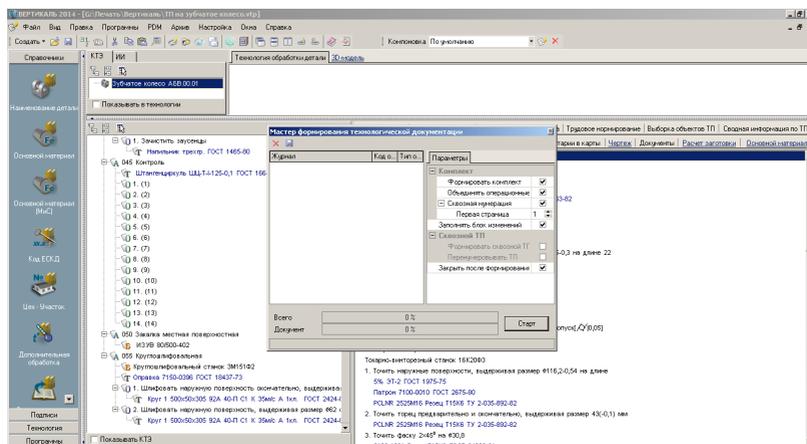


Рис. 6.2. Мастер формирования технологической документации

В результате программа создаст комплект документов (рис. 6.3).

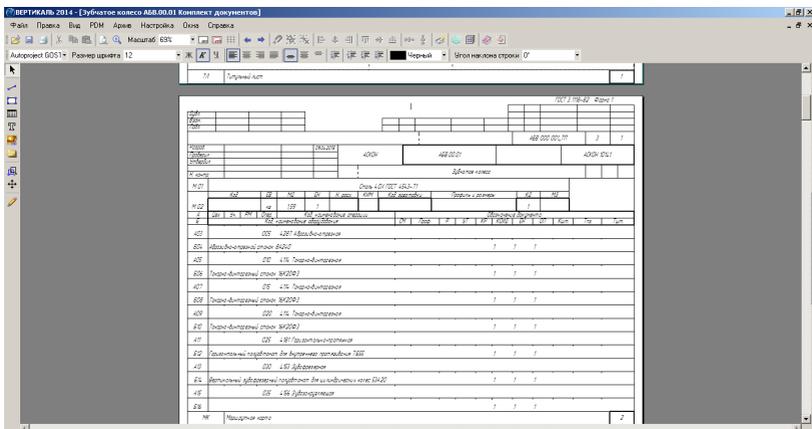


Рис. 6.3. Маршрутная карта

Для удобства печати сохраним полученные карты в формате .pdf. Для этого выбираем **Файл – Экспорт – PDF** и сохраняем в нужной нам папке (рис. 6.4).

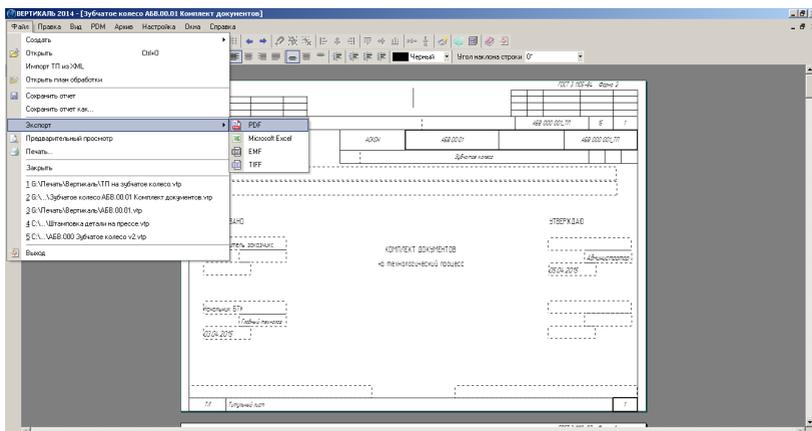


Рис. 6.4. Экспорт документации в pdf-формат

Готовый комплект технологической документации приведен в прил. 2.

## 7. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя согласно варианту задания (см. прил. 1).
2. Выполнить подготовку исходных данных.
  - 2.1. Выполнить анализ служебного назначения детали и условий работы.
  - 2.2. Определить химический состав и механические свойства детали.
  - 2.3. Выполнить классификацию поверхностей детали согласно рекомендациям.
  - 2.4. Выполнить выбор метода получения заготовки.
  - 2.5. Определить способ производства детали.
3. Выполнить моделирование этапов технологического процесса изготовления детали.
  - 3.1. Выполнить создание проекта в САПР «Вертикаль».
  - 3.2. Сформировать технологические операции обработки детали.
  - 3.3. Сформировать технологические переходы обработки детали.
  4. Выполнить расчет межпереходных размеров.
  5. Выполнить расчет режимов резания.
  6. Сформировать комплект технологической документации.
  7. Подготовить комплект технологической документации.
  8. Подготовить отчет по практической работе.

Содержание отчета должно иметь следующую структуру:

  1. Титульный лист.
  2. Задание (прил. 1).
  3. Введение.
  4. Основная часть:
    - исходные данные;
    - моделирование этапов технологического процесса изготовления детали;
    - расчет межпереходных размеров;
    - расчет режимов резания.
  5. Заключение.
  6. Список используемых источников.
  7. Приложение (комплект технологической документации).

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Причины, вызывающие широкое внедрение автоматизации на этапе технологической подготовки производства.
2. Недостатки неавтоматизированной технологической подготовки производства.
3. Задачи системы САПР ТП «Вертикаль».
4. С какими системами может взаимодействовать САПР ТП «Вертикаль»?
5. Какие виды технологических процессов технолог может создавать в системе САПР ТП «Вертикаль»?
6. Расшифруйте понятие «дерево» с точки зрения представления информации.
7. Что такое конструкторско-технологический элемент?
8. Что такое атрибут элемента? Приведите примеры.
9. Какое действие необходимо выполнить на этапе первоначального создания технологического процесса?
10. Формы технологической документации, создаваемой в САПР ТП «Вертикаль».
11. Какие атрибуты детали могут быть указаны при подключении 3D-модели к технологическому процессу?
12. Какие типы справочников могут использоваться при указании атрибутов детали?
13. Этапы наполнения дерева технологического процесса с использованием справочника операций и переходов.
14. Группы операций в справочнике операций.
15. Последовательность работы с контекстным меню при формировании структуры операции.
16. Группы атрибутов при работе с контекстным меню при работе с переходами.
17. Этапы редактирования текстов переходов.
18. Способы добавления численных значений в САПР ТП «Вертикаль».
19. От чего зависит способ задания численных значений в тексте переходов?
20. Виды редактирования текстов переходов.

21. Как изменить положение операции в дереве технологического процесса?
22. Последовательность внесения численного размера в содержание перехода с чертежа.
23. От чего зависит содержание контекстного меню?
24. Содержание контекстного меню при работе с операцией.
25. Содержание контекстного меню при работе с переходом.
26. Содержание контекстного меню при работе с оборудованием.
27. Содержание контекстного меню при работе с режущим инструментом.
28. Как можно уменьшить количество инструментов при их выборе в справочнике?
29. Этапы расчета режимов обработки.
30. Какие данные необходимо указать в операции для выполнения расчета режимов резания?
31. Как включается код блока расчета и какая информация указывается в нем?
32. Как добавляется расчет режима обработки для перехода?
33. Необходимо ли вносить дополнительную информацию в системное окно расчета режима резания? Если необходимо, то какая информация должна быть введена?
34. Как определить нормы расхода инструмента?
35. В каком формате могут добавляться эскизы в технологический процесс?
36. В каком формате эскиза пользователю предоставляются наиболее широкие возможности при работе с ним?
37. Какие виды работ можно проводить с загруженным эскизом?
38. Каким образом включается маркировка размеров?
39. Этапы формирования технологической документации.
40. Порядок формирования операционных карт и карт эскизов. Переключение между разными последовательностями формирования карт.
41. Для чего необходимо приложение «Электронный архив»?
42. Кто может редактировать технологический процесс?

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей при помощи современных программных средств обеспечивается снижение временных затрат технической и технологической подготовки производства, уменьшается время внедрения и отладки внедряемых технологических процессов, повышается качество проектирования вследствие использования сквозной технологии. Поэтому подготовка современного инженера-технолога обязательно должна включать обучение современным средствам проектирования, к которым и относится САПР ТП «Вертикаль».

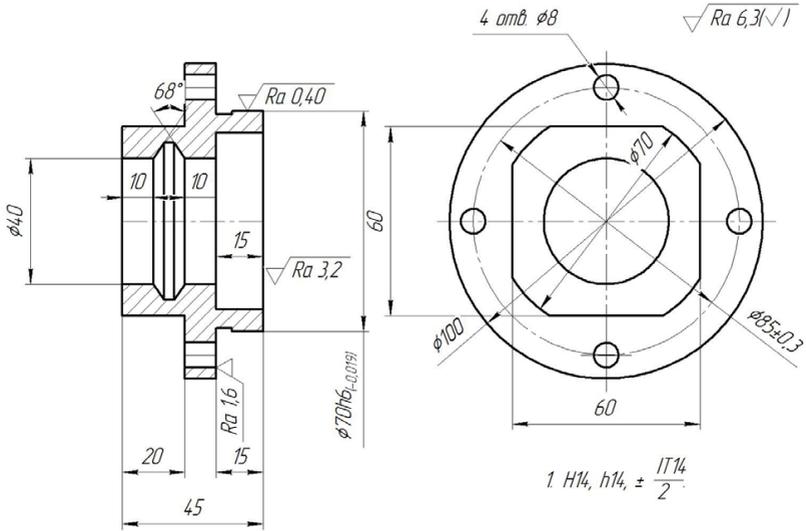
Пользуясь представленной методикой, технолог может проектировать технологические процессы для единичного, серийного или массового типов производств.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

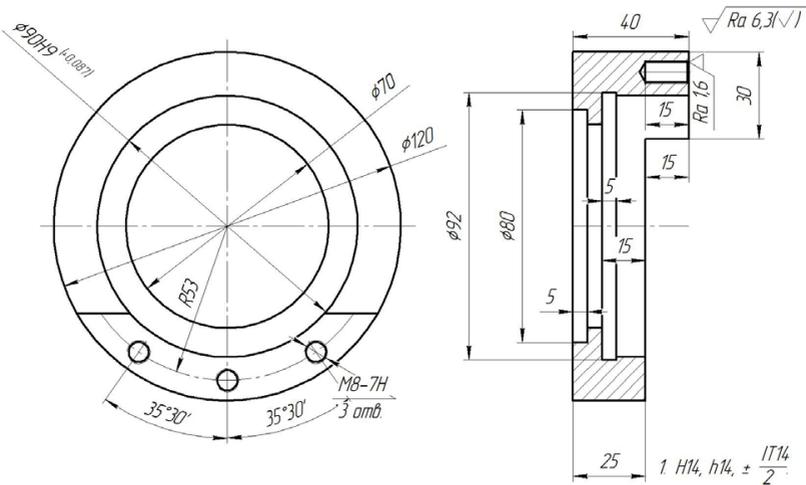
1. Азбука «Вертикаль». Система автоматизированного проектирования технологических процессов. – Аскон, 2013. – 146 с.
2. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / В.А. Блюмберг, А.И. Астахов, В.П. Близнюк, С.В. Бояршинов ; под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, В.В. Данилевского. – Москва : Машиностроение, 1984. – 656 с.
3. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения / И.М. Колесов. – Москва : Высшая школа, 1999. – 591 с.
4. Кузнецов, Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1983. – 359 с.
5. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – Москва : Машиностроение, 1987. – 960 с.
6. Марочник сталей и сплавов / под ред. В.Г. Сорокина. – Москва : Машиностроение, 1989. – 640 с.
7. Маталин, А.А. Технология машиностроения : учебник для студентов вузов / А.А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 496 с.
8. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1988. – 736 с.
9. Расторгуев, Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства / Д.А. Расторгуев, А.В. Михайлов, А.Г. Схиртладзе. – Тольятти : ТГУ, 2010. – 148 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косилова, Р.К. Мешерякова [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1985. – 656 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А.Г. Косилова, Р.К. Мешерякова [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.
12. Технология машиностроения. Ч. II. Проектирование технологических процессов : учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкина [и др.]. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУ, 2000. – 498 с.



### Задание 2

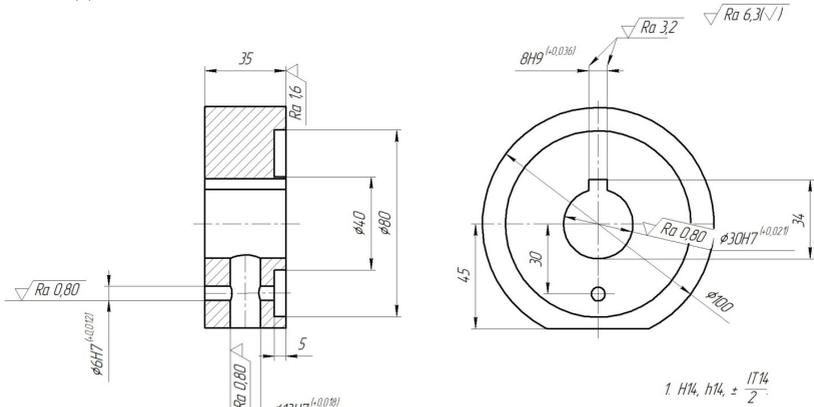


### Задание 3

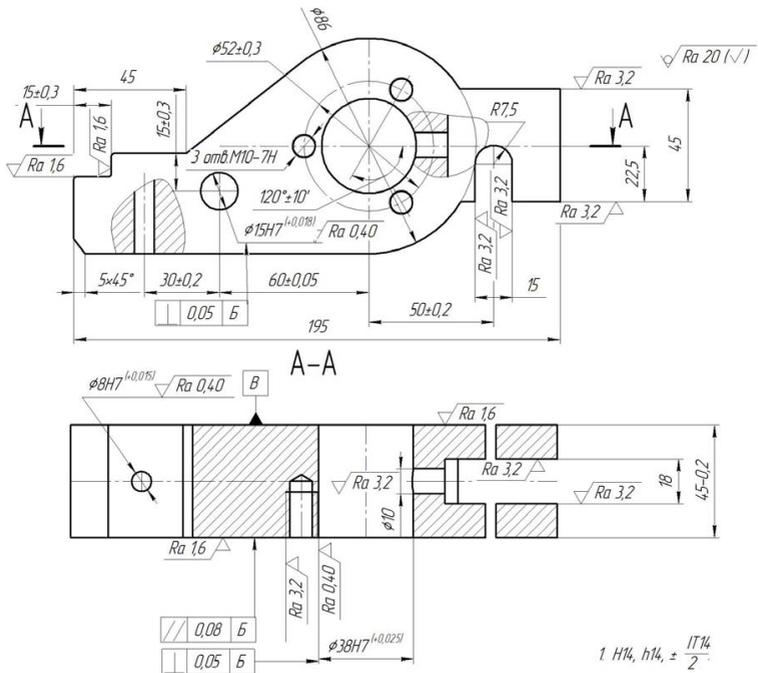




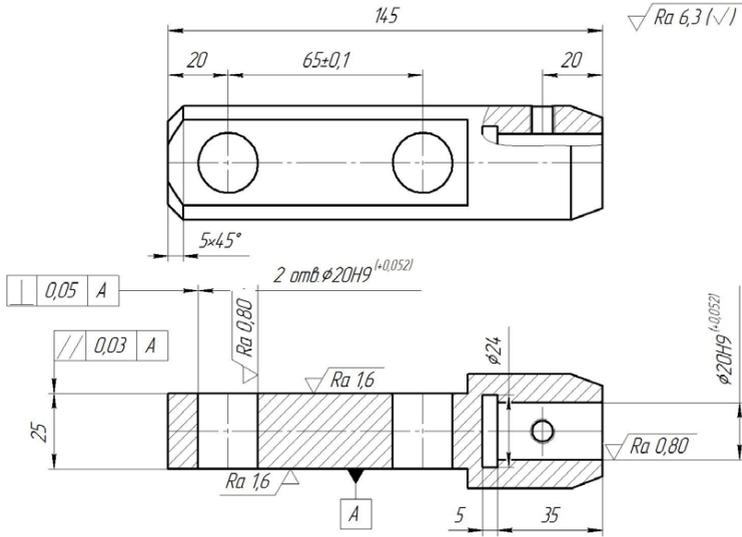
### Задание 6



### Задание 7

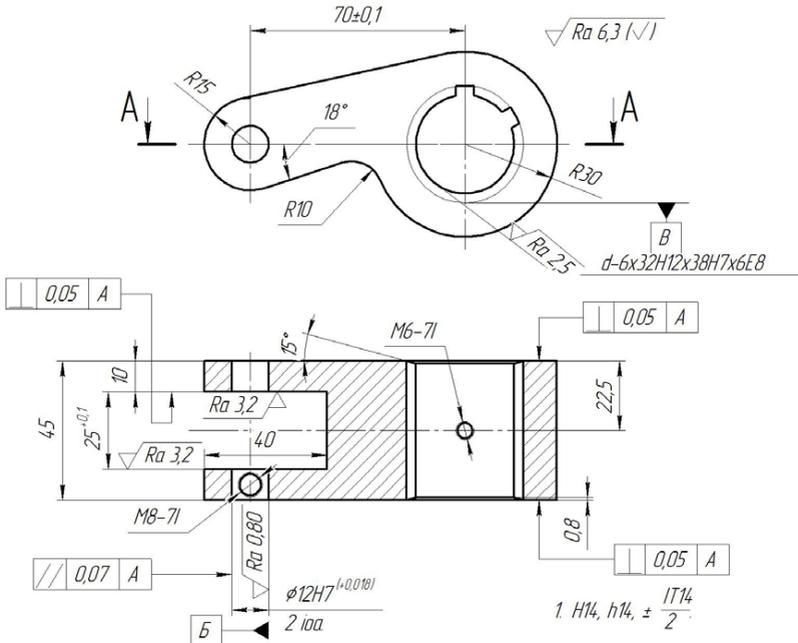


### Задание 8



1. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

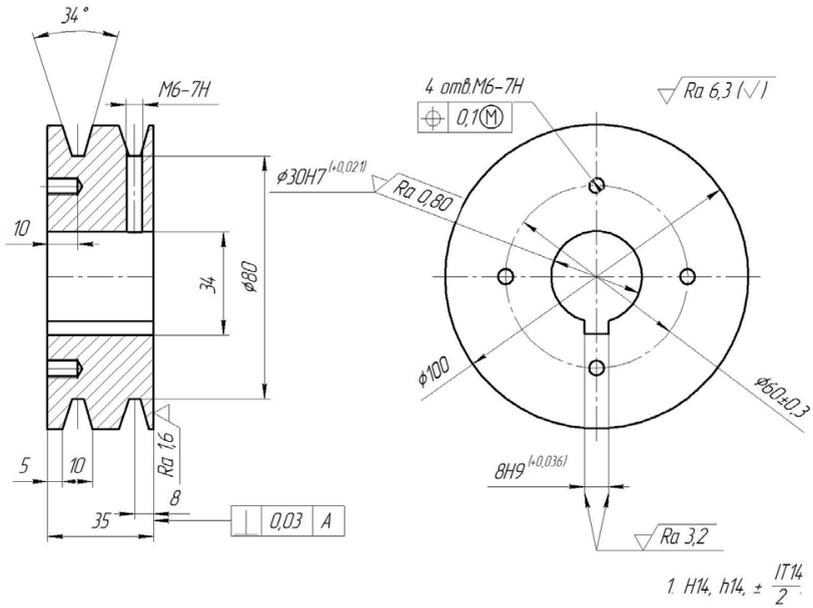
### Задание 9



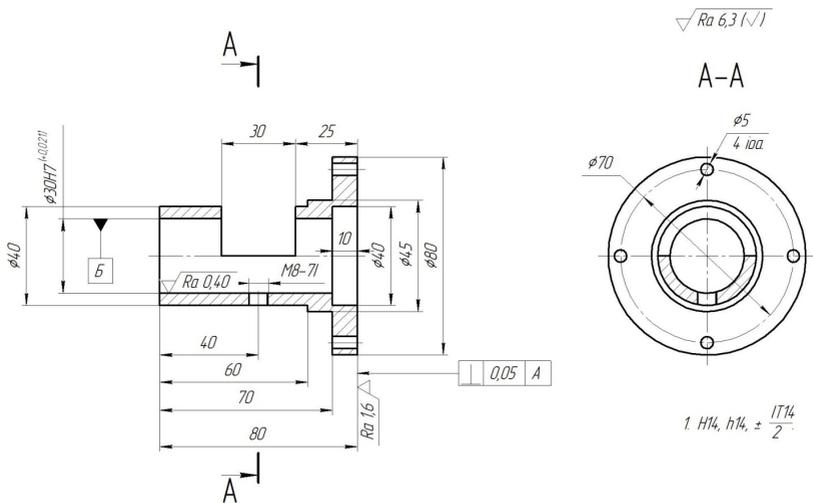
1. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .



### Задание 12



### Задание 13

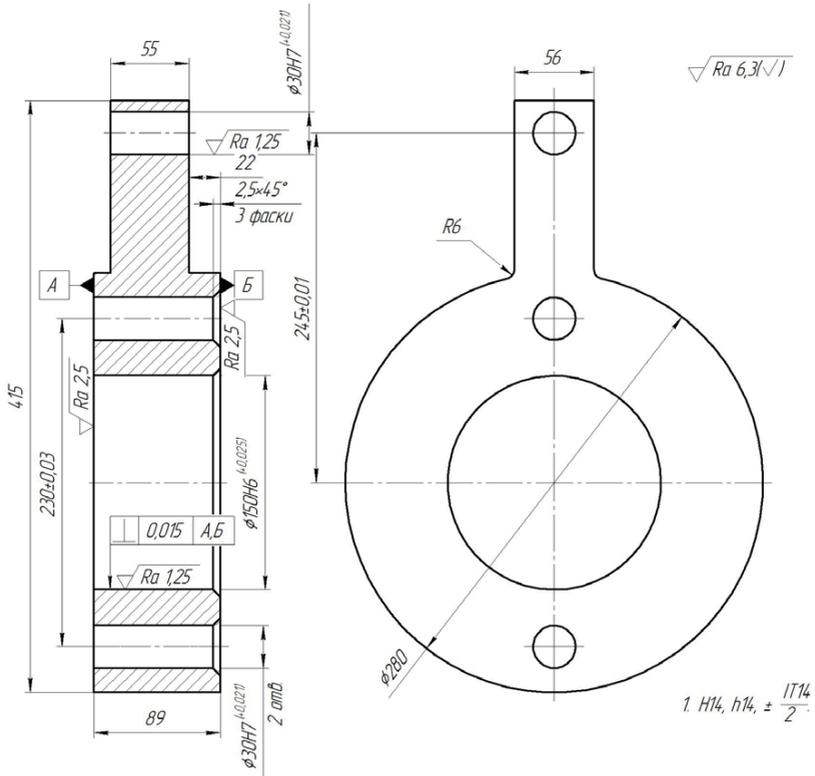




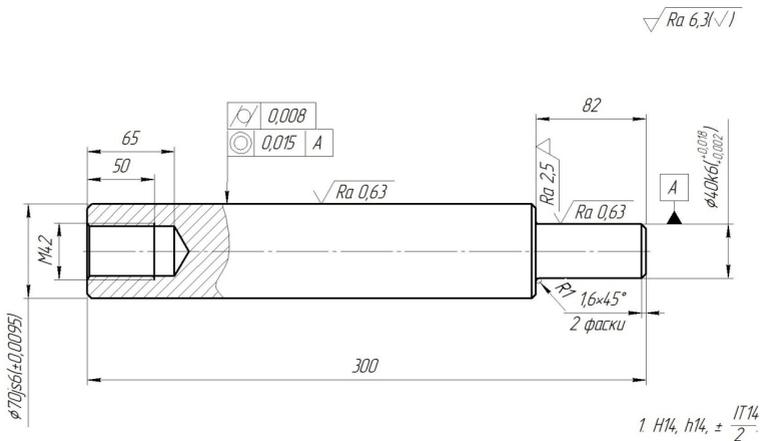




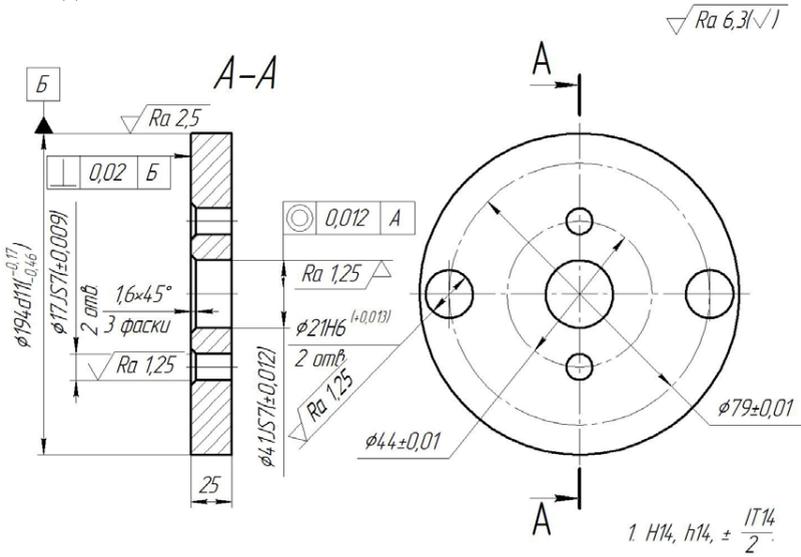
### Задание 20



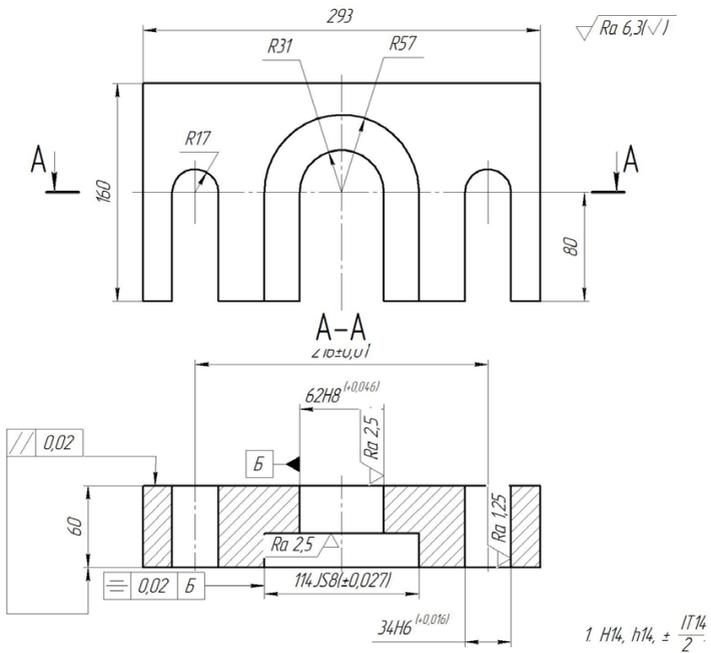
### Задание 21



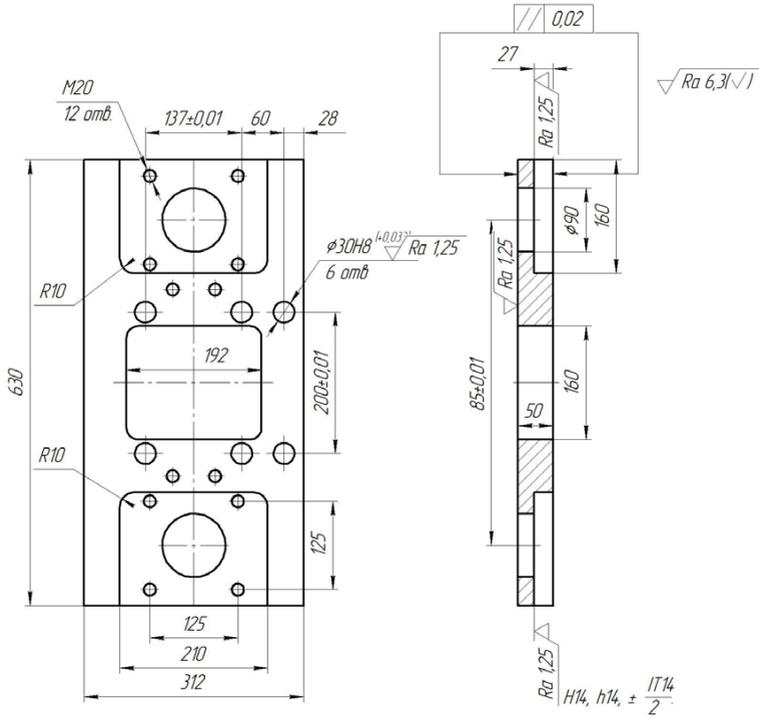
### Задание 22



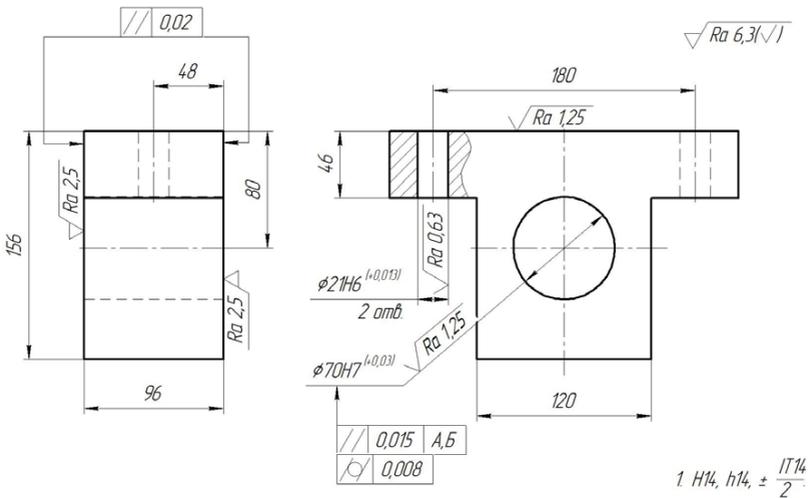
### Задание 23



### Задание 24



### Задание 25



Вариант задания	Материал
1	Сталь Х25Н20 ГОСТ 12766.4–77
2	Сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5949–75
3	Сталь 10 ГОСТ 1050–74
4	Сталь 20Х ГОСТ 4543–71
5	Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543–71
6	Сталь 25Л ГОСТ 977–75
7	Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543–71
8	Сталь 30Х ГОСТ 4543–71
9	Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543–71
10	Сталь 35Г ГОСТ 4543–71
11	Сталь 35ХМЛ ГОСТ 977–75
12	Сталь 38Х2Н2МА ГОСТ 4543–71
13	Сталь 40Х ГОСТ 4543–71
14	Сталь ШХ15 ГОСТ 801–78
15	Сталь 45ГЛ ТУ 24-1-12-181-75
16	Чугун СЧ 18-36 ГОСТ 1412–74
17	Чугун СЧ 32-52 ГОСТ 1412–74
18	Чугун ВЧ 45-0 ГОСТ 7293–74
19	Сплав АМцМ ГОСТ 18482–79
20	Сплав АЛ1 ГОСТ 1583–93
21	Латунь Л68 ГОСТ 15527–70
22	Бронза А5 ГОСТ 493–79
23	Сталь 25Л ГОСТ 977–75
24	Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543–71
25	Сталь 30Х ГОСТ 4543–71

## Приложение 2

### Комплект технологической документации

ГОСТ 3.1105-84 Формат 2	
Директ	
Завод	
Лист	
АБВ 000 001_ТТ 15 1	
АСКОН	АБВ.00.01
Зубчатое колесо	
АБВ 000 001_ТТ	
СОГЛАСОВАНО	УТВЕРЖДАЮ
Представитель заказчика	КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ на технологический процесс
Начальник БТК Главный технолог 03.04.2015	Администратор 05.04.2015
Т/1	Типовой лист 1

ГОСТ 3.1118-82 Формат 1	
АБВ 000 001_ТТ 3 1	
Рисовать	Технолог
Править	Технолог
Изменить	Администратор
Н. дата	Нормировщик
АСКОН АБВ.00.01 АСКОН 10%1	
Зубчатое колесо	
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	
М 01	Код
М 02	К2
А	Цк
Б	Код наименования оборудования
А 03	005 4287 Абразивно-отрезная
Б 04	Абразивно-отрезной станок 8А240
А 05	010 41% Токарно-винторезная
Б 06	Токарно-винторезный станок 6К20Ф3
А 07	015 41% Токарно-винторезная
Б 08	Токарно-винторезный станок 6К20Ф3
А 09	020 41% Токарно-винторезная
Б 10	Токарно-винторезный станок 6К20Ф3
А 11	025 4Ф11 Горизонтально-протяжная
Б 12	Горизонтальный полуавтомат для внутреннего протягивания 7655
А 13	030 4Ф3 Зубореферная
Б 14	Вертикальный зубореферный полуавтомат для цилиндрических колес 53А20
А 15	035 4Ф6 Зубошлифовальная
Б 16	
МЖ	Машинная карта 2

А	Цех	Чл	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа											
Б	Код наименования оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	АР	КД/ИД	ЕН	ОП	Кит	Тоз	Тит	
К/М	Наименование детали, ее детали или материала					Обозначение код											
А01					040	0108	Слесарные										
Б02											1	1	1				
А03					045	0200	Контроль										
Б04											1	1	1				
Т05	Штангенциркуль ШИ-Т-Л-125-01 ГОСТ 166-89																
006	1	⊙															100
007	2	⊙															100
008	3	⊙															100
009	4	⊙															100
010	5	⊙															100
011	6	⊙															100
012	7	⊙															100
013	8	⊙															100
014	9	⊙															100
015	10	⊙															100
016	11	⊙															100
017	12	⊙															100
МК	Маршрутная карта															3	

А	Цех	Чл	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа											
Б	Код наименования оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	АР	КД/ИД	ЕН	ОП	Кит	Тоз	Тит	
К/М	Наименование детали, ее детали или материала					Обозначение код											
А01					13	⊙											100
А02					14	⊙											100
А03					050	5044	Закалка местная лаверная										
Б04					1348	80/500-402					1	1	1				
А05					055	401	Круглошлифовальная										
Б06											1	1	1				
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК	Маршрутная карта															4	



ГОСТ 3.1404-86 Форма 3													
Дробь													
Взвеш													
Гвоздь													
Разработ	adm									АВВ 000 001,111	1	1	
Проектировщик													
Изготовитель			АСКОН			АВВ.00.01					АСКОН 6014.1		
И.контракт												010	
Зубчатое колесо													
Наименование операции:			Материал:			Твердость:	FB	MI	Профиль и размеры:			M3	КОИМ
Токарно-винторезная			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			кз	кз	159					1
Обработка устройства ЧПУ			Обозначение программы:			Тр	ТВ	Тпа	Тшт	СОХ			
6420Ф3										5% ЗТ-2 ГОСТ 1975-75			
Р						ПМ	Д или В	l	f	i	s	p	v
T01	Патрон 7100-0010 ГОСТ 2675-80												
T02	1. Точиль наружные поверхности, выдерживая размер $\Phi 635_{-0.1}$ на длине 22												
											0.29	0.66	
T03	РСЛМ 2525М6 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82												
Р04							63	24	5	6	0.5	1000	197.9
T05	2. Точиль торцы, выдерживая размер 45 мм												
T06	РСЛМ 2525М6 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82												
T07	3. Сверлить сквозное отверстие $\Phi 17$ мм												
											0.71	0.45	
T08	ШЛИ-125-01 Штангенциркуль ГОСТ 166-89												
T09	2301-0057 Сверло $\Phi 17$ Р18 ГОСТ 10903-77												
Р10							17	4.2	8.5	1	0.298	200	10.7
T11	4. Расточить сквозное отверстие $\Phi 30.8^{+0.01}$ , выдерживая допуск [ZУ] [0.05]												
T12	КО14981000-00 Резец Т5К6 ТУ 2-035-1040-86												
В													
OK	Операционная карта											7	

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3													
Дробь													
Взвеш													
Гвоздь													
Разработ	adm									АВВ 000 001,111	1	1	
Проектировщик													
Изготовитель			АСКОН			АВВ.00.01					АСКОН 6014.1		
И.контракт												015	
Зубчатое колесо													
Наименование операции:			Материал:			Твердость:	FB	MI	Профиль и размеры:			M3	КОИМ
Токарно-винторезная			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			кз	кз	159					1
Обработка устройства ЧПУ			Обозначение программы:			Тр	ТВ	Тпа	Тшт	СОХ			
6420Ф3													
Р						ПМ	Д или В	l	f	i	s	p	v
T01	1. Точиль наружные поверхности, выдерживая размер $\Phi 116.2_{-0.1}$ на длине												
M02	5% ЗТ-2 ГОСТ 1975-75												
T03	Патрон 7100-0010 ГОСТ 2675-80												
T04	РСЛМР 2525М6 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82												
T05	2. Точиль торцы предварительно и окончательно, выдерживая размер 43±0.11 мм												
T06	РСЛМР 2525М6 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82												
T07	3. Точиль фаску 2x45° на $\Phi 30.8$												
T08	2102-1231 Резец Т5К6 ГОСТ 24986-81												
09													
10													
11													
12													
В													
OK	Операционная карта											8	

Длина	Ширина	Высота											
Длина	Ширина	Высота											
Длина	Ширина	Высота											
			АБВ 000 001,ТТ										
			1 1										
Разряд	adm												
Профессия			АСКОН										
Информация			АБВ.00.01										
			АСКОН 60/41										
			Зубчатое колесо										
И.конт			020										
Наименование операции			Материал		Твердость		FR	MP	Профиль и размеры			MP	К/И/Т
Токана-вытравленная			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		к2		к2	159					1
Оборудование устройства ЧПУ			Обыкновенные программы		Тa	Тb	Т.па	Тшт	СОХ				
6А20Ф3													
			ПМ	Д или В	l	f	i	z	n	v			
Р													
001	1.Точить торцы. Выдерживать размер 45±0,1												
М02	5% ЗТ-2 ГОСТ 1975-75												
Т03	Патрон 7100-0010 ГОСТ 2675-80												
Т04	РС1МР 2529М6 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82												
005	2.Точить наружные поверхности окончателно. Выдерживать размер 46,25±0,1 на длине 22												
Т06	РС1МР 2529М6 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82												
007	3.Точить торцы зубчатого венца окончателно. Выдерживать размер 205±0,1												
Т08	РС1МР 2529М6 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82												
009	4.Точить канавку окончателно. Выдерживать размеры 4465D												
Т10	2130-0519 Резец Р18 ГОСТ 18874-73												
11													
12													
13													
OK			Операционная карта										
			9										

Длина	Ширина	Высота											
Длина	Ширина	Высота											
Длина	Ширина	Высота											
			АБВ 000 001,ТТ										
			1 1										
Разряд	adm												
Профессия			АСКОН										
Информация			АБВ.00.01										
			АСКОН 60/41										
			Зубчатое колесо										
И.конт			025										
Наименование операции			Материал		Твердость		FR	MP	Профиль и размеры			MP	К/И/Т
Горизонтально-протяжная			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		к2		к2	159					1
Оборудование устройства ЧПУ			Обыкновенные программы		Тa	Тb	Т.па	Тшт	СОХ				
7555													
			ПМ	Д или В	l	f	i	z	n	v			
Р													
001	1.Протянуть шлицевые пазы. Выдерживать размеры согласно чертежу												
М02	Керосин ГОСТ 4573-68												
Т03	24.02-1211 Протяжка ГОСТ 24820-81												
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
OK			Операционная карта										
			10										





