

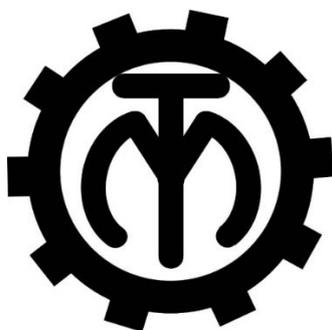
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация  
технологических процессов и производств  
(по направлениям)» очной формы обучения*

Часть 2



Могилев 2022

УДК 658.012.011.56  
ББК 32.956  
А22

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «31» августа 2022 г.,  
протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина;  
ст. преподаватель Н. М. Юшкевич

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации предназначены для выполнения практических работ студентами специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» очной формы обучения. Изложены методики выполнения практических работ.

Учебно-методическое издание

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Часть 2

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

1 Практическая работа № 7. Автоматизация расчета режима резания.....	4
2 Практическая работа № 8. Автоматизация нормирования технологического процесса механической обработки резанием .....	11
3 Практическая работа № 9. Параметрическая оптимизация технологических операций.....	16
4 Практическая работа № 10. Автоматизация программирования токарной операции с ЧПУ.....	19
5 Практическая работа № 11. Автоматизация программирования токарной операции, выполняемой на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ.....	23
6 Практическая работа № 12. Автоматизация программирования вертикально-фрезерной операции с ЧПУ .....	26
Список литературы.....	28

## 1 Практическая работа № 7. Автоматизация расчета режима резания

**Цель работы:** изучение методики настройки базы данных и базы знаний САПР ТП «ТехноПро» для автоматизации расчета режимов резания технологических переходов на основе обобщенных технологических процессов.

### *Общие сведения об автоматизации расчета режимов резания в среде САПР ТП «ТехноПро»*

При диалоговом и автоматическом проектировании технологических процессов в среде САПР ТП «ТехноПро» возможна автоматизация расчета припусков и режимов резания. Припуски и режимы резания могут быть заданы фиксированными, заведомо известными значениями для каждого технологического перехода, или рассчитаны с использованием данных базы условий и расчетов (БУР) «ТехноПро».

Элементами БУР являются сценарии, разрабатываемые на языке проектирования «ТехноПро» с использованием построителя условий.

Правила записи ссылок на параметры поверхностей, используемых при расчете режимов резания:

[D;Пер] – значение диаметра поверхности, обрабатываемой в переходе;

[L;Пер] – значение длины поверхности, обрабатываемой в переходе;

[D;010203] – значение параметра поверхности с кодом 010203;

[D;Обраб] – значение параметра поверхности с учетом расчета припуска на обработку.

Правила записи ссылок на параметры режима резания:

[P;Режим] – припуск на сторону;

[D;Режим] – значение диаметра поверхности или инструмента, которое используется при расчете скорости резания;

[L;Режим] – длина обрабатываемой поверхности;

[i;Режим] – число рабочих ходов инструмента;

[t;Режим] – глубина резания;

[S;Режим] – подача, мм/об;

[N;Режим] – частота вращения;

[V;Режим] – скорость резания;

[W;Режим] – врезание и перебег.

В вычисляемых выражениях, можно применять любые арифметические операторы и функции: +; -; \*; /; ^; Sqr(x); Log(x); OKR(x) – округление x до целого; OKR1(x) – округление x до десятых; OKR2(x) – округление x до сотых; Sin(xRad); Cos(xRad); Tan(xRad); Atn(x) и др.

Для сравнения числовых значений в выражениях применяются операторы:

= равно;

> больше;

< меньше;

- >= больше или равно;
- <= меньше или равно;
- <> не равно;
- <=> равно одному из значений в списке.

Для записи условий выбора из переменных составляют логические выражения.

Пример записи выражений, создаваемых с помощью построителя запроса:

$$[N;Режим] = ОКР(1000 * [V;Режим]/(3.14*[D;Обраб])).$$

### Методика выполнения практической работы

**1 Задание постоянных, неизменяемых режимов резания.** Для входа в режим задания значений параметров и записи уравнений расчета режима резания из главного меню выбрать команду «Общие Тех. Процессы».

Для редактирования базы данных режимов резания открыть последовательно узлы дерева базы данных «Общие технологические процессы» так, как это показано на рисунке 1.1.

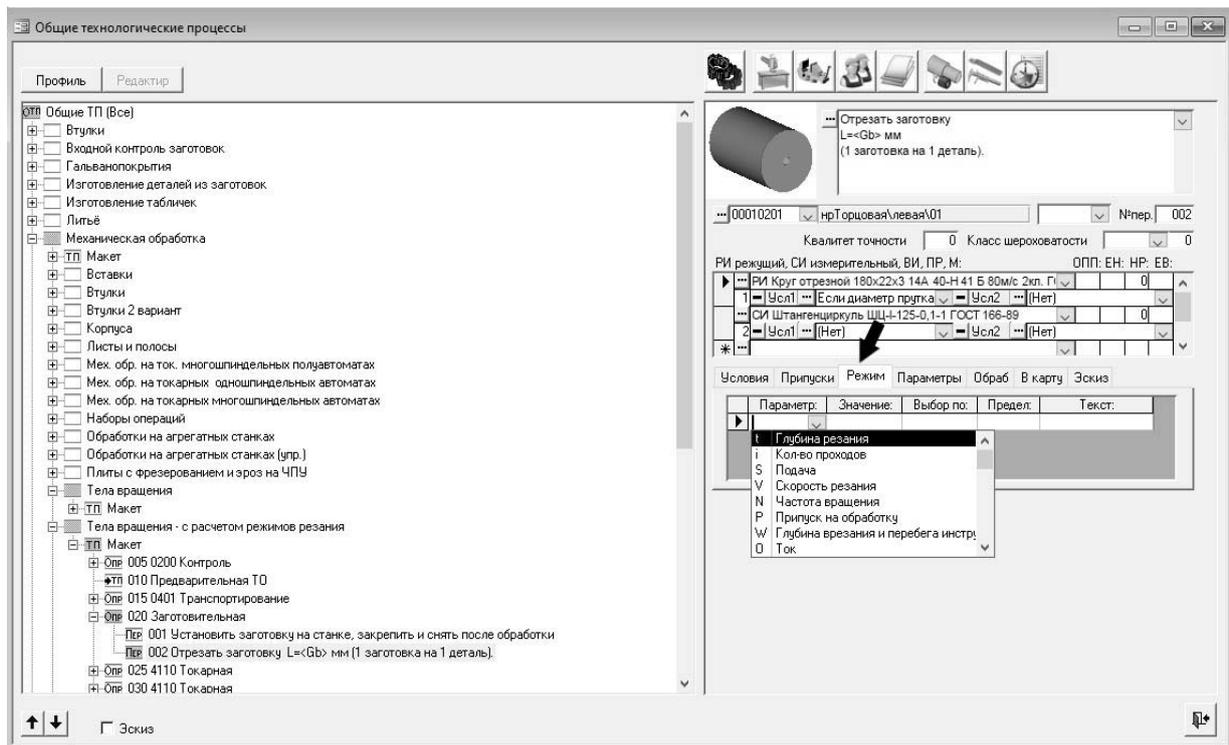


Рисунок 1.1 – Окно «Общие технологические процессы»

Выбрать технологический переход «Отрезать заготовку L=<Gb> мм». При резке проката на абразивно-отрезном станке отрезным абразивным кругом определенного диаметра режимы резания будут постоянными. Поэтому они могут быть заданы неизменяемыми значениями параметров:  $i = 1$ ;  $t = 2$  мм;  $S = 0,01$  мм/об;  $V = 80$  м/с;  $N = 128$  с<sup>-1</sup>. Данные параметры определены на основе

характеристик отрезного круга, технических характеристик абразивно-отрезного станка и рекомендаций нормативов.

Для ввода значений режимов для выбранного основного технологического перехода открыть закладку «Режим» (см. рисунок 1.1) и в поле «Параметр» из выпадающего списка выбрать необходимые параметры, а в поле «Значение» записать их значения по приведенному выше примеру.

**2 Настройка БУР для определения режимов резания, которые зависят от размеров обрабатываемых поверхностей или размеров режущей части инструментов.** Рассмотрим пример автоматизации расчета режимов резания при продольном точении.

На первом этапе определяется общий припуск  $P$  на сторону, как половина разности диаметра обрабатываемой [D;030901] и обработанной [D;Обраб] поверхностей:  $[P;Режим] = ([D;030901] - [D;Обраб]) / 2$ .

На втором этапе определяется количество рабочих ходов инструмента с учетом максимально допустимой глубины резания для данной размерной группы деталей. Предполагается, что в группу деталей, для которых разработан обобщенный техпроцесс, входят детали с поверхностями диаметром от 6 до 20 мм. По нормативам задается максимальная допустимая глубина резания 3 мм. Тогда число рабочих ходов с точностью до целого определится по выражению  $[i;Режим] = \text{OKR}([P;Режим] / 3)$ .

На третьем этапе определяется глубина резания с точностью до десятых долей миллиметра:  $[t;Режим] = \text{OKP1}([P;Режим] / [i;Режим])$ .

На четвертом этапе в зависимости от диаметра обрабатываемой поверхности и глубины резания определяется подача. Для выбора подачи необходимо создать таблицу базы данных ВыборSt.

Загрузка программы создания таблиц TehTable.mde выполняется нажатием ярлыка  TehTable на рабочем столе.

Для создания группы таблиц, используемых при расчете режима резания процесса точения, из контекстного меню дерева базы данных необходимо выполнить команду **Новая группа**. В открывшемся окне вводится название новой группы таблиц «Точение» (рисунок 1.2), и команда подтверждается нажатием кнопки **Ок**.

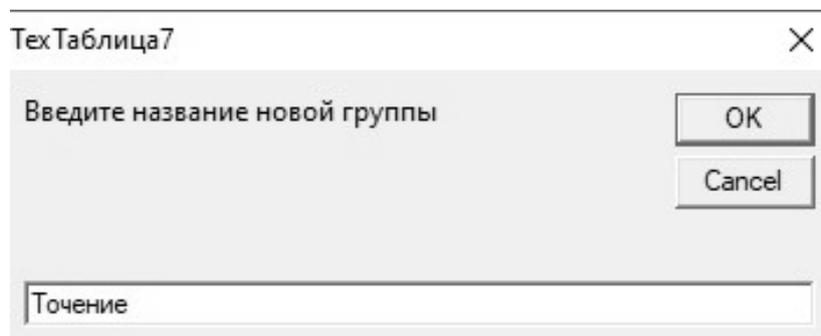


Рисунок 1.2 – Окно создания группы таблиц

Затем из контекстного меню папки «Точение» выполняется команда «Новая таблица». В появившемся окне необходимо заполнить поля формы данными, размещенными на рисунке 1.3. Операция завершается нажатием кнопки Ок.

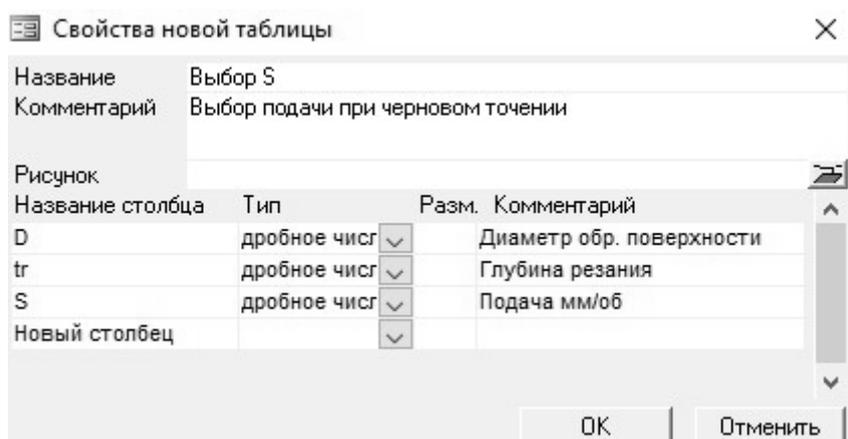


Рисунок 1.3 – Окно «Свойства новой таблицы»

Далее заполняются поля таблицы  $D$  – диаметр,  $tr$  – глубина резания,  $S$  – подача (рисунок 1.4), и окно ТехТаблица закрывается.

		D	tr	S
	...	10	2	0,15
	...	20	3	0,3
	...	40	3	0,4
	...	40	5	0,3
	...	60	3	0,5
	...	60	5	0,4
		60	8	0,3
	...			
	*			

Рисунок 1.4 – Окно базы данных для заполнения полей таблицы

Для выбора данных из таблиц в поле Условия можно вносить табличную переменную, описываемую функцией Таблица:

Таблица(СТОЛБЕЦ, ТАБЛИЦА, ВЫРАЖЕНИЕ),

где СТОЛБЕЦ – наименование поля (столбца), из строки которого необходимо получить искомое число или текст;

ТАБЛИЦА – наименование таблицы в файле TehnoTab.mdb;

ВЫРАЖЕНИЕ – описание правила выбора строки.

Для выбора подачи составляется табличная переменная:

[S;Режим]=Таблица(S, Выбор\_S, D >= [D;Обраб] И tr >= [t;Режим])

На пятом этапе необходимо определить скорость резания при точении. Скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{C_v K_v}{T_e^{M_v} t^{X_v} S^{Y_v}}, \quad (1.1)$$

где  $C_v$  – скоростной коэффициент;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания, который учитывает физико-механические свойства обрабатываемого и инструментального материала, вид заготовки и др.;

$T_e$  – экономически выгодный период стойкости, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$X_v, Y_v, M_v$  – показатели степеней, определяющие степень влияния на скорость резания глубины резания, подачи и заданного периода стойкости режущего инструмента.

По нормативным данным определяются значения параметров для расчета режимов резания при точении резцами, оснащенными пластинами из твердого сплава Т15К6, заготовок из углеродистой конструкционной стали с твердостью 180...200 НВ:  $C_v = 420$ ;  $K_v = 0,63$ ;  $T_e = 40$ ;  $X_v = 0,15$ ;  $Y_v = 0,2$ ;  $M_v = 0,2$ .

Принимая во внимание, что все детали группы с подобными конструктивно-технологическими признаками изготавливаются только из конструкционной углеродистой стали, записывается выражение для определения скорости резания:

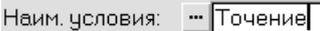
$$[V; \text{Режим}] = 420 * 0.63 / (40 ^ 0.2 * [t; \text{Режим}] ^ 0.15 * [S; \text{Режим}] ^ 0.2)$$

На последнем этапе автоматизации расчета режима резания определяется частота вращения шпинделя:

$$[N; \text{Режим}] = 1000 * [V; \text{Режим}] / (3.14 * [D; \text{Обраб}])$$

Для записи выражений, составленных на языке строителя условий, в главном меню системы щелкнуть кнопку . Откроется окно «База условий».

Для ввода нового условия необходимо создать или открыть требуемую группу. На дереве групп условий открыть группу «Расчет режимов и норм», а в ней подгруппу условий «Токарные работы».

Справа в поле формы «Наименование условия» записать название условия «Точение» и открыть окно «Условия» нажатием кнопки  слева от записанного названия условия  (рисунок 1.5).

В открывшемся окне «Описание условия: Точение» (рисунок 1.6) записать выражение для расчета режима точения.

В поле «Условие» из выпадающего списка выбрать пустой оператор «---». В следующем поле записать комментарий, например, «Подвод инструмента». В поле «Действие» из выпадающего списка выбрать оператор «Вычислить».

В поле справа от оператора «Вычислить» записать выражение для вычисления заданного параметра.

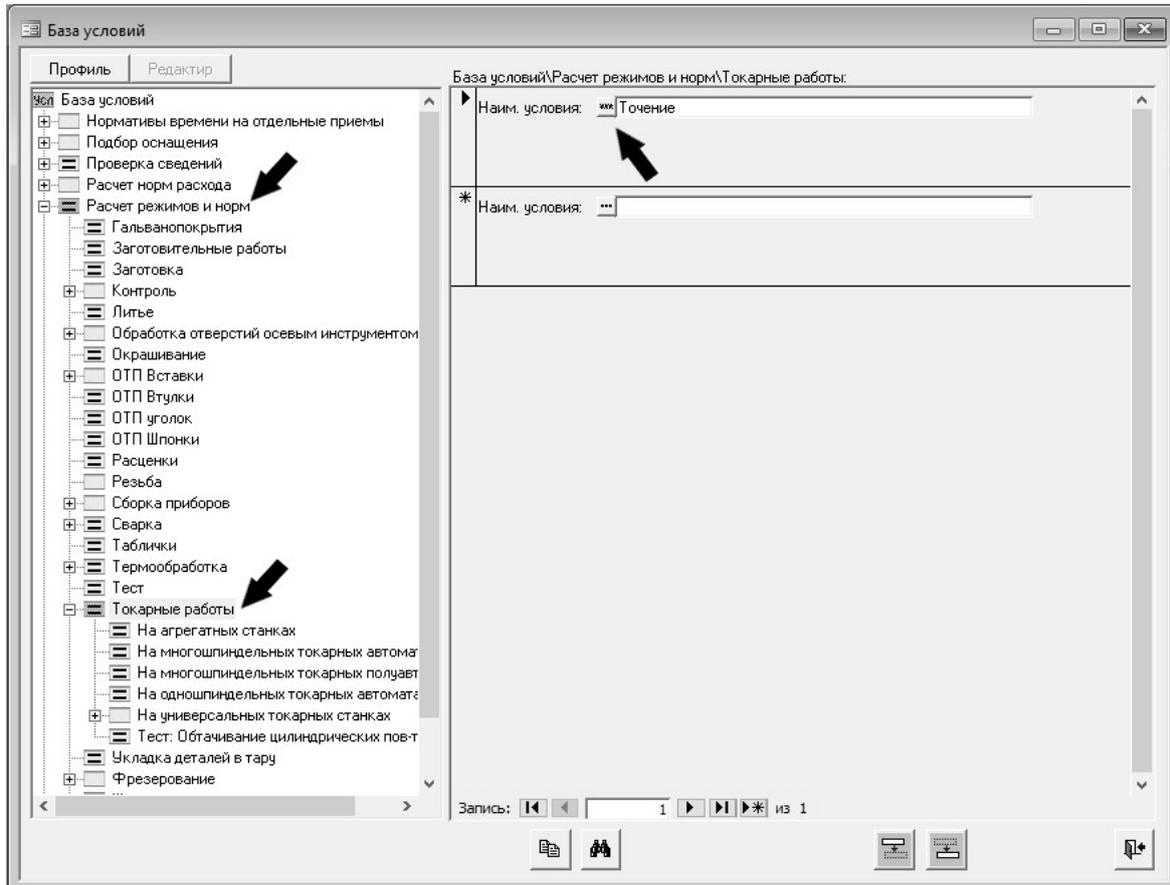


Рисунок 1.5 – Окно «База условий»

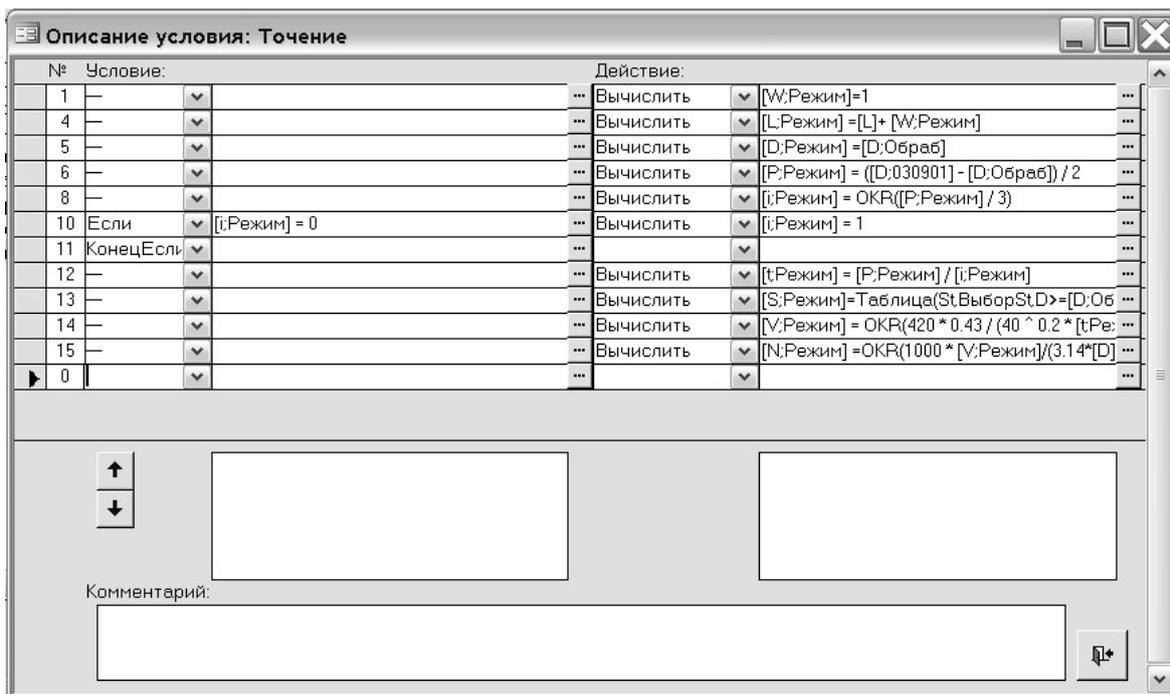


Рисунок 1.6 – Окно «Описание условия: Точение»

При вычислении количества рабочих ходов  $i$  необходимо использовать выражение  $[i; \text{Режим}] = \text{OKR}([P; \text{Режим}] / 3)$ .

Значение  $i$  при припуске менее 3 мм может быть равно 0. Поэтому после вычисления  $i$  вводим логический оператор:

Если  $[i; \text{Режим}] = 0$  Вычислить  $[i; \text{Режим}] = 1$ .

Таким образом, при припуске менее 3 мм всегда будет назначаться один рабочий ход.

После ввода всех уравнений и логического условия закрыть окна «Описание условия» и «База условий» нажатием кнопки .

Далее связываем условие расчета режима резания «Точить» с соответствующими технологическими переходами обобщенного технологического процесса. Для этого открыть окно обобщенного технологического процесса нажатием кнопки ; в токарной операции выбрать первый переход, который начинается ключевым словом «Точить»; открыть базу условий и расчетов нажатием кнопки ; на дереве базы условий и расчетов открыть последовательно ветви «Расчет режимов», «Токарные работы», «Точение цилиндрических поверхностей»; выбрать условие «Точение» и нажать кнопку «Вставить в ТП».

Для связывания остальных переходов продольного точения и точения фасок с условием расчета режима резания «Точение» в свободном поле «Усл1» (рисунок 1.7) выбрать условие «Точение» из выпадающего списка.

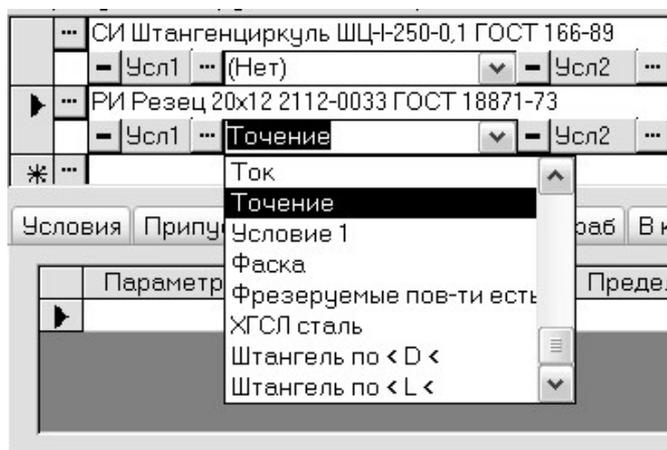


Рисунок 1.7 – Связывание переходов точения с условием расчета режима резания

**3 Автоматическое проектирование технологического процесса с использованием базы данных для расчета режима резания.** Для выбора детали, на основе описания которой будет проектироваться конкретный технологический процесс, открыть окно «КТП» и на дереве базы данных выбрать деталь «2345-8786 Ось».

Для запуска процесса автоматического проектирования конкретного ТП нажать кнопку «Сформировать».

**4 Создание комплекта документов технологического процесса.** Выполнить формирование комплекта технологических документов, состоящего из титульного листа и карты технологического процесса (КТП ф.1 Маршрутно-операционный ТП).

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Условия выбора для расчета режима резания.
- 3 Операционная карта «Токарно-револьверной операции» с рассчитанными режимами резания.
- 4 Выводы. В выводах необходимо изложить, в каких ситуациях необходимо задавать условия расчета режимов резания, а в каких ситуациях режимы резания можно задавать постоянными.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Для чего предназначена БУР?
- 2 Какие параметры могут быть использованы для расчета режима резания, и в каком виде они записываются?
- 3 Какие встроенные функции системы могут быть использованы при составлении уравнений расчета режима резания?
- 4 Для каких целей может быть использован оператор «Если»?

## **2 Практическая работа № 8. Автоматизация нормирования технологического процесса механической обработки резанием**

***Цель работы:*** изучение методики настройки базы данных и базы знаний обобщенных технологических процессов в САПР ТП «ТехноПро» для автоматизации расчета норм времени на выполнение технологических операций.

### ***Общие сведения об автоматизации нормирования технологических операций в среде САПР ТП «ТехноПро»***

Под нормированием технологических процессов понимают назначение технически обоснованных норм времени на продолжительность выполнения операций.

Технически обоснованной нормой времени называют время выполнения технологической операции в определённых организационно-технических условиях, наиболее благоприятных для данного типа производства.

Норма штучного времени  $T_{шт}$  при поточной форме организации производства определяется по уравнению

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{ото} + T_{отд} , \quad (2.1)$$

где  $T_o$  – основное (машинное) время, мин;

$T_{всп}$  – вспомогательное время, затраченное на управление станком, установку, закрепление и снятие детали, подвод и отвод режущего инструмента, измерение детали, мин;

$T_{ото}$  – время на организацию рабочего места, затраченное на смазывание станка, удаление стружки, уборку рабочего места, установку и снятие режущего инструмента, мин;

$T_{отд}$  – время на отдых и естественные надобности, мин.

При непоточной форме организации производства определяется норма штучно-калькуляционного времени:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{п.з.}/n_p, \quad (2.2)$$

где  $T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время, необходимое на ознакомление исполнителя с чертежом, получение консультаций у мастера, настройку станка и приспособлений. Это время распределяется не на одну деталь, а на всю партию деталей, подлежащих изготовлению;

$n_p$  – объем производственной партии, количество деталей одновременно запускаемых в производство при непоточной форме организации производства.

Основное машинное время определяется по уравнению, которое зависит от вида обработки. Например, при точении основное (машинное) время определяют по уравнению

$$T_o = L \cdot i / (S \cdot n), \quad (2.3)$$

где  $L$  – длина рабочего хода, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$n$  – частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>;

$i$  – число рабочих ходов (проходов).

Длина рабочего хода определяется как сумма длины обработанной поверхности, величины врезания и величины перебега инструмента:

$$L = l_0 + l_1 + l_2, \quad (2.4)$$

где  $l_0$  – длина обработанной поверхности в направлении обработки, мм;

$l_1$  – длина врезания, мм;

$l_2$  – перебега режущего инструмента, мм.

Остальные элементы норм времени выбираются из таблиц нормативно-справочной литературы.

Правила записи ссылок на элементы нормы времени, используемых при нормировании технологических операций, следующие:

[ОперОП] – объем производственной партии;

[ОперЕН] – единица нормирования;

[ОперКшт] – коэффициент штучного времени;

[ОперТшт] – штучное время;

[ОперТпз] – подготовительно-заключительное время;  
 [ОперКОИД] – количество одновременно изготавливаемых деталей;  
 [То;Норма] – основное время, связанное с переходом;  
 [Тв;Норма] – вспомогательное время, связанное с переходом.

Вычисление основного времени при точении:

$$[То;Норма] = ОКР2((([L]+ [W;Режим] ))/([N;Режим] * [S;Режим])* [i;Режим]))$$

Выбор из таблицы «Вспом\_время\_установки», из поля  $T_u$  значения вспомогательного времени в зависимости от диаметра заготовки  $D$  и длины заготовки  $L$ :

$$[Тв;Норма] = \text{Таблица}(T_u, \text{Вспом\_время\_установки}, \\ ([D] \Rightarrow D_{\min} \text{ И } [D] < D_{\max}) \text{ И } ([L] \Rightarrow L_{\min} \text{ И } [L] < L_{\max}))$$

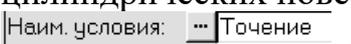
Формулы расчетов элементов нормы времени вводятся в «Условия» в БУР. Каждое такое условие соответствует определенной операции или переходу. Например, условие «ОснВремяРезкиПрутка» соответствует расчету элементов нормы времени отрезных операций и переходов.

Значения параметров, используемых в правой части формул, определяются заранее – до вычисления искомого значения по формуле, причем наименования параметров можно задавать произвольно, например,  $T_o$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  и т. п.

Результаты расчета норм времени при формировании технологических документов заносятся в соответствующие поля маршрутных и операционных карт. Размеры полей ограничены количеством символов, которые могут быть в них записаны. Поэтому при вычислениях по формулам следует использовать функции округления, чтобы длина вычисляемого значения в символах не превышала длину поля технологического документа.

## **Методика выполнения практической работы**

**1 Настройка базы знаний для нормирования токарно-револьверной операции.** Для входа в режим корректировки базы данных из главного меню выбрать пункт «Усл». После выполнения этой команды на экран будет выведено окно базы «Условий и расчетов» (БУР).

Расчет нормы основного времени непосредственно связан с расчетом режимов резания, поэтому для задания условий расчета основного времени необходимо последовательно открыть узлы «Токарные работы», «Точение цилиндрических поверхностей» и выбрать условие «Точение» нажатием кнопки .

В окне «Описание условия» (рисунок 2.1) в нижнем пустом поле из выпадающих списков определить значения «Условие» (---) и «Действие» (Вычислить), записать выражение для расчета технологического перехода продольного точения:

$$[То;Норма] = ОКР2((([L]+ [W;Режим] ))/([N;Режим] * [S;Режим]))* [i;Режим]*100)/100.$$

Умножение и деление на 100 связано с проблемой округления малых чисел. В пустом поле ниже аналогичным образом записать выражение для расчета нормы вспомогательного времени, связанного с переходом точения поверхности:

$$[Tв;Норма] = ((([L]+ [W;Режим]) / 10000.0) * [i;Режим]).$$

№	Условие:	Действие:
4		Вычислить [L;Режим] = [L] + [W;Режим]
5		Вычислить [D;Режим] = [D;Обраб]
6		Вычислить [P;Режим] = ([D;030901] - [D;Обраб]) / 2
8		Вычислить [i;Режим] = ОКР([P;Режим] / 3)
10	Если [i;Режим] = 0	Вычислить [i;Режим] = 1
11	КонецЕсли	
12		Вычислить [t;Режим] = [P;Режим] / [i;Режим]
13		Вычислить [S;Режим] = Таблица(St.ВыборSt.D) = [D;Об
14		Вычислить [V;Режим] = ОКР(420 * 0.43 / (40 ^ 0.2 * [t;Ре
15		Вычислить [N;Режим] = ОКР(1000 * [V;Режим]) / (3.14 * [D
16		Вычислить [Tв;Норма] = ОКР2((( [L] + [W;Режим]) / ([N;F
17		Вычислить [Tв;Норма] = ОКР2((( [L] + [W;Режим]) / 10.0) * [
*	0	

Рисунок 2.1 – Окно описания условий и расчетов

Для выбора из таблицы нормы времени на установку заготовки и снятия детали создать но: Наим. условия: Точение На дереве «База условий» выбрать узел «Токарные работы» и выполнить команду «Добавить». В окне «Группа условий» ввести наименование группы условий «Выбор времени на установку и снятие». На дереве БУР открыть созданную группу условий. В поле «Наименование условия» ввести название условия «Вспом\_время\_на\_установку\_снятие» и щелкнуть кнопку

Для выбора данных из таблиц в поле «Условия» можно использовать табличную переменную, описываемую функцией «Таблица»:

Таблица(СТОЛБЕЦ, ТАБЛИЦА, ВЫРАЖЕНИЕ),

где СТОЛБЕЦ – наименование поля таблицы (столбца), из записей которого (строк) необходимо получить искомое число или текст;

ТАБЛИЦА – наименование таблицы в файле базы данных;

ВЫРАЖЕНИЕ – описание правила выбора строки.

Для выбора нормы времени на установку заготовки и снятия детали в полях из выпадающих списков определить значения «Условие» (---) и «Действие» (Вычислить), записать с использованием имен полей таблицы базы данных логическое выражение

$[Tв;Норма] = \text{Таблица}(Tвр, \text{Вспом\_время\_установки\_Petrov}, LzagMin \leq$

$[L;030901] \text{ И } LzagMax > [L;030901] \text{ И } DzagMin \leq [D;030901] \text{ И } DzagMax >$

$[D;030901]).$

После ввода логического выражения закрыть окно БУР нажатием кнопки «Выход».

Из главного меню выбрать пункт «Общие Тех. Процессы». Для связывания технологических переходов с выражениями для расчета и выбора норм времени на дереве проекта выбрать из своего ОТП операцию «010 Токарно-револьверная». В нижней части окна открыть закладку «Нормы» и ввести ранее определенные условно-постоянные значения «Тпз», «% увеличения Тшт» и «КОИД» (рисунок 2.2).

Открыть узел «010 Токарно-револьверная» и выбрать первый переход «001 Установить заготовку в патроне». Нажать кнопку выбора условия. В окне БУР выбрать ранее составленное условие определения нормы времени на установку заготовки «Вспом\_время\_на\_установку\_снятие» и нажать кнопку «Вставить в ТП». Название условия выбора должно появиться в поле «Усл1». Это же условие определения нормы времени свяжем с переходом «Переустановить и закрепить заготовку».

Переходы «Точить поверхность», «Точить фаску» и другие уже связаны с условием расчета режима резания «Точить», в которое были добавлены условия расчета нормы времени, поэтому достаточно проверить наличие их связи с условием «Точить».

При проектировании конкретных технологических процессов значение штучного времени выводится в поле штучного времени «Тшт» закладки «Нормы» соответствующей операции.

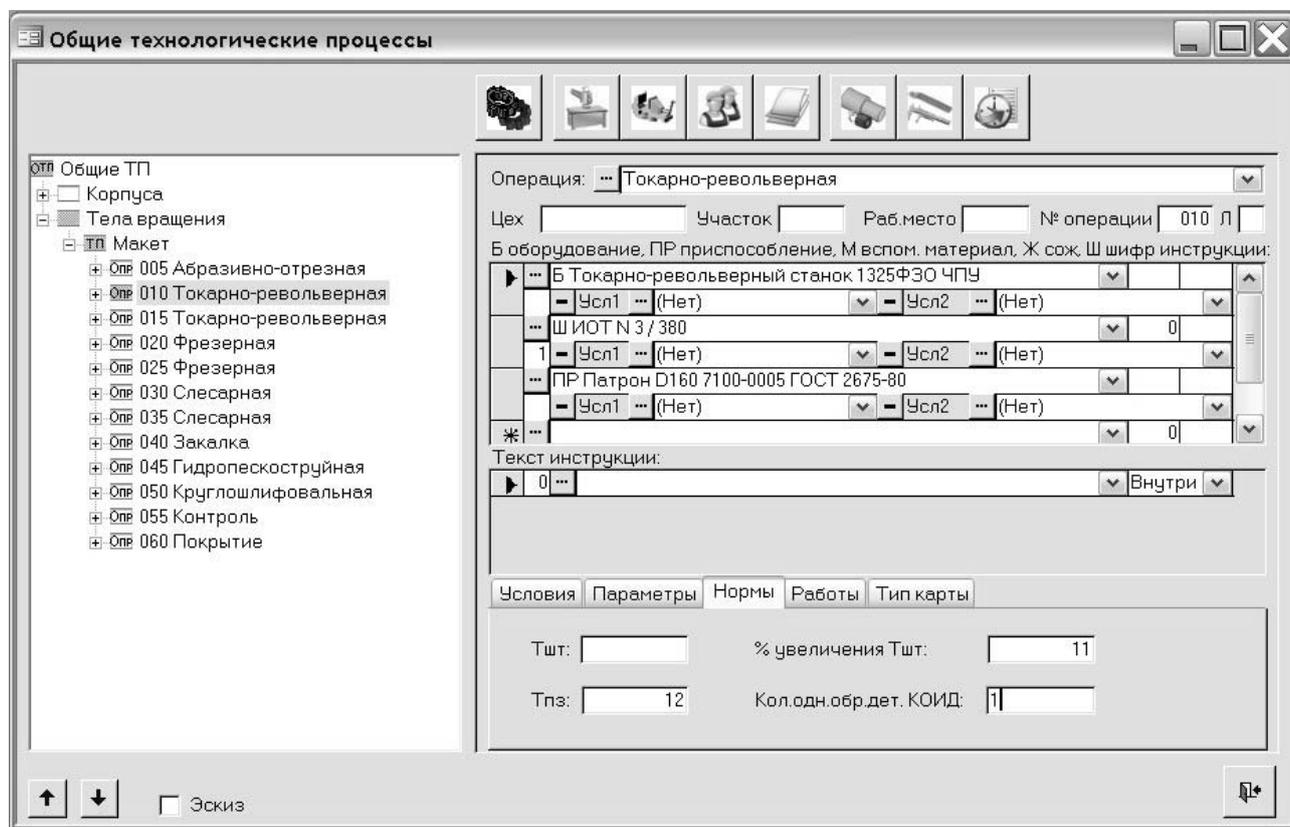


Рисунок 2.2 – Заполнение полей закладки «Норма» условно-постоянной информацией

**2 Автоматическое проектирование технологического процесса с использованием результатов настройки базы данных для нормирования операций.** Для выбора детали, на основе описания которой будет проектироваться конкретный технологический процесс, открыть окно «КТП» и на дереве базы данных выбрать деталь «2345-8786 Ось».

Для запуска процесса автоматического проектирования конкретного ТП в окне «КТП» нажать кнопку «Сформировать».

Для ознакомления с результатами проектирования просмотреть состав переходов «Токарно-револьверной операции» и рассчитанные для них нормы времени в закладке «Режим».

**3 Создание комплекта документов технологического процесса.** Выполнить формирование комплекта технологических документов, состоящего из титульного листа и карты технологического процесса (КТП ф.1 Маршрутно-операционный ТП).

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Условия выбора для нормирования операций.
- 3 Операционная карта токарно-револьверной операции.
- 4 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Какие параметры могут быть использованы для расчета нормы времени, и в каком виде они записываются?

2 Какие встроенные функции системы могут быть использованы при составлении уравнений расчета нормы времени?

3 Каким образом можно решить проблему округления малых чисел при расчете нормы времени?

## **3 Практическая работа № 9. Параметрическая оптимизация технологических операций**

***Цель работы:*** изучение методики настройки базы данных и базы знаний обобщенных технологических процессов в САПР ТП «ТехноПро» для автоматизации расчета норм времени на выполнение технологических операций.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Скопировать из папки «АСТПП» в свою рабочую папку файл «Параметрическая оптимизация технологических операций.xls» и открыть его в своей рабочей папке.

2 Заполнить область исходных данных таблицы на основе данных, представленных на фрагменте операционной карты (рисунок 3.1).

Вид	Акт	И. Фамилия	Подпись	Дата				
Белорусско-Российский университет	БРУ 60 142.00003							
Вал				0,20				
Наименование операции	Материал	Твердость	ES	MS	Площадь и размеры	MS	КОМ	
Токарная с ЧПУ	Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71	170...217 HB	к2	11,2	#95x266	14,6	1	
Обозначение участка ЧПУ	Обозначение операции	Ta	TB	Tca	Tcut	Сек		
16ГС25Ф3		6,2	1,36	28	8,53	Эмульсия		
Р	ПМ	В или В	L	f	i	S	n	V
0 01	Установ А. Установить и закрепить заготовку							
T 02	Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80, Центр А-1-5-У ГОСТ 8742-75							
0 03	1 Точить поверхности 1, 2, 3, 4, 5 предварительно							
T 04	Резец 2103-0711 ГОСТ 20872-80, 25x25, Т15К6, Штангенциркуль ШЦЦ-И-250-0,01 ГОСТ 166-89							
P 05		90,6	233	2,2	1	0,6	353	110,5
P 06		75	206	2,605	3	0,6	415	97,7
P 07		65	27	2,5	2	0,6	482	98,4
P 08		66	178	2,25	2	0,6	482	99,9
P 09		60	149	3	1	0,6	508	95,7
0 10	2 Точить поверхности 1, 4 окончательно и фаски							
T 11	Резец 2103-0711 ГОСТ 20872-80, 25x25, Т15К6, Штангенциркуль ШЦЦ-И-250-0,01 ГОСТ 166-89, Микрометр 100-ГОСТ 6507-75							
T 12		89,6	31	0,5	1	0,2	616	173,6
P 13		65	33	0,5	1	0,2	850	173,6
OK								

Рисунок 3.1 – Фрагмент операционной карты, содержащий сведения о переходах, которые подлежат оптимизации

3 Заполнить область нормативных режимов резания на основе данных, представленных в фрагменте операционной карты (см. рисунок 3.1).

4 Для выхода в систему программирования VBA для редактирования программы оптимизации переключится в режим конструктора (рисунок 3.2) и выполнить двойной щелчок по кнопке «Ок», расположенной справа от области ввода исходных данных.

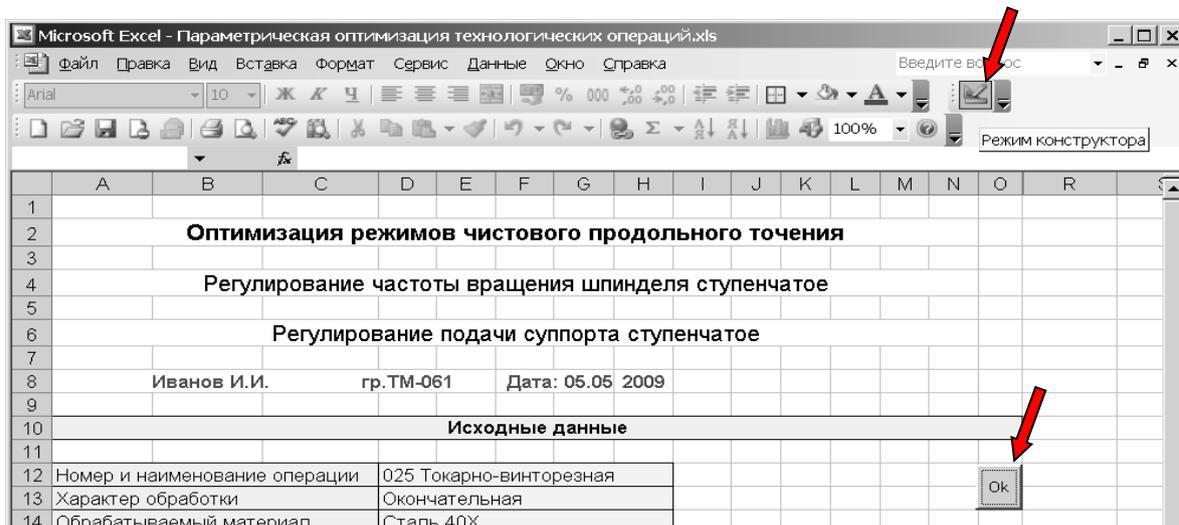


Рисунок 3.2 – Панель инструментов и кнопка перехода в режим конструктора

5 В открывшемся окне редактора VBA ввести сведения о станке, режущем инструменте, коэффициентах и показателях степеней, которые используются в уравнениях математической модели процедуры параметрической оптимизации так, как это показано на рисунке 3.3.

```

Microsoft Visual Basic - Параметрическая оптимизация технологических операций.xls - [Лист1 (Code)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help Введите вопрос
Ln 42, Col 21
Ok Click
'
' СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ СТАНКЕ 1И611П
Const k As Integer = 22 ' Количество ступеней частоты вращения шпинделя
Dim n As Variant ' Ряд скоростей вращения шпинделя
n = Array(12.2, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 3
Const m As Integer = 22 ' Количество ступеней продольных подач суппорта
Dim S As Variant ' Ряд продольных подач суппорта
S = Array(0.05, 0.06, 0.075, 0.09, 0.1, 0.125, 0.15, 0.175, 0.2, 0.25, 0.3,
Const ND As Single = 25 ' Мощность двигателя привода главного движения
Const KPD As Single = 0.87 ' КПД коробки скоростей станка
' СВЕДЕНИЯ О РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ
Const Te As Integer = 60 ' Экономически выгодный период стойкости
Const Rv As Single = 0.4 ' Радиус при вершине резца
Const Gam As Integer = 10 ' Передний угол режущей пластины
' КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНЕЙ В УРАВНЕНИИ РАСЧЕТА ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ
Const Mv = 0.2, Xv = 0.15, Cv = 293, Yv = 0.2, Kv = 1
' КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНЕЙ В УРАВНЕНИИ РАСЧЕТА СИЛЫ РЕЗАНИЯ
Const Cp = 300, Xp = 1, Kp = 1, Yp = 0.75, Np = -0.15
' КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНЕЙ В УРАВНЕНИИ РАСЧЕТА ШЕРОХОВАТОСТИ
Const k0 = 17, k1 = 0.85, k2 = 0.65, k3 = 0.36, k4 = 0.15

```

Рисунок 3.3 – Окно редактора VBA и фрагмент исходного текста программы

6 В открывшемся окне электронной таблицы отключить режим конструктора щелчком по кнопке «Режим конструктора». Двойным щелчком по кнопке «Ок» начать выполнение программы параметрической оптимизации.

7 После завершения программы параметрической оптимизации произвести анализ полученных результатов и составить отчет по лабораторной работе.

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель лабораторной работы.
- 2 Программа параметрической оптимизации.
- 3 Результаты оптимизации переходов.
- 4 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Что представляет собой функциональная математическая модель процесса обработки, используемая в задачах параметрической оптимизации?

2 Какие параметры технологического перехода могут рассматриваться в качестве входных и выходных параметров модели?

3 В чем заключается параметрическая оптимизация технологиче-

ских процессов?

4 Какие параметры технологического процесса могут быть выбраны в качестве критерия оптимизации?

## **4 Практическая работа № 10. Автоматизация программирования токарной операции с ЧПУ**

**Цель работы:** овладение практическими навыками автоматизированного проектирования управляющих программ для оборудования с ЧПУ с использованием современных САМ-систем.

### ***Общие сведения о САМ-системе SprutCAM***

САМ-система (от англ. Computer-Aided Manufacturing) – система автоматизированного программирования (САП) станков с ЧПУ – общий термин для обозначения программных систем подготовки управляющих программ (УП) для станков с числовым программным управлением.

Область применения САМ-систем определяется конструктивно-технологическими признаками деталей и технологической группой станков. Различают четыре типа САМ-систем, областями применения которых являются:

- обработка тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилями на токарных станках с 2-координатным управлением;
- обработка отверстий на сверлильных станках с позиционным управлением и обработка поверхностей, параллельных координатным плоскостям, на фрезерных станках с 2,5-координатным управлением;
- комплексная (многоцелевая) обработка корпусных деталей на сверлильно-фрезерно-расточных станках и обрабатывающих центрах;
- обработка поверхностей деталей сложной формы (штампы, пресс-формы, турбинные лопатки и т. п.) на 3...5-координатных фрезерных станках.

SprutCAM – современная полнофункциональная САМ-система, предназначенная для разработки управляющих программ для обработки деталей различной сложности на обрабатывающих центрах, фрезерных, гравировальных, токарных станках и токарно-фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ.

SprutCAM используется при программировании обработки резанием штампов, пресс-форм, литейных форм, прототипов изделий, мастер-моделей, различных деталей машин и конструкций, шаблонов, при гравировке и вырезке надписей и изображений.

Важными отличительными особенностями системы являются:

- развитые средства импорта и преобразования геометрической модели;
- корректная обработка разрывов и перехлестов между формообразующими поверхностями;
- сквозная передача состояния заготовки между этапами и различными видами обработки;

- расширенный набор функций управления параметрами технологических операций;
- множество методов оптимизации обработки;
- обязательный контроль на подрезание на всех стадиях расчета траектории;
- реалистичное моделирование обработки;
- простота в освоении и использовании;
- удобный интерфейс, практически исключаящий потребность в использовании документации.

В данной работе будет рассмотрен порядок формирования программ для токарной обработки с использованием модуля Токарная обработка (LATHE). Этот модуль позволяет программировать следующие типы технологических переходов:

- подрезка торцов и отрезка;
- послойное черновое точение и растачивание наружных и внутренних поверхностей;
- чистовое точение и растачивание наружных и внутренних поверхностей;
- точение и растачивание канавок;
- сверление осевых отверстий;
- сверление несоосных отверстий и фрезерование поверхностей на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах;
- нарезание резьбы.

Основная задача модуля «LATHE» – формирование траектории движения режущего инструмента – решается с учетом геометрии обрабатываемой детали и заготовки, выбранных технологических переходов и геометрии режущего инструмента.

Геометрия детали и заготовки может быть получена как при помощи инструментов черчения, имеющихся в системе, так и путем импорта данных из CAD-систем.

Геометрическая модель изготавливаемой детали, заготовки, оснастки и т. п. может быть подготовлена в любой CAD-системе и передана в SprutCAM через файл формата IGES, DXF, STL, VRML, PostScript, 3dm, SGM, X\_T или XMT\_TXT.

SprutCAM имеет множество функций для последующего преобразования модели, а также встроенную среду двумерных параметрических построений для создания и редактирования 2D-элементов. Для учета геометрии режущего инструмента в системе предусмотрена библиотека инструмента с возможностью редактирования и расширения.

В процессе расчета траектории система осуществляет контроль зарезания поверхностей. Сформированная траектория может просматриваться и редактироваться. Режим реалистичного просмотра (симуляция) позволяет пользователю увидеть на модели процесс обработки детали и конечный результат.

Система имеет в наличии расширяемую и редактируемую библиотеку постпроцессоров, позволяющих транслировать получаемые с использованием системы траектории режущих инструментов в G-коды конкретных устройств ЧПУ.

## ***Порядок выполнения работы***

Рассмотрим последовательность проектных операций процедуры разработки управляющей программы для токарной обработки с использованием модуля токарной обработки (LATHE) системы SprutCAM. В качестве иллюстрации примеров выполнения отдельных задач будет использована деталь, эскиз которой представлен на рисунке 4.1.

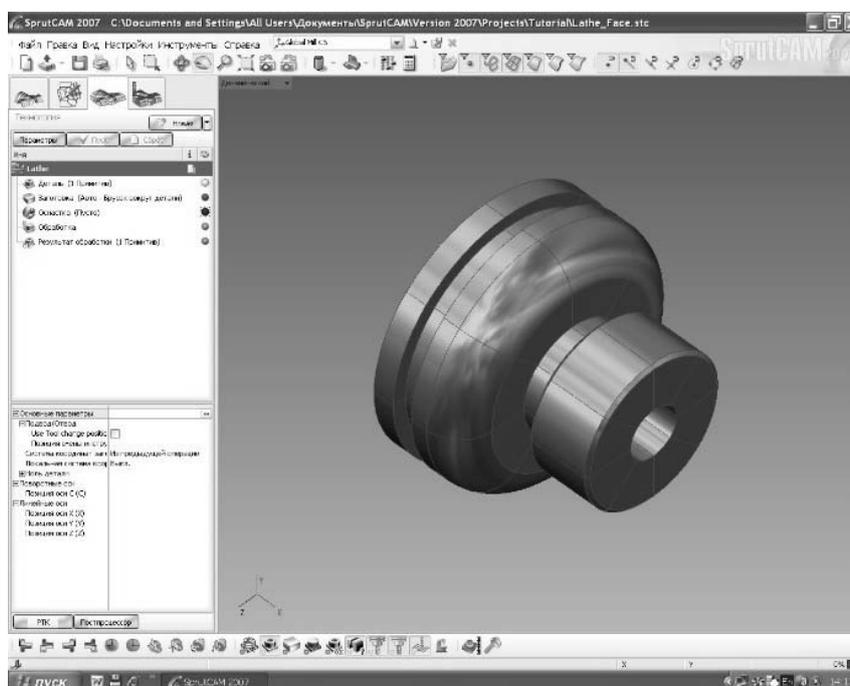


Рисунок 4.1 – Эскиз детали

***Изучение проектных операций процедуры разработки управляющей программы для токарной обработки.*** Рассмотрим последовательность проектных операций процедуры разработки управляющей программы для токарной обработки с использованием модуля «LATHE» (токарная обработка) системы SprutCAM.

Предполагаемая последовательность переходов обработки рассматриваемой детали: подрезка правого торца; черновое точение наружного контура детали; чистовое точение наружного контура детали; точение канавок; нарезание резьбы; сверление отверстия.

Загрузить программу SprutCAM и учебник SprutCAM.

Из меню учебника SprutCAM (рисунок 4.2) выбрать раздел «Токарная обработка», «Обработка торца» (урок № 1).

После выбора урока выполнить последовательно все предусмотренные в нем упражнения, перемещаясь по ним с помощью кнопок навигации. Завершив изучение упражнений урока № 1, перейти к уроку № 2 и выполнить остальные пять уроков.

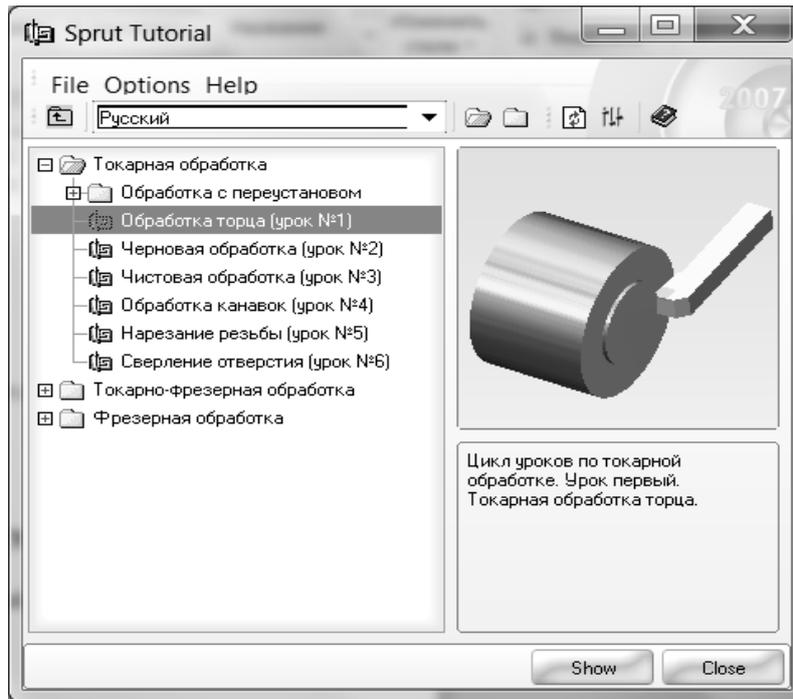


Рисунок 4.2 – Главное меню учебника SprutCAM

### Задание

С использованием САМ-системы SprutCAM спроектировать управляющую программу для токарной обработки детали, эскиз которой представлен на рисунке 4.3.

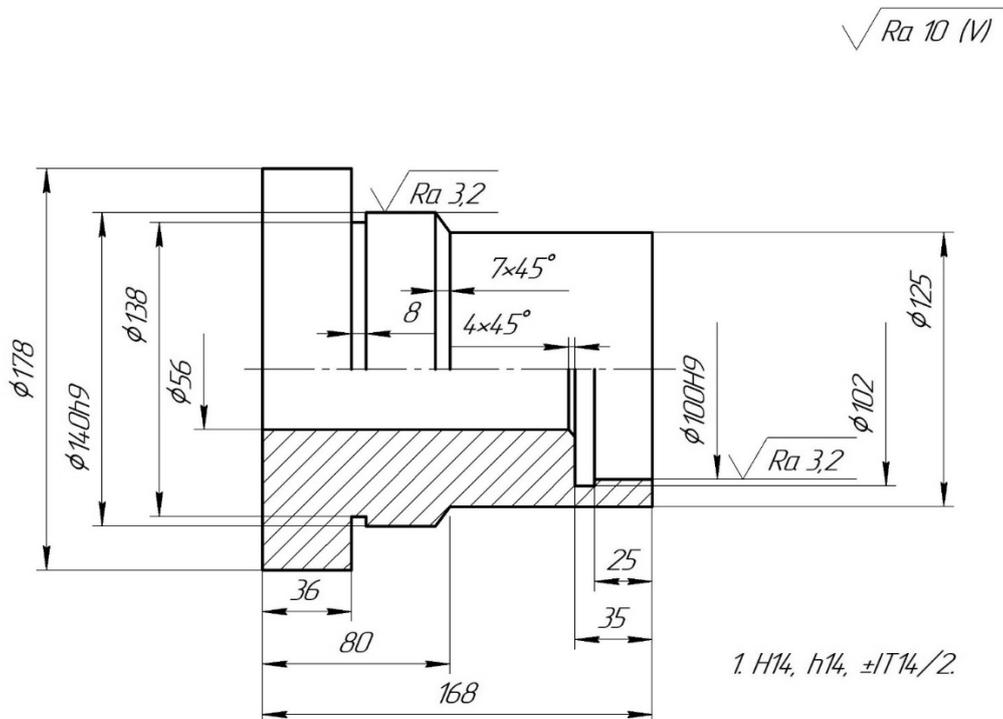


Рисунок 4.3 – Эскиз детали

Выполнение индивидуального задания состоит из следующих проектных процедур.

- 1 Создание 3D-модели детали и заготовки.
- 2 Задание технологической информации (определение последовательности технологических переходов, выбор инструментов и задание режимов резания).
- 3 Геометрическое моделирование технологических переходов и устранение возможных ошибок.
- 4 Генерация управляющей программы для станка с ЧПУ.

### ***Содержание отчета***

- 1 Задание и эскиз детали.
- 2 Эскиз профилей детали и заготовки с указанием зон обработки.
- 3 Краткое описание порядка выполнения работы.
- 4 Текст управляющей программы для станка с ЧПУ.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение САМ-систем.
- 2 Каков общий порядок подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ с использованием САМ-систем?
- 3 Какие существуют способы подготовки исходной геометрической информации об обрабатываемой детали?
- 4 Какая технологическая информация задается в процессе подготовки управляющей программы?

## **5 Практическая работа № 11. Автоматизация программирования токарной операции, выполняемой на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ**

***Цель работы:*** овладение практическими навыками автоматизированного проектирования управляющих программ для оборудования с ЧПУ с использованием современных САМ-систем.

В данной практической работе будет рассмотрен порядок формирования программ для токарной обработки с использованием модуля «LATHE», который позволяет программировать следующие типы технологических переходов: подрезка торцов и отрезка; послонное черновое и черновое точение и растачивание наружных и внутренних поверхностей; точение и растачивание канавок; сверление осевых отверстий; сверление несоосных отверстий и фрезерование поверхностей на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах; нарезание резьбы.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Загрузить программу SprutCAM двойным щелчком по ярлыку SprutCAM на рабочем столе Windows.

2 Загрузить учебник двойным щелчком по ярлыку «Учебник SprutCAM» на рабочем столе Windows.

3 Из меню «Учебника SprutCAM» (рисунок 5.1) выбрать раздел «Токарно-фрезерная обработка», «Обработка хвостовика».

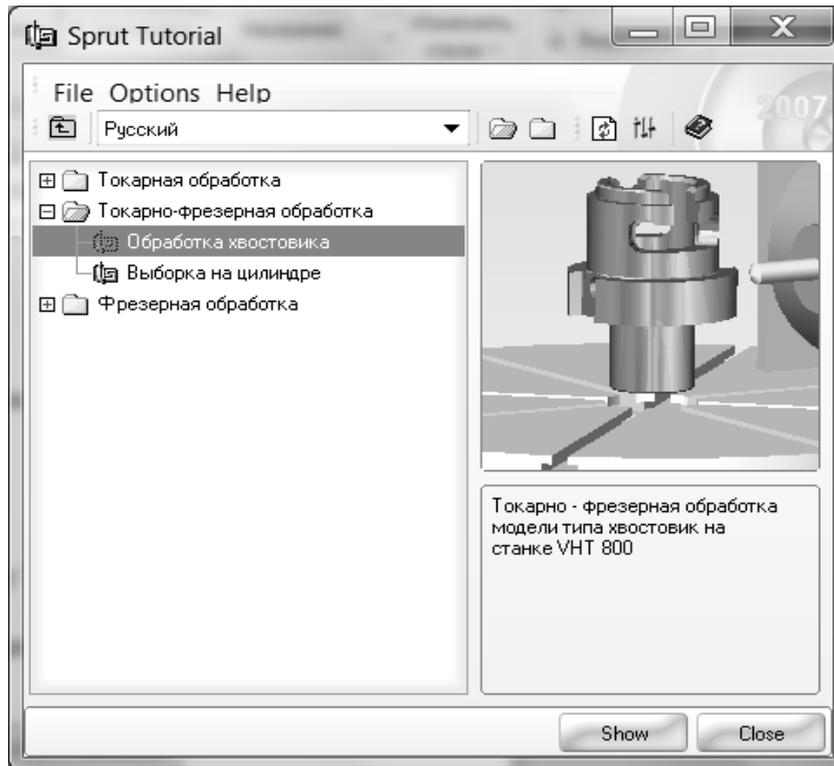


Рисунок 5.1 – Главное меню учебника SprutCAM

4 Выполнить последовательно все предусмотренные в нем упражнения, перемещаясь по ним с помощью кнопок навигации.

5 С использованием САМ-системы SprutCAM спроектировать управляющую программу для обработки детали (рисунок 5.2) на токарно-фрезерном обрабатывающем центре.

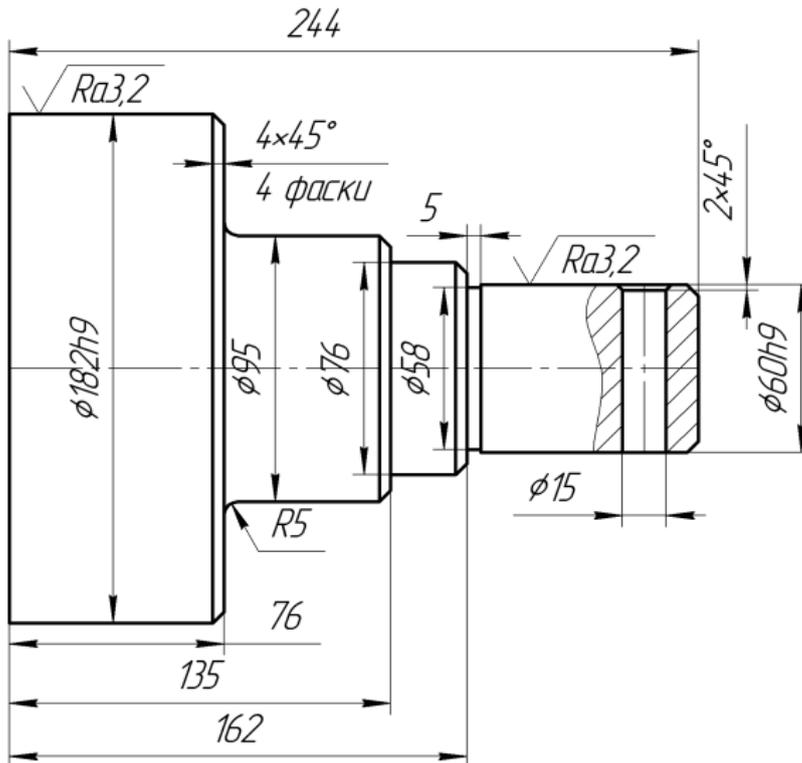
$\sqrt{Ra6,3}(\checkmark)$ 

Рисунок 5.2 – Эскиз детали

**Содержание отчета**

- 1 Задание и эскиз детали.
- 2 Эскиз профилей детали и заготовки с указанием зон обработки.
- 3 Краткое описание порядка выполнения работы.
- 4 Текст управляющей программы для станка с ЧПУ.

**Контрольные вопросы**

- 1 Области применения САМ-систем?
- 2 Основные типы САМ-систем?
- 3 Программирование каких типов металлорежущих станков возможно с использованием САМ-системы SprutCAM?
- 4 Каковы отличительные особенности САМ-системы SprutCAM?
- 5 Что такое симуляция? Для чего используется этот процесс?
- 6 Что означает термин «постпроцессирование»?

## 6 Практическая работа № 12. Автоматизация программирования вертикально-фрезерной операции с ЧПУ

**Цель работы:** овладение практическими навыками автоматизированного проектирования управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ с использованием современных САМ-систем.

### Порядок выполнения работы

1 Загрузить программу SprutCAM двойным щелчком по ярлыку SprutCAM на рабочем столе Windows.

2 Загрузить учебник двойным щелчком по ярлыку «Учебник SprutCAM» на рабочем столе Windows.

3 Из меню «Учебник SprutCAM» (рисунок 6.1) выбрать раздел «Фрезерная обработка», «2D-обработка», «Построение 2D-контуров».

4 После выбора урока выполнить последовательно предусмотренные в нем два упражнения «Построение 2D-контуров» и «Обработка 2D-контуров». Для перемещения по разделам использовать кнопки навигации.

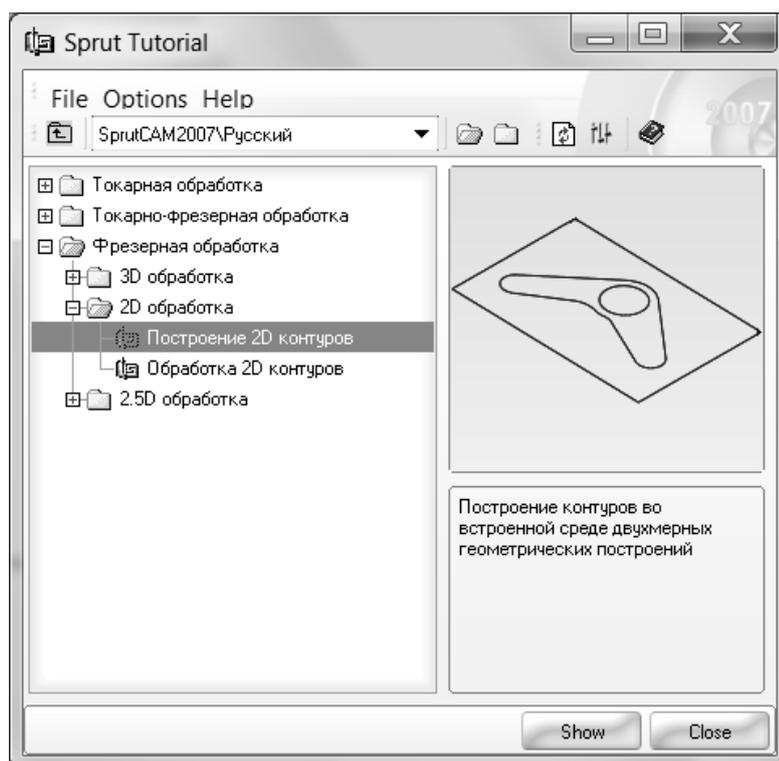


Рисунок 6.1 – Выбор урока из главного меню учебника по SprutCAM

5 После выполнения всех упражнений урока «2D-обработка» выполнить упражнения урока «2.5D-обработка».

6 С использованием САМ-системы SprutCAM спроектировать управляющую программу для фрезерной обработки детали, эскиз которой представлен на рисунке 6.2. Размеры поверхностей представлены в таблице 6.1.

Индивидуальное задание выполняется согласно заданному варианту.

Таблица 6.1 – Размеры поверхностей детали

Номер варианта	Значение размеров, мм											
	H3	H	L	L2	R1	R2	R3	D1	D2	H1	H2	L1
1	16	38	100	74	7	25	10	8	14	Произвольно		
2	24	57	150	111	10,5	37,5	15	12	21	Произвольно		

### ***Порядок выполнения индивидуального задания***

1 Проанализировать чертеж детали (см. рисунок 6.2). Выделить контуры заготовки и обрабатываемых поверхностей и присвоить им имена.

2 В режиме «2D» построить контуры заготовки и обрабатываемых поверхностей в плоскости X–Y.

3 Определить последовательность переходов фрезерной операции.

4 Задать технологические параметры переходов фрезерной операции (режущий инструмент, режимы резания, подвод, отвод инструмента, стратегию).

5 Выполнить генерацию программы в виде последовательности команд языка CLDATD.

6 Выбрать режим «Постпроцессор». Установить заданную систему ЧПУ и сгенерировать управляющую программу.

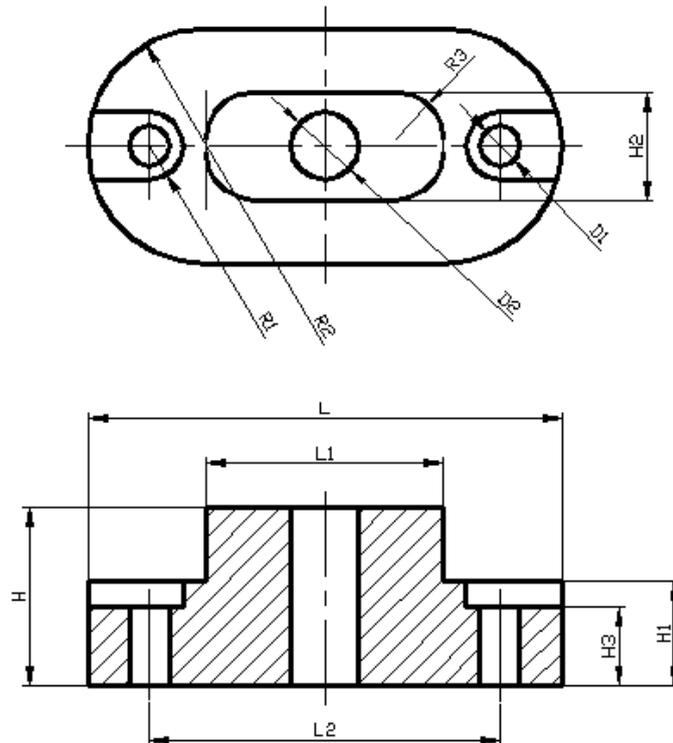


Рисунок 6.2 – Эскиз детали

## ***Содержание отчета***

- 1 Задание и эскиз детали.
- 2 Эскиз профилей детали и заготовки с указанием зон обработки.
- 3 Краткое описание порядка выполнения работы.
- 4 Текст управляющей программы для станка с ЧПУ.

## ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение САМ-систем.
- 2 Каков общий порядок подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ с использованием САМ-систем?
- 3 Какие существуют способы подготовки исходной геометрической информации об обрабатываемой детали?
- 4 Какая технологическая информация задается в процессе подготовки управляющей программы?

## **Список литературы**

- 1 **Берлинер, Э. М.** САПР технолога-машиностроителя: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2020. – 336 с.
- 2 **Бунаков, П. Ю.** Технологическая подготовка производства в САПР: учебное пособие / П. Ю. Бунаков, Э. В. Широких. – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 208 с.
- 3 **Акулович, Л. М.** Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: учебное пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. – 488 с.
- 4 Основы построения САПР ТП в многономенклатурном машиностроительном производстве : учебник / Г. Б. Бурдо [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2013. – 280 с.
- 5 **Жолобов, А. А.** Технология машиностроения : учебное пособие: в 2 кн. Кн. 1: Методы формирования деталей и узлов машин / А. А. Жолобов, А. М. Федоренко. – Минск : РИВШ, 2020. – 519 с.
- 6 Основы автоматизированного проектирования : учебник / Под ред. А. П. Карпенко. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 329 с.
- 7 **Рязанцев, А. Н.** Автоматизация проектирования технологических процессов. Сборник задач : учебное пособие / А. Н. Рязанцев, А. А. Жолобов. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 121 с.
- 8 САПР технологических процессов : методические указания к аудиторной контрольной работе для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Сост. М. Н. Миронова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 16 с.