

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для магистрантов направления подготовки  
15.04.06 «Мехатроника и робототехника»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 658.012.011.56  
ББК 30.2-5-05  
С19

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «22» ноября 2022 г.,  
протокол № 6

Составитель канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены для выполнения практических работ магистрантами направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» очной и заочной форм обучения по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования и производства». Изложены методики выполнения практических работ.

Учебно-методическое издание

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевко
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, 2023

## Содержание

Инструкция по охране труда при проведении практических занятий.....	4
1 Практическая работа № 1. Автоматическое проектирование технологического процесса механической обработки резанием на основе обобщенных технологических процессов .....	5
2 Практическая работа № 2. Автоматизация выбора технологических маршрутов и содержания операций.....	10
3 Практическая работа № 3. Автоматизация выбора средств технологического оснащения .....	14
4 Практическая работа № 4. Автоматизация расчета режимов резания .....	17
5 Практическая работа № 5. Автоматизация нормирования технологического процесса механической обработки резанием .....	21
6 Практическая работа № 6. Параметрическая оптимизация технологических операций.....	24
Список литературы.....	28

## **Инструкция по охране труда при проведении практических занятий**

### ***Общие требования безопасности***

1 Для работы на ПЭВМ в компьютерном классе допускаются студенты, прошедшие обучение и проверку знаний по мерам безопасности.

2 Студенты должны соблюдать правила внутреннего распорядка. Не допускается находиться в классах в верхней одежде, в состоянии алкогольного, токсического или наркотического опьянения.

3 При проведении практических работ необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

### ***Требования безопасности перед началом работы***

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы, а также безопасные приемы его выполнения.

2 В случае неисправности оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать (работать на неисправном оборудовании запрещается).

### ***Требования безопасности во время работы***

Студенту при работе на ПЭВМ запрещается:

- прикасаться к задней стенке системного блока (процессора) при включенном питании;
- загромождать верхние панели устройств ненужными бумагами и посторонними предметами;
- допускать попадания влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры и другие устройства.

### ***Требования безопасности по окончании работы***

- 1 Произвести закрытие всех активных задач.
- 2 Отключить питание системного блока (процессора).
- 3 Осмотреть и привести в порядок рабочее место.
- 4 Предупредить преподавателя обо всех, даже малейших и незначительных, неисправностях оборудования.

# 1 Практическая работа № 1. Автоматическое проектирование технологического процесса механической обработки резанием на основе обобщенных технологических процессов

**Цель работы:** изучение методики автоматического проектирования технологических процессов механической обработки резанием на основе обобщенных технологических процессов в среде САПР ТП «ТехноПро».

## Задание

На рисунке 1.1 представлены изображение и чертеж детали, технологический процесс механической обработки резанием которой необходимо спроектировать в САПР ТП «ТехноПро» в автоматическом режиме.

Материал детали – сталь 45. Заготовка детали – круглый пруток диаметром 10 мм.

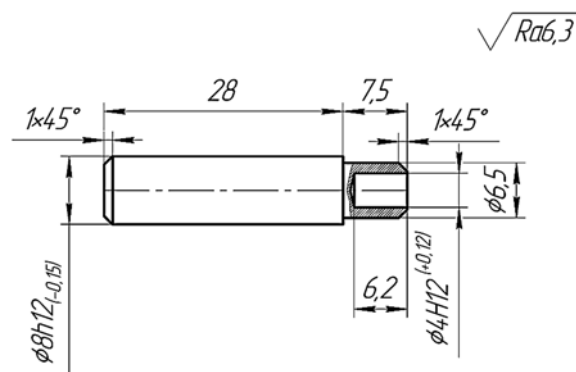


Рисунок 1.1 – Деталь «Ось»

## Методика выполнения практической работы

1 Ввод общих сведений на деталь, заготовку и технологический процесс. После загрузки основного меню системы для входа в рабочую среду проектирования следует выбрать команду основного меню системы «Конкретные Тех. Процессы» (рисунок 1.2).

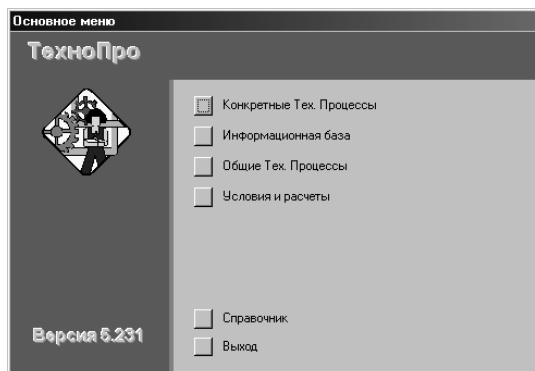


Рисунок 1.2 – Главное меню САПР ТП «ТехноПро»


Для создания нового конкретного техпроцесса необходимо щелкнуть корневую вершину дерева базы данных «Конкретные ТП» (рисунок 1.3) и затем нажать кнопку  «Добавить ТП» (см. рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Окно базы данных «Конкретные Технологические Процессы»

В правой части окна откроется форма для ввода общих сведений на деталь и заготовку (рисунок 1.4).

Из SolidWorks 3D/2D		Из файла		Для остальных поверхностей:	
...				Шероховатость	12,5 3
				Квалитет	14
Сведения1		Сведения2		Сведения3	
Наименование изделия		Редуктор РМ-200			
Обозначение сб. единицы		Вал ведомый в сборе			
Обозначение детали		0203.12.04			
Наименование детали		Вал			
Материал		Сталь45 ГОСТ 1050-88			
Заготовка/Сортамент		Круг 60-В ГОСТ 2590-88			
Профиль и размеры		Круг 60 x 275			
Твердость детали		НВ 195			
Масса детали		2,5		Объем партии 20	
Масса заготовки		4,7		Предельная твердость 0	
Заказ					
Не пересчитывать номер операций <input type="checkbox"/>					

Рисунок 1.4 – Пример ввода общих сведений на деталь и заготовку

Ввести на основе задания общие сведения на деталь и заготовку с клавиатуры, используя выпадающие списки.

*2 Создание информационной модели детали.* Для перехода к описанию конструкции детали необходимо щелкнуть на дереве проекта иконку с подписью «ТП Деталь». Справа в окне появится незаполненный список кодов поверхностей (рисунок 1.5), входящих в деталь, и ниже список параметров поверхности.

Для добавления поверхности (элемента конструкции) к списку необходимо перейти на закладке «Элемент» (см. рисунок 1.5), выбрать из выпадающих списков «Вид» и «Тип» поверхности. Порядковый «Номер» поверхности присваивается автоматически или вводится с клавиатуры.

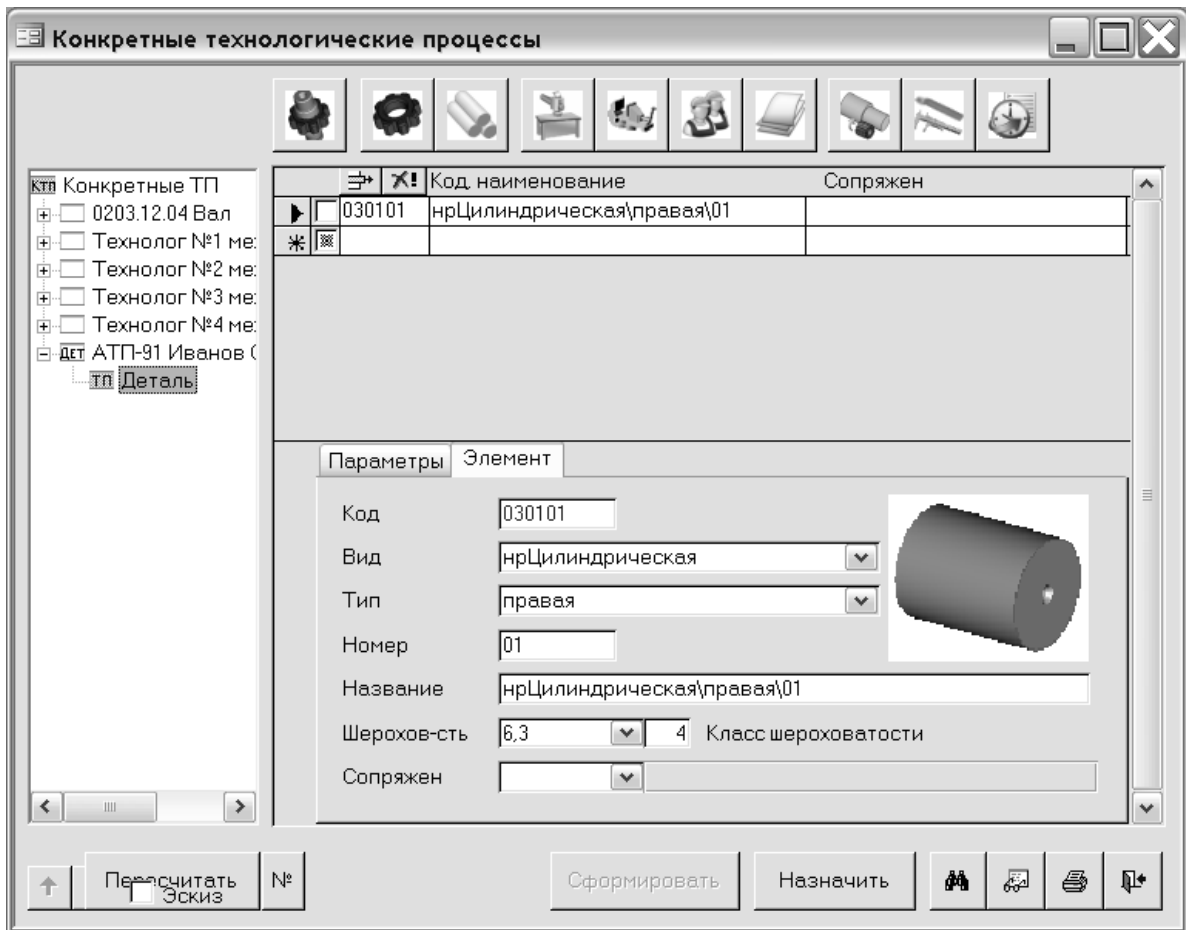


Рисунок 1.5 – Окно для описания характеристик поверхностей детали

Дополнительно из выпадающего списка задается шероховатость поверхности, если она отличается от ранее заданной для остальных поверхностей детали (см. рисунок 1.5).

После задания вида и типа поверхности в списке (рисунок 1.6) появится новая запись, содержащая развернутое описание кода поверхности. Для добавления в базу данных записей, которые будут содержать описание кодов других поверхностей детали, в поле списка щелкнуть кнопку со звездочкой «\*» (см. рисунок 1.6).

Для заполнения размеров поверхности и точности их выполнения необходимо перейти на закладку «Параметры» (см. рисунок 1.5). Для задания параметров поверхности в списке щелкнуть ее запись с кодом поверхности (см. рисунок 1.6). В форме «Параметры» будет выдан список параметров, соответствующий виду поверхности. Значения этих параметров (размеры) вводятся с клавиатуры в столбец «Значение». В столбцах «Вал. доп.» или «Отв. доп.» из выпадающего списка выбирается поле допуска в требуемой системе вала или отверстия. После выбора поля допуска на размер в столбцах «Верхний» и «Нижний» автоматически выдаются верхнее и нижнее предельные отклонения по ГОСТ.

Для завершения создания информационной модели детали последовательно описать все поверхности детали, используя размеры оси, показанной на ри-

сунке 1.1. После описания всех поверхностей, имеющих на чертеже, создание информационной модели детали заканчивается и можно переходить к проектированию ТП.

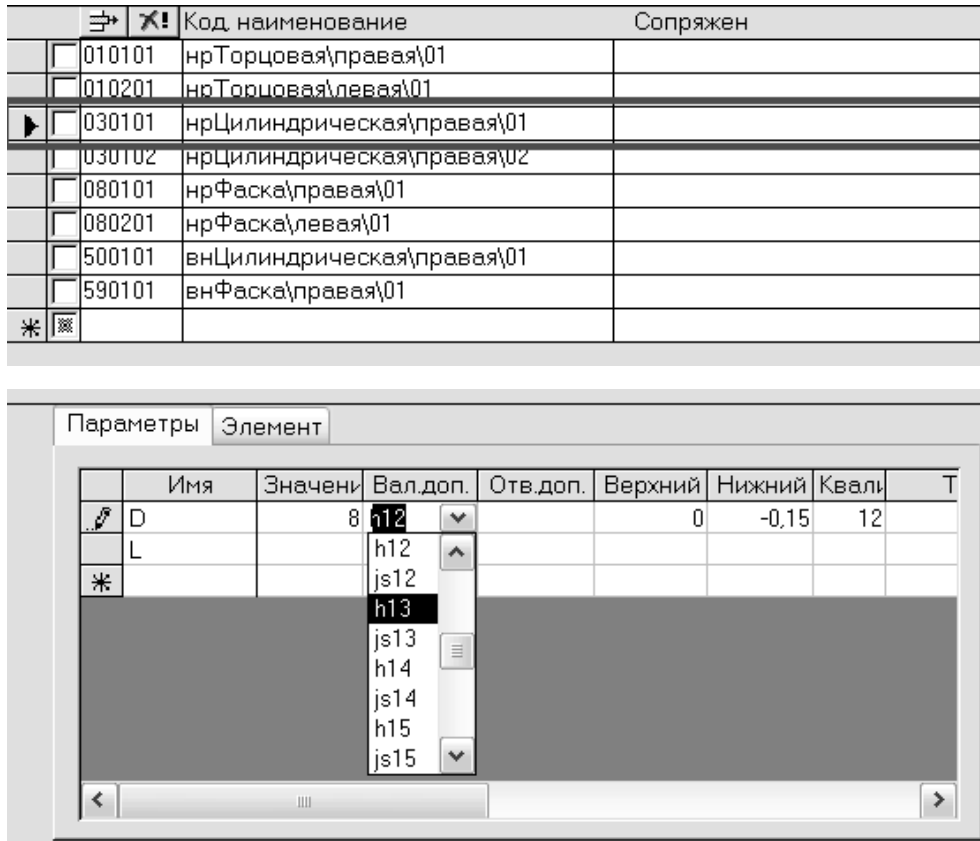


Рисунок 1.6 – Задание параметров выбранной поверхности детали




3 *Автоматическое проектирование технологического процесса.* Автоматическое проектирование ТП основано на использовании операций и переходов, предварительно внесенных в базу «Обобщенных технологических процессов» (ОТП).

Для выбора обозначения и наименования операций из базы данных для изготовления выданной детали нажать кнопку «Добавить операцию» (см. рисунок 1.3), или из контекстного меню ветки дерева базы данных «Деталь» командой «Добавить». После нажатия кнопки откроется окно «Информационная база» (рисунок 1.7), в котором нужно выбрать обозначение и наименование требуемой операции.

Слева в окне «Информационная база» на дереве базы данных последовательно выбрать раздел «Наименования операций», группу операций «Обработка резанием», а затем справа выбрать строку с выбранной операцией и нажать кнопку «Добавить в ТП».

Для выбора ОТП на дереве проекта выбрать ветвь **ТП Деталь** и нажать кнопку «Назначить» (см. рисунок 1.5), находящуюся в нижнем правом углу окна. На экране появляется окно со списком ОТП.



Для выбора ОТП выбрать    и нажать кнопку «ОК», находящуюся у правого нижнего края окна.

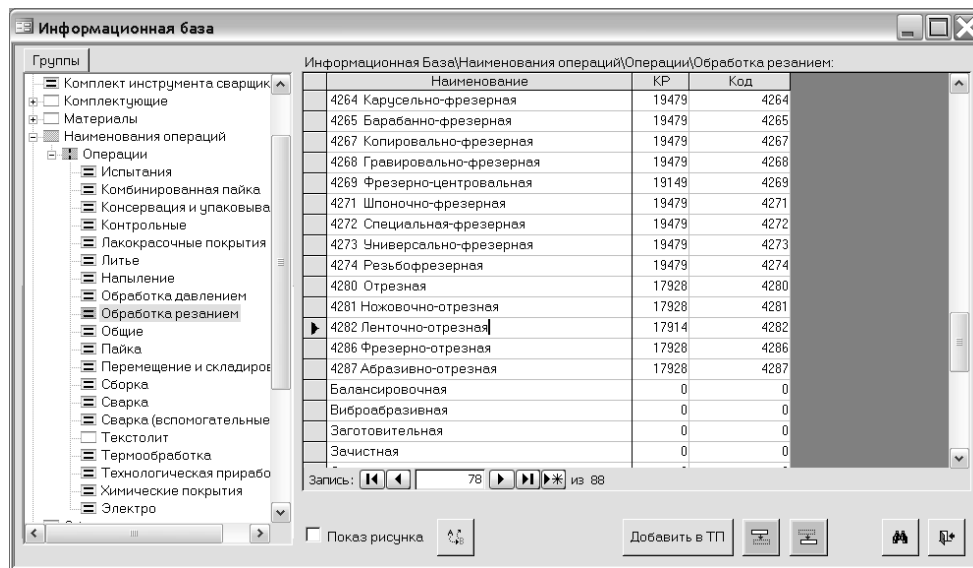



Рисунок 1.7 – Окно базы данных САПР ТП «ТехноПро»

Для запуска процесса автоматического проектирования ТП необходимо нажать кнопку «Сформировать», после чего в окне дерева проекта открывается перечень спроектированных операций, которые можно просмотреть и отредактировать, как это делается при диалоговом режиме проектирования.

Для ознакомления с результатами проектирования просмотреть состав операций и их содержание. При необходимости отредактировать содержание ТП.

#### 4 Создание комплекта документов технологического процесса.

Выполнить формирование комплекта технологических документов, состоящего из титульного листа и карты технологического процесса (КТП форма 1), нажав кнопку  (см. рисунок 1.5).

#### *Содержание отчета*

- 1 Цель работы.
- 2 Информационная модель детали.
- 3 Комплект документов технологического процесса.
- 4 Выводы. В выводах необходимо кратко изложить содержание основных этапов создания обобщенных технологических процессов, а также преимущества и недостатки автоматизированного проектирования технологических процессов с использованием обобщенных технологических процессов.

#### *Контрольные вопросы*

- 1 Для чего необходима разработка информационной модели детали-представителя?

2 По каким правилам необходимо производить кодирование деталей?

3 Какие особенности обобщенных технологических процессов следует учитывать при проектировании его переходов?

4 Каковы основные этапы формирования конкретного ТП из ОТП в «ТехноПро»?

## 2 Практическая работа № 2. Автоматизация выбора технологических маршрутов и содержания операций

**Цель работы:** изучение методики настройки базы данных и базы знаний САПР ТП для автоматизации выбора технологических маршрутов и содержания операций для автоматического проектирования технологических процессов механической обработки резанием на основе обобщенных технологических процессов в среде «ТехноПро».

### Задание

Для группы деталей «Оси», которые имеют конструктивно-технологическое подобие (рисунок 2.1), разработать информационное и математическое обеспечение для решения задачи формализации выбора структуры технологического процесса.

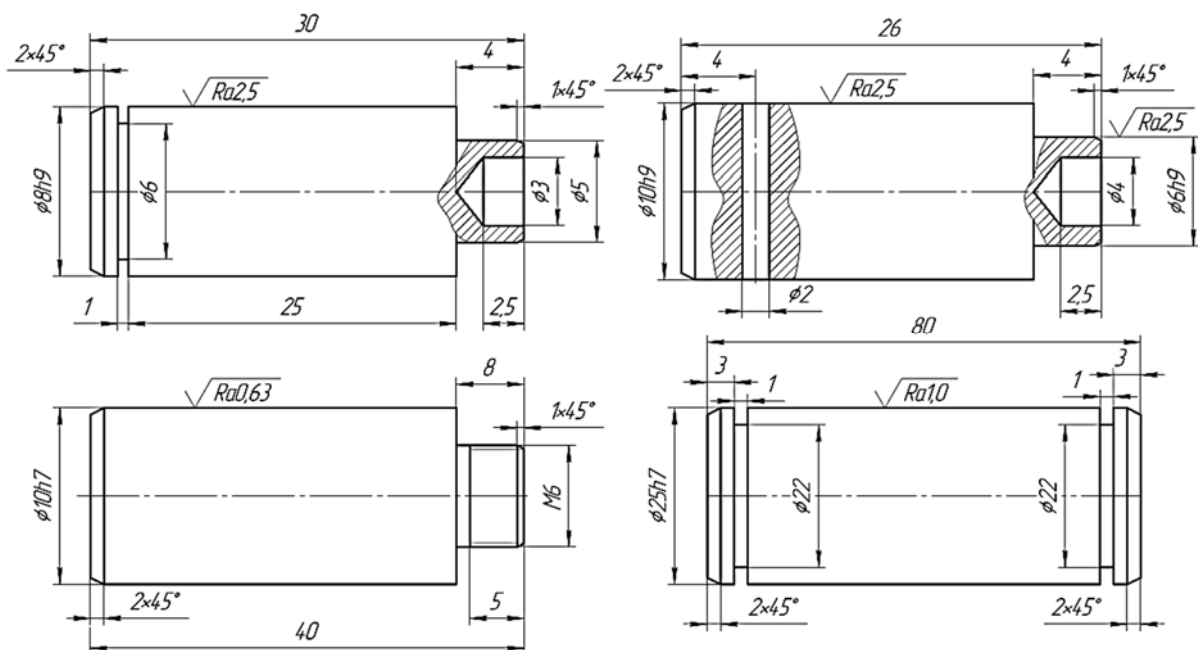


Рисунок 2.1 – Детали-представители группы «Оси» с подобными конструктивно-технологическими признаками

При формализации задачи выбора технологических маршрутов необходимо решить следующие задачи:

1) составить единичные технологические маршруты для каждой детали с учетом серийного типа производства;

- 2) выполнить эскиз комплексной детали согласно варианту и произвести классификацию поверхностей деталей по классификатору [8];
- 3) составить обобщенный технологический маршрут путем логического объединения единичных технологических маршрутов;
- 4) составить справочник технологических операций, руководствуясь системой кодирования технологических операций [9];
- 5) для каждой операции обобщенного технологического маршрута определить критерии выбора и составить справочник условий выбора.

### ***Методика выполнения практической работы***


1 *Настройка базы данных и базы знаний САПР ТП для автоматического проектирования технологических маршрутов.* После загрузки основного меню системы для входа в рабочую среду проектирования выбрать команду «Общие Тех. Процессы» (см. рисунок 1.2).

Для создания нового обобщенного техпроцесса (ОТП) в окне дерева базы данных выбрать пункт «Общие ТП» и щелкнуть правой клавишей мыши для вызова контекстного меню. Из контекстного меню выполнить команду «Добавить» и в открывшемся справа окне в поле «Наименование» ввести наименование группы деталей и фамилию исполнителя работы, например, «Оси\_Петров».

Для создания информационной модели деталей группы на дереве базы данных обобщенных технологических процессов выбрать ветвь «Макет». Информационная модель деталей группы представляет собой кодированное обозначение формы всех элементарных поверхностей деталей, их положение, точность и качество обработки, размерные характеристики и др.



Занесение в базу данных информационной модели деталей группы выполняется путем заполнения форм «Элементы» и «Параметры». Открыть закладку «Элементы» и в нижней правой части формы последовательно записать «Код поверхности», её «Вид», «Тип», «Номер», «Шероховатость».

Для задания параметров открыть закладку «Параметры», и из выпадающего списка или путем ввода с клавиатуры задать идентификаторы параметров поверхностей.

На следующем этапе настройки системы создать в базе данных САПР ТП обобщенный технологический маршрут (ОТП). Для добавления технологических операций в ОТП щелкнуть кнопку «Добавить операцию»  (см. рисунок 1.3). В открывшемся окне «Информационная база» открыть на дереве разделов базы данных последовательно ветви «Наименование операций», «Операции».

Для добавления в базу данных САПР ТП операций обобщенного технологического маршрута открыть требуемую группу операций и из открытой группы выбрать требуемую операцию с учетом порядка их выполнения. После выбора требуемой операции для добавления ее в ОТП нажать кнопку «Добавить ТП».

После добавления операции в ОТП можно выполнить выбор оборудования для текущей операции. Для выбора оборудования используемого при выполне-

нии операции, нажать кнопку  в поле . Далее на дереве базы данных открыть требуемую группу оборудования, а в ней выбрать требуемую модель.

Завершив создание базы данных обобщенного технологического маршрута для группы деталей «Оси», переходим к заданию условий выбора операций.

Назначение «Условия на операцию» производится в закладке «Условия» (рисунок 2.2) для выбранной операции ОТП. В этой закладке имеется два поля для ввода двух условий на операцию.

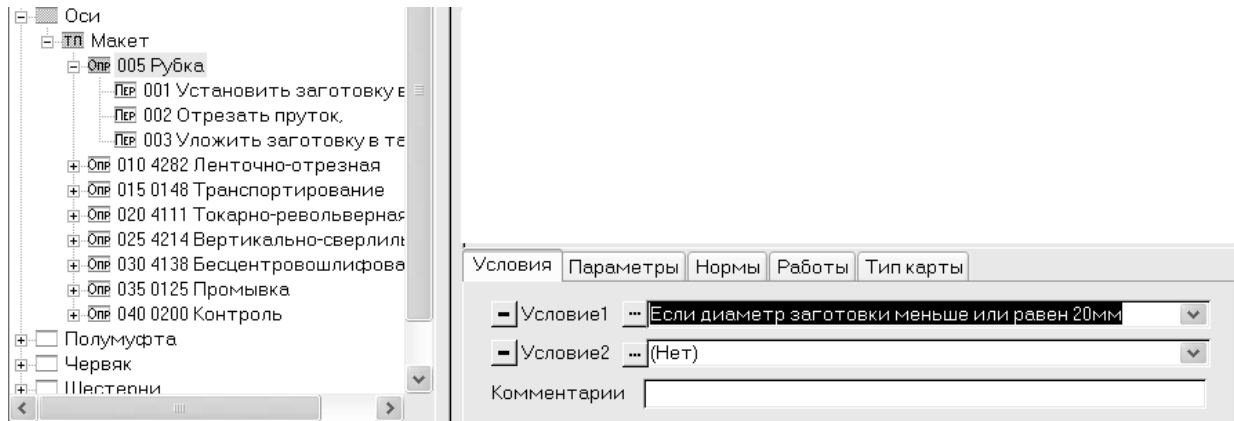



Рисунок 2.2 – Задание названия (правила) условия выбора операции

Для описания логического условия выбора нажать кнопку  слева от поля «Условие 1». Открывается окно «Описание условия» (рисунок 2.3).

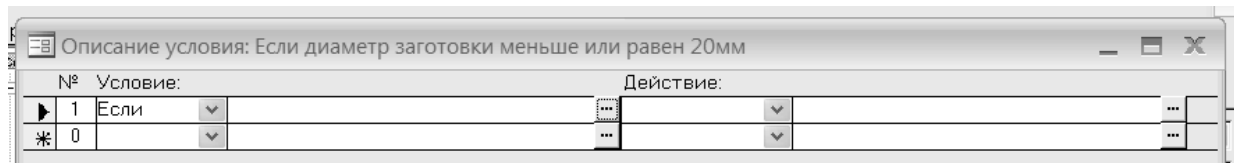



Рисунок 2.3 – Окно описания логического выражения

Для записи условий выбора составляют логические выражения. Условная часть строки содержит оператор «Условие:» (Если и др.) и проверяемое выражение. Логическое выражение можно вводить непосредственно с клавиатуры или с помощью построителя условий, открываемого нажатием кнопки  справа от поля ввода.

*2 Автоматическое проектирование технологического процесса с использованием результатов корректировки базы данных.* Для проверки настройки базы данных обобщенного технологического процесса выполнить проектирование единичного (конкретного) технологического процесса по заданию, выданному преподавателем.


Для проектирования единичного (конкретного) технологического процесса из основного меню САПР «ТехноПро» выбрать пункт «Конкретные Тех. Процессы». На основной панели инструментов выполнить команду «Добавить ТП»



(см. рисунок 1.3).

Ввести общие сведения на деталь и заготовку, используя данные задания, выданного преподавателем.

Для выбора ОТП нажать кнопку «Назначить», находящуюся в нижнем правом углу окна. На экране появится окно дерева базы данных со списком ОТП. На дереве базы данных ОТП выбрать требуемый обобщенный технологический процесс и нажать кнопку «ОК». В результате выполнения этой команды будет выполнено копирование макета ОТП в базу данных конкретных технологических процессов.

Для проектирования технологического процесса необходимо открыть ветвь  **Деталь** и отредактировать скопированный «Макет ОТП» в соответствии с составом поверхностей и значениями параметров обрабатываемых поверхностей конкретной детали.

Поверхности, отсутствующие у конкретной детали, могут быть удалены командой «Вырезать» из контекстного меню выделенной строки списка с записью кода и наименования поверхности.

Значения параметров обрабатываемых поверхностей записываются в поле «Значение» закладки «Параметры».

Выполнить редактирование состава поверхностей и ввести значения их параметров в соответствии с вариантом индивидуального задания.

После составления описания конкретной детали путем редактирования копии макета ОТП для запуска процесса автоматического проектирования ТП необходимо нажать кнопку «Сформировать». В окне дерева проекта открывается перечень спроектированных операций, которые можно просмотреть и отредактировать.

Выполнить формирование комплекта технологических документов, состоящего из маршрутной карты (МК ф.2 Маршрутный ТП) и операционных карт (ОК ф.3 операционный ТП).

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Условия выбора технологических операций и переходов.
- 3 Эскиз детали, выданной в качестве индивидуального задания.
- 4 Маршрутная карта технологического процесса.
- 5 Выводы. В выводах необходимо кратко изложить содержание основных этапов создания ОТП, а также преимущества и недостатки автоматизированного проектирования технологических процессов с использованием ОТП.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Для чего предназначена база данных условий и расчетов?
- 2 Какие параметры поверхностей деталей могут быть использованы для выбора технологических операций и переходов?

3 В каких ситуациях необходимо задавать условия выбора технологических операций и переходов, а в каких ситуациях условия выбора можно не задавать?

4 Каким образом задается код формы элементарной поверхности детали?

### 3 Практическая работа № 3. Автоматизация выбора средств технологического оснащения

**Цель работы:** изучение методики настройки базы данных и базы знаний САПР ТП для автоматизации выбора средств технологического оснащения при проектировании процессов механической обработки резанием на основе обобщенных технологических процессов в среде «ТехноПро».

#### Методика выполнения практической работы

1 *Редактирование базы данных САПР ТП.* Для входа в режим редактирования базы данных из главного меню следует выбрать команду «Информационная база» (см. рисунок 1.2). В левой части окна базы данных отображается дерево классификации базы данных. Для редактирования базы данных инструментов открыть последовательно узлы дерева базы данных так, как это показано на рисунке 3.1.

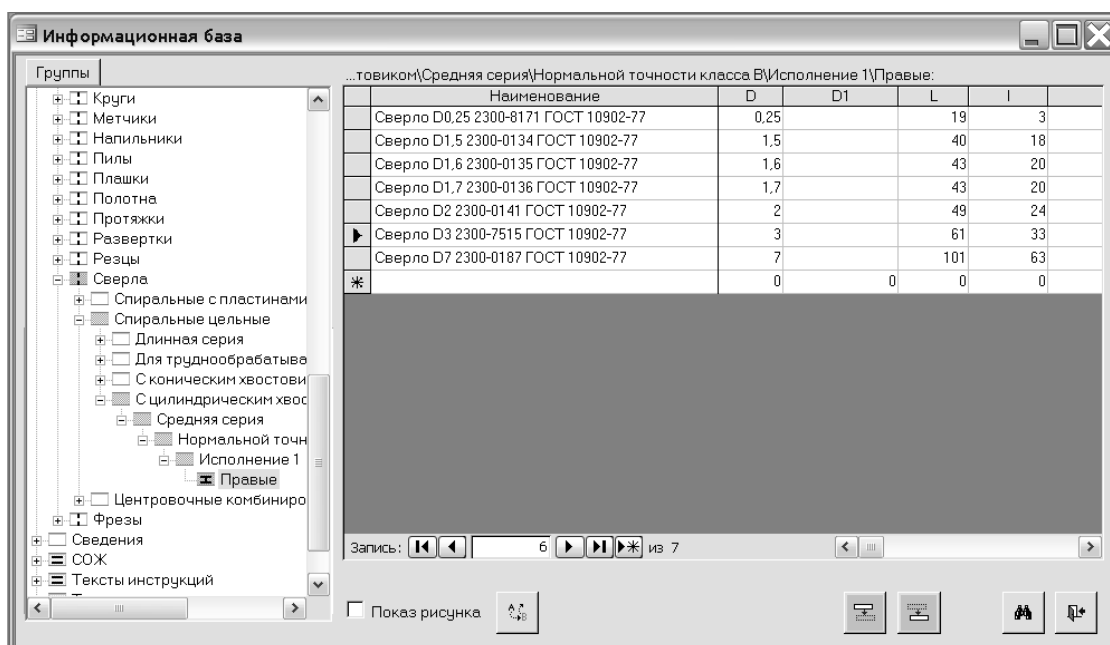



Рисунок 3.1 – Окно базы данных

В нижнюю пустую строку таблицы базы данных добавить сведения об отсутствующих инструментах. Запись таблицы базы данных сформировать по аналогии с предшествующими записями.

Для закрытия окна базы данных нажать кнопку  .

2 *Задание условий выбора режущего инструмента.* Для задания условия выбора режущего инструмента соответствующего размера при автоматическом проектировании технологических процессов в главном меню щелкнуть пункт «Общие Тех. Процессы».

Найти на дереве проекта свой обобщенный технологический процесс, который был создан при выполнении практической работы № 2, и последовательно открыть на дереве обобщенного ТП узлы «Оси» → «Макет» → «Токарно-револьверная» и выбрать технологический переход – «Сверлить отверстие, выдерживая размеры D4, L5».

В поле «РИ режущий инструмент, СИ измерительный инструмент, ВИ вспомогательный инструмент, ПР, М» (рисунок 3.2) для задания выбора типа режущего инструмента ввести управляющие символы «РИ Све». После этого система определяет таблицу базы данных для выбора заданного типа режущих инструментов и записывает в поле первое выбранное значение. Это значение не изменять, поскольку далее будет определено условие выбора сверла по размерам обрабатываемого отверстия.

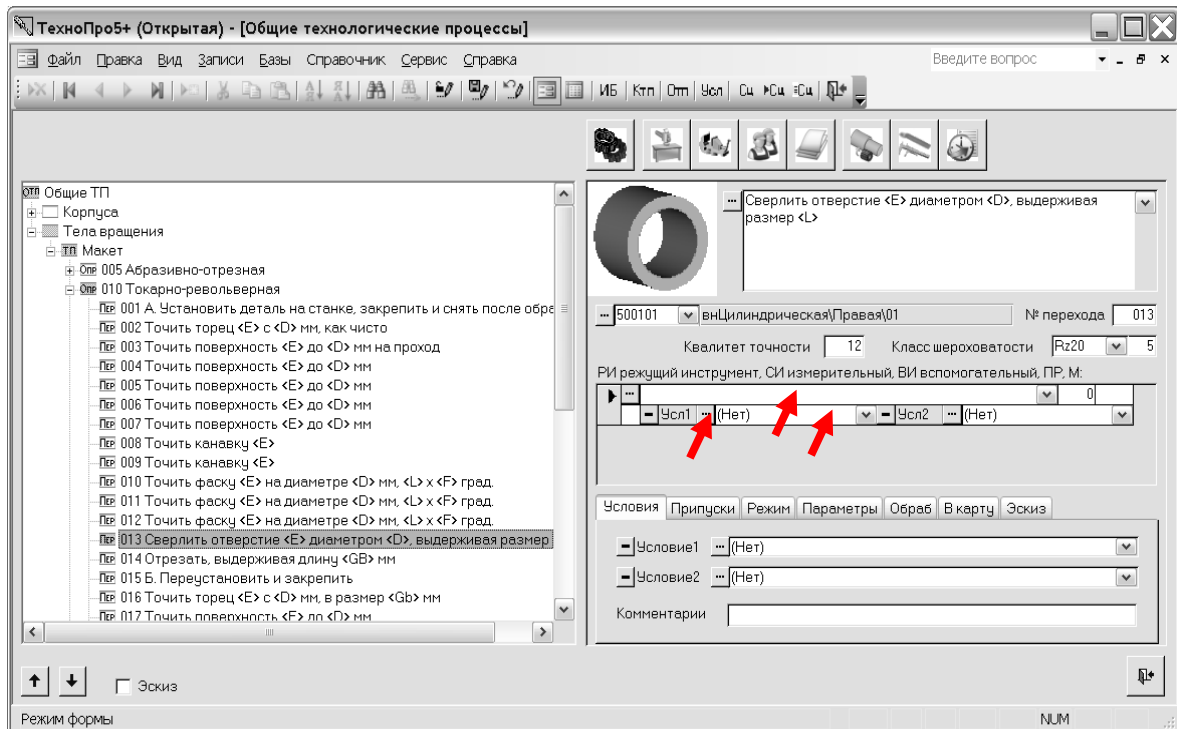


Рисунок 3.2 – Окно «Общие технологические процессы»


Для задания условия выбора сверла по размерам обрабатываемого отверстия на панели инструментов щелкнуть кнопку **Усл** «Условия выбора». В открывшемся окне «База условий» открыть последовательно ветви «Подбор оснащения», «Режущий инструмент», «Сверла». В пустой записи «Наим. условия» ввести название условия выбора сверла «Подбор сверла по D». Слева от поля «Наим. условия» щелкнуть кнопку **...** для записи в базу знаний САПР ТП условия выбора сверла.

В открывшемся окне «Описание условия» записать условие выбора сверла

по диаметру обрабатываемого отверстия в следующем виде:


Условие --- , Действие Подобрать, [Сверла;D] = [D;Обраб].

Для закрытия окна базы данных нажать кнопку «Выход»  .


В окне «Общие технологические процессы» (см. рисунок 3.2) в поле «Усл1» нажать кнопку  и из выпадающего списка выбрать условие «Подбор сверла по D».


Для проверки выполнения условия выбора сверла закрыть окно «Общие технологические процессы», нажать кнопку «Выход» и в главном меню системы выбрать пункт «Конкретные Тех. Процессы». Далее спроектировать новый технологический процесс с использованием созданного условия выбора сверла.

*3 Выбор вспомогательного инструмента.* Задание условий выбора вспомогательного инструмента осуществляется аналогично заданию условий выбора режущего инструмента.


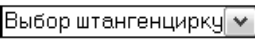
Для выбора вспомогательного инструмента после его занесения в базу данных перейти в окно «Общие ТП» и нажать кнопку  .

В свободном поле «РИ режущий инструмент, СИ измерительный инструмент, ВИ вспомогательный инструмент, ПР, М» (см. рисунок 3.2) ввести управляющие символы «ВИ» и из выпадающего списка выбрать необходимый инструмент.

*4 Задание условий выбора измерительного инструмента.* При необходимости для выбора измерительного инструмента в состав оснащения перехода предварительно занести в базу данных названия моделей и их технические характеристики. Открыть базу данных нажатием кнопки  .


Для задания условий выбора измерительных инструментов на панели инструментов щелкнуть кнопку  «Условия выбора». В открывшемся окне записать условие выбора.

Для автоматизации выбора штангенциркуля перейти в окно «Общие ТП» нажатием кнопки «Отп». В свободном поле оснащения перехода ввести управляющие символы «СИ Шт» и из выпадающего списка выбрать любой штангенциркуль.


Для подключения условия выбора нажать кнопку задания условия выбора справа от названия условия выбора «Усл1»   и в окне «База условий» выбрать условие выбора «Выбор штангенциркуля», нажать кнопку «Вставить в ТП». В результате выполнения этой операции создается связь условия выбора с полем «Измерительный инструмент» технологического перехода обобщенного технологического процесса.

*5 Автоматическое проектирование технологического процесса с использованием результатов корректировки базы данных и базы знаний обобщенного технологического процесса.* Автоматическое проектирование ТП основано на использовании операций и переходов, предварительно внесенных в базу «Обобщенных технологических процессов» (ОТП). Для выбора ОТП на



дереве проекта выбрать ветвь  Деталь и нажать кнопку «Назначить», находящуюся в нижнем правом углу окна. На экране появляется окно со списком «Общие ТП».

Выбрать ранее созданный ОТП и нажать кнопку «ОК». Для запуска процесса автоматического проектирования ТП необходимо нажать кнопку «Сформировать» или «Пересчитать».

В окне дерева проекта открывается перечень спроектированных операций, которые можно просмотреть и отредактировать, как это делается при диалоговом режиме проектирования. При отсутствии выбора оснащения ошибки можно просмотреть в журнале, нажав кнопку .

6 *Создание комплекта документов технологического процесса.* Выполнить формирование комплекта технологических документов, состоящего из титульного листа (Титульный лист ТП), маршрутной карты (МК ф.2 Маршрутный ТП) и операционных карт (ОК ф.3 операционный ТП).

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Примеры использованных условий выбора средств технологического оснащения.
- 3 Операционная карта токарно-револьверной операции.
- 4 Выводы. В выводах необходимо изложить в каких ситуациях необходимо задавать условия выбора средств технологического оснащения.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Для чего предназначена база данных условий и расчетов?
- 2 Какие параметры могут быть использованы для выбора режущих, вспомогательных, измерительных инструментов?
- 3 Как определяется порядок анализа логических выражений при записи условий выбора?

## **4 Практическая работа № 4. Автоматизация расчета режимов 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 припус-

ков 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: +, -, \*, /, ^ – возведение числа в степень, Sqr(x), Log(x), ОКР (x) – округление x до целого, ОКР1 (x) – округление x до десятых, ОКР2 (x) – округление x до сотых, Sin(xRad), Cos(xRad), Tan(xRad), Atn(x) и др.

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 ТП» так, как это показано на рисунке 4.1.

Выбрать первый технологический переход «Отрезать заготовку Ø<D> мм L=<L> 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>, которые 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 4.1) и в поле «Параметр» из

выпадающего списка выбрать параметры, а в поле «Значение» записать их значения по приведенному выше примеру.

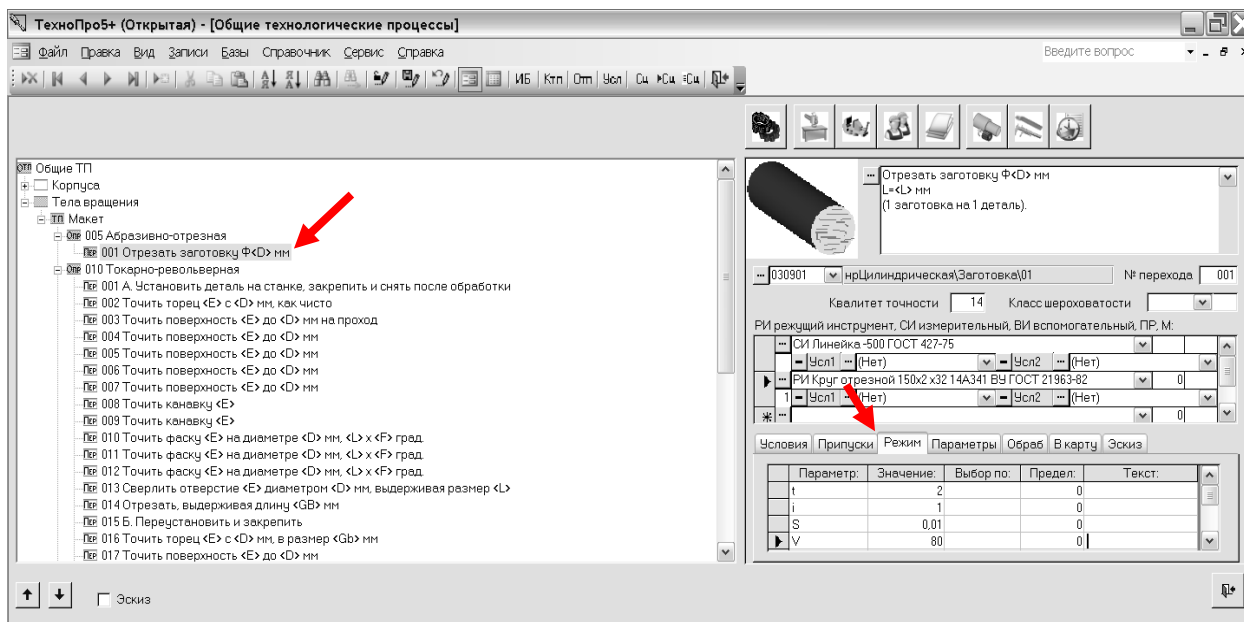


Рисунок 4.1 – Окно базы данных обобщенных ТП

2 *Настройка базы «Условий и Расчетов» для определения режимов резания, которые зависят от размеров обрабатываемых поверхностей или размеров режущей части инструментов.* Для записи выражений, составленных на языке построителя условий, в главном меню системы щелкнуть кнопку . Открывается 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

Формулы расчетов режимов вводятся в поле «Условия» в базе «Условий и расчетов». Каждое «Условие» соответствует одному виду обработки. Например, условие «Точение» предназначено для расчета режима резания продольного точения.

В окне «Описание условия», «Точение» записать выражения для расчета режима точения. В поле «Условие» из выпадающего списка выбрать пустой оператор «---». В следующем поле записать комментарий, например, «Выбрать подачу». В поле «Действие» из выпадающего списка выбрать оператор «Вычислить». В поле справа от оператора «Вычислить» записать выражение для вычисления заданного параметра.


При вычислении количества рабочих ходов  $i$  по уравнению



$$[i; \text{Режим}] = \text{OKR}([P; \text{Режим}] / 3)$$


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», «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 операции «Токарно-револьверная» 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 4.2) выбрать условие «Точение» из выпадающего списка .

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».

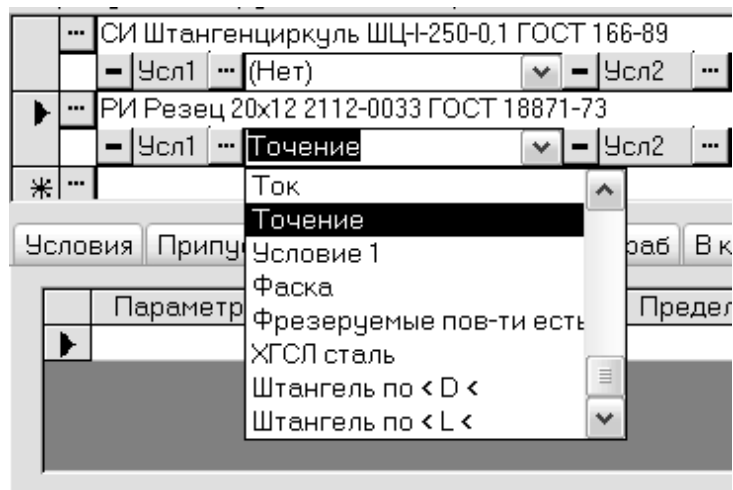


Рисунок 4.2 – Связывание переходов точения с условием расчета режима резания

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 база «Условий и Расчетов»?
- 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»?

## **5 Практическая работа № 5. 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.

### ***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».

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

Наим. условия:	...	Точение
----------------	-----	---------

.

В окне «Описание условия» (рисунок 5.1) в нижнем пустом поле из выпа-

дающих списков определить значения «Условие» (---) и «Действие» (Вычислить), записать выражение для расчета технологического перехода продольного течения

$$[T_o; \text{Норма}] = \text{OKR2}((( [L] + [W; \text{Режим}] ) / ([N; \text{Режим}] * [S; \text{Режим}])) * [i; \text{Режим}] * 100) / 100.$$

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 течения поверхности:

$$[T_v; \text{Норма}] = (([L] + [W; \text{Режим}]) / 10000.0) * [i; \text{Режим}].$$

Для выбора из таблицы нормы времени на установку заготовки и снятия детали создать новое условие выбора. 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 базы «Условий и расчетов» открыть созданную группу условий. В поле «Наименование условия» ввести название условия «Вспом\_время\_на\_установку\_снятие» и щелкнуть кнопку Наим. условия: ... Точение.

№	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 [T_o;Норма] = ОКР2((( [L] + [W;Режим] ) / ([N;F
17		Вычислить [T_v;Норма] = ОКР2(( [L] + [W;Режим] ) / 10.0) *
* 0		

Рисунок 5.1 – Окно описания условий и расчетов

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 по-

лях (см. рисунок 5.1) из выпадающих списков определить значения «Условие» (---) и «Действие» (Вычислить), записать с использованием имен полей таблицы базы данных логическое выражение

$$[Tв;Норма]=Таблица(Твр, Вспом\_время\_установки\_Petrov, LzagMin <= [L;030901] И LzagMax > [L;030901] И DzagMin <= [D;030901] И DzagMax > [D;030901]).$$

После ввода логического выражения закрыть окно базы «Условий и расчетов» 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».

Открыть узел «010 Токарно-револьверная» и выбрать первый переход «001 Установить заготовку в патроне». Нажать кнопку выбора условия  . В окне базы «Условий и расчетов» 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 т. д. 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.

*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 ти-

тульного 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?

## **6 Практическая работа № 6. Параметрическая оптимизация технологических операций**

***Цель работы:*** приобретение практических навыков параметрической оптимизации переходов технологических операций механической обработки деталей машин.

### **Задание**

Выполнить параметрическую оптимизацию технологических переходов продольного точения.

### ***Порядок выполнения практической работы***

- 1 Скопировать из папки «ПО\_6» 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 6.1). Пример форм для ввода исходных данных и для задания ограничений на область поиска экстремума целевой функции представлены на рисунках 6.2 и 6.3 соответственно.
- 3 Заполнить область нормативных режимов резания на основе данных, представленных в фрагменте операционной карты (см. рисунок 6.1). Пример формы для ввода данных, которые были рассчитаны по нормативам и служат для оценки эффективности оптимизации показан на рисунке 6.4.



□

Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид	
Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид	
Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид		Вид	
Белорусско-Российский университет				БРУ 60 1 4200003				Вал				020			
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МВ		Профиль и размеры		МВ		КОМЛ	
Токарная с ЧПУ		Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71		170...217 НВ		К2		11,2		#95х266		14,6		1	
Оборудование устройства ЧПУ		Обозначение программы		То		Др		То		Др		Сок			
16ГС25Ф3				6,2		1,36		28		8,53		Эмульсия			
Р		Л		Д		L		i		i		S		n	
0 01		Установ А. Установить и закрепить заготовку													
Т 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													
Т 04		Резец 2103-0711 ГОСТ 20872-80, 25х25, Т15К6; Штангенциркуль ШЦЦ-И-250-0,01 ГОСТ 166-89													
Р 05				906		233		2,2		1		0,6		110,5	
Р 06				75		206		2,605		3		0,6		97,7	
Р 07				65		27		2,5		2		0,6		98,4	
Р 08				66		178		2,25		2		0,6		99,9	
Р 09				60		149		3		1		0,6		95,7	
0 10		2 Точить поверхности 1, 4 окончательно и фаски													
Т 11		Резец 2103-0711 ГОСТ 20872-80, 25х25, Т15К6; Штангенциркуль ШЦЦ-И-250-0,01 ГОСТ 166-89; Микронметр 100-1 ГОСТ 6507-75													
Т 12				896		31		0,5		1		0,2		173,6	
Р 13				65		33		0,5		1		0,2		173,6	
OK															

Рисунок 6.1 – Фрагмент операционной карты, содержащий сведения о переходах, которые подлежат оптимизации


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O											
1	<b>Параметрическая оптимизация токарной операции</b>																									
2	<b>Регулирование частоты вращения шпинделя бесступенчатое</b>																									
3	<b>Регулирование подачи суппорта бесступенчатое</b>																									
4																										
5	Иванов И.И.			гр.ТМ-091			Дата: 05.05.2014																			
6																										
7	<b>Исходные данные</b>																									
8																										
9	Номер операции		015 Токарная с ЧПУ Установы А и Б																							
10	Характер обработки		Черновая , продольное точение																							
11	Обрабатываемый материал		Сталь 40Х																							
12	Вид заготовки		Прокат		Диаметр		100		Длина		600		Закрепление В патроне													
13	Количество переходов		12																							
14	Номер перехода		2		4		6		8		9		11		14		17		20		23		26		29	
15	Диаметр поверхности, мм		41		51		61		71		81		91		41		50		60		70		80		90	
16	Длина поверхности, мм		100		100		100		100		100		100		100		100		100		100		100		100	
17	Глубина резания, мм		3		3		3		3		3		3		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5	
18	Подача (нормативная), мм/об		0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		0,9		0,2		0,15		0,15		0,15		0,15		0,15	
19	Врезание и перебег, мм.		2		2		2		2		2		2		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5	
20	Шероховатость Ra, мкм		12		12		12		12		12		12		2,5		2,5		2,5		2,5		2,5		2,5	

Рисунок 6.2 – Пример формы для ввода исходных данных

<b>Ограничения на область поиска экстремума целевой функции</b>	
22	
23	
24	<b>1 Ограничения по техническим характеристикам станка</b>
25	Допустимое усилие в направлении подачи инструмента <input type="text" value="8000"/> Н
26	Ограничение по мощности привода шпинделя станка <input type="text" value="22"/> кВт
27	<b>2 Ограничение по техническим характеристикам станочного приспособления</b>
28	Предельно допустимая частота вращения токарного патрона <input type="text" value="3500"/> об/мин
29	Предельный допустимый передаваемый крутящий момент <input type="text" value="1000"/> Н*м
30	<b>3 Ограничение по прочности режущей пластины</b>
31	Максимальная допустимая глубина резания <input type="text" value="4"/> мм
32	Максимальная допустимая подача <input type="text" value="2,5"/> мм/об
33	<b>4 Ограничения по условиям обеспечения устойчивого стружкодробления</b>
34	Верхняя граница по глубине резания <input type="text" value="4"/> мм
35	Нижняя граница по глубине резания <input type="text" value="0,1"/> мм
36	Нижняя граница по подаче <input type="text" value="0,1"/> мм/об
37	Верхняя граница по подаче <input type="text" value="1,5"/> мм/об
38	<b>5 Ограничения по величине допустимых упругих деформаций заготовки</b>
39	Допустимая деформация в направлении перпендикулярном подаче <input type="text" value="0,010"/> мм
40	<b>6 Ограничения по допустимому диапазону скоростей резания</b>
41	Нижняя граница <input type="text" value="50"/> м/мин
42	Верхняя граница <input type="text" value="350"/> м/мин

Рисунок 6.3 – Пример формы для задания ограничений на область поиска экстремума целевой функции

<b>Нормативные режимы резания</b>												
Скорость резания, м/мин	161	156	153	150	147	147	252	252	252	252	252	252
Частота вращения, об/мин	1247	976	797	671	578	514	1955	1603	1336	1145	1002	890
Подача, мм/об	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Подача, мм/мин	624	585	558	537	520	463	293	240	200	172	150	134
Период стойкости, мин	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Шероховатость Ra, мкм	5,35	6,31	7,25	8,18	9,10	9,10	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Сила резания Pz, Н.	2933	3376	3803	4216	4618	4618	185	185	185	185	185	185
Мощность, кВт	7,7	8,6	9,5	10,3	11,1	11,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Основное время, мин	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,22	0,34	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75
Себестоимость перехода, р.	258	277	292	306	317	356	522	637	764	892	1019	1146

Рисунок 6.4 – Пример формы для ввода данных, которые были рассчитаны по нормативам и служат для оценки эффективности оптимизации

4 На листах «БД» и «Цены» 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 6.5.

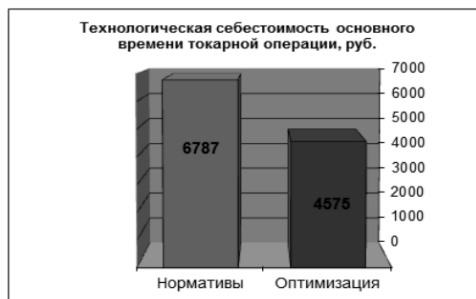
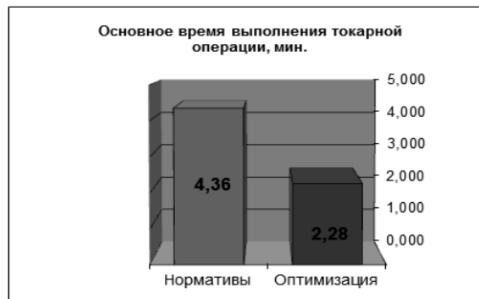
5 Для запуска программы оптимизации выполнить двойной щелчок по кнопке «Пуск», расположенной справа от области ввода исходных данных (см. рисунок 6.2). На основе полученных результатов оптимизации строятся гистограммы, которые наглядно демонстрируют эффективность параметрической оптимизации технологической операции (рисунок 6.6).

6 После завершения программы параметрической оптимизации произвести анализ полученных результатов и составить отчет по практической работе.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
2	<b>База данных нормативов для расчета режима продольного точения</b>																	
4	Справочник нормативных данных для расчета скорости резания V																	
5																		
6	Номер записи	Обрабатываемый материал	Предел прочности стали, МПа или HB для чугунов и цветных сплавов	Инструментальный материал	Рекомендуемый нормативный период стойкости инструмента T, мин	Коэффициент K <sub>T</sub>	Показатель степени n <sub>T</sub>	Коэффициент K <sub>T1</sub>	Коэффициент K <sub>T2</sub>	Коэффициент K <sub>T3</sub>	Показатель степени n <sub>T3</sub>	Показатель степени n <sub>T4</sub>	Показатель степени n <sub>T5</sub>	Коэффициент K <sub>T6</sub>	Коэффициент K <sub>T7</sub>	Коэффициент K <sub>T8</sub>	Коэффициент, учитывающий использование СОЖ K <sub>с</sub>	Коэффициент, учитывающий наличие износостойких покрытий режущей пластины K <sub>из</sub>
7	1	Сталь 40X	980	T15K6	30	0,95	1,00	0,9	1,00	350	0,15	0,15	0,35	0,7	1	1	1,4	2,5
8	Коэффициент		K <sub>MV</sub> = 0,727			Общий поправочный коэффициент на скорость резания										K <sub>V</sub> = 1,60		
9						Новое значение скоростного коэффициента C <sub>V</sub> = C <sub>Vнорм</sub> *K <sub>V</sub>										C <sub>V</sub> = 561,09		

Рисунок 6.5 – Образец таблицы базы данных

	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
<b>Результаты параметрической оптимизации токарной операции</b>															
<b>Оптимальные режимы резания</b>															
Скорость резания, м/мин	171	171	172	172	170	171	170	171	312	311	311	312	311	311	311
Частота вращения, об/мин	1330	1070	900	770	670	600	2420	1980	1650	1420	1240	1100			
Подача, мм/об	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Подача, мм/мин	1184	952	801	685	596	534	653	535	446	383	335	297			
Период стойкости, мин	19,5	19,5	19,1	19,4	19,8	19,4	12,7	12,7	12,7	12,6	12,7	12,7			
Шероховатость, Ra мкм	8,54	8,53	8,52	8,53	8,55	8,53	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50			
Мощность, кВт	12,5	12,5	12,6	12,5	12,5	12,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4			
Сила резания P <sub>z</sub> , Н	4418	4417	4413	4416	4421	4417	275	275	275	275	275	275			
Основное время, мин	0,08	0,11	0,12	0,15	0,17	0,19	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,34			
Себестоимость перехода, р.	159	198	236	275	314	353	319	389	466	545	622	700			



**Показатели эффективности параметрической оптимизации токарной операции**

Общее сокращение основного времени токарной операции		91,45 %
Сокращение основного времени при годовом объеме выпуска	1000 шт	34,69 час
Снижение технологической себестоимости основного времени		48,35 %
Снижение себестоимости основного времени на годовом объеме выпуска		2212191 руб

Рисунок 6.6 – Образец формы для оценки эффективности параметрической оптимизации технологической операции

**Содержание отчета**

- 1 Цель практической 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 технологических процессов?
- 4 Какие параметры технологического процесса могут быть выбраны в качестве критерия оптимизации?

### **Список литературы**

- 1 **Акулович, Л. М.** Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учебное пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 488 с.
- 2 **Берлинер, Э. М.** САПР технолога-машиностроителя: учебник / Ю. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва: Форум ; ИНФРА-М, 2019. – 336 с.
- 3 **Берлинер, Э. М.** САПР конструктора-машиностроителя / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум ; ИНФРА-М, 2019. – 288 с.
- 4 **Шишов, О. В.** Современные технологии и технические средства информатизации : учебник / О. В. Шишов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 462 с.
- 5 **Бунаков, П. Ю.** Технологическая подготовка производства в САПР: учебное пособие / П. Ю. Бунаков, Э. В. Широких. – Москва: ДМКПресс, 2012. – 208 с.
- 6 **Кондаков, А. И.** САПР технологических процессов: учебник / А. И. Кондаков. – Москва : Академия, 2010. – 268 с.
- 7 **Основы построения САПР ТП в многономенклатурном машиностроительном производстве : учебник / Г. Б. Бурдо [и др.].** – Старый Оскол : ТНТ, 2013. – 280 с.
- 8 **Конструкторско-технологический классификатор изделий машиностроения и приборостроения: общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 500-94.** – Минск : Изд-во стандартов, 1994. – 226 с.
- 9 **Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения: 1 85 151.** – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 62 с.