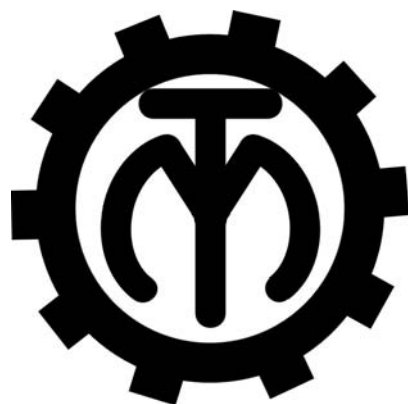


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных  
процессов обработки материалов»  
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 658.012.011.56  
ББК 30.2-5-05  
С19

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «01» июня 2022 г.,  
протокол № 13

Составители: канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова;  
ст. преподаватель С. Г. Черняков

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ студентами специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» очной формы обучения. Изложены методики выполнения лабораторных работ.

Учебно-методическое издание

## САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

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

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Диалоговое проектирование технологического процесса механической обработки резанием операционного описания .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Автоматическое проектирование технологического процесса механической обработки резанием на основе обобщенных технологических процессов .....	9
3 Лабораторная работа № 3. Автоматизация выбора технологических маршрутов и содержания операций.....	13
4 Лабораторная работа № 4. Автоматизация выбора средств технологического оснащения .....	17
5 Лабораторная работа № 5. Автоматизация расчета режимов резания .....	20
6 Лабораторная работа № 6. Автоматизация нормирования технологического процесса механической обработки резанием .....	24
7 Лабораторная работа № 7. Диалоговое проектирование технологического процесса сборки .....	27
8 Лабораторная работа № 8. Параметрическая оптимизация технологических операций.....	30
Список литературы.....	34

# **Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ**

## ***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 лабораторных 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***

1 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 Лабораторная работа № 1. Диалоговое проектирование технологического процесса механической обработки резанием операционного описания

**Цель работы:** приобретение практических навыков диалогового проектирования технологических процессов операционного описания в среде САПР технологических процессов «ТехноПро».

## *Основные этапы выполнения работы*

- 1 Ввод общих сведений на деталь, заготовку и технологический процесс.
- 2 Выбор технологических операций.
- 3 Выбор металлорежущих станков, станочных приспособлений, СОЖ.
- 4 Проектирование технологических переходов.
- 5 Создание маршрутной карты технологического процесса.

## *Методика выполнения лабораторной работы*

1 *Загрузка САПР ТП и ввод исходных данных.* При загрузке САПР ТП «ТехноПро» появляется окно с запросом системы безопасности на разрешение подключения макросов. Подтверждаем использование макросов и в открывшемся окне вводим имя пользователя «sa» и пароль «sa» и нажимаем кнопку «ОК».

Для входа в режим диалогового проектирования из главного меню следует выбрать команду «Конкретные Тех. Процессы» (рисунок 1.1).

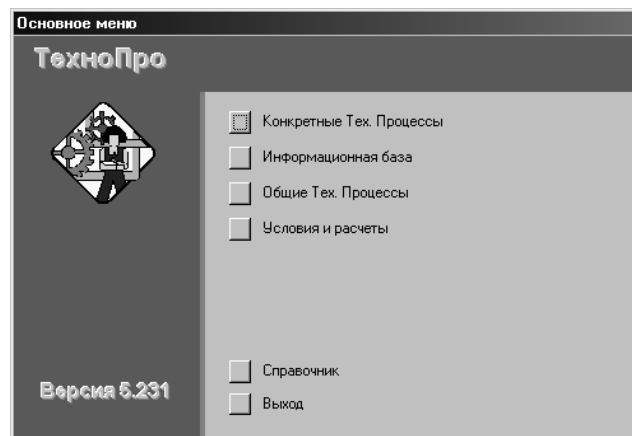



Рисунок 1.1 – Главное меню САПР ТП «ТехноПро»

После выполнения этой команды на экран будет выведен интерфейс базы данных «Конкретные Технологические Процессы» (рисунок 1.2).

Для создания нового техпроцесса необходимо щелкнуть корневую вершину дерева базы данных «Конкретные ТП» и затем нажать кнопку  «Добавить ТП» (см. рисунок 1.2).

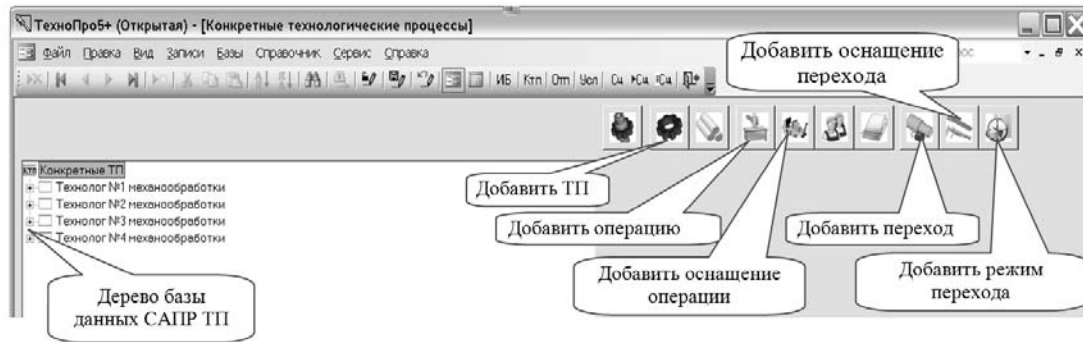


Рисунок 1.2 – Окно базы данных «Конкретные Технологические Процессы»

В правой части окна откроется форма для ввода общих сведений на деталь и заготовку (рисунок 1.3).

Сведения1	Сведения2	Сведения3	В карты	Характеристики	Документы
Наименование изделия	Редуктор РМ-200				
Обозначение сб. единиц	Вал ведомый в сборе				
Обозначение детали	0203.12.04				
Наименование детали	Вал				
Материал	Сталь 45 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		<input type="checkbox"/> Не пересчитывать номер операций			

Рисунок 1.3 – Пример ввода общих сведений на деталь и заготовку

Ввести общие сведения на деталь и заготовку с клавиатуры, используя выпадающие списки на основе задания, выданного преподавателем. Перейти на закладку «Сведения 3» и заполнить дополнительные сведения (единица нормирования, норма расхода и коэффициент использования материала и др.). Открыть закладку «В карты» и ввести фамилии лиц, ответственных за разработку и контроль комплекта документов проектируемого технологического процесса.

**2 Выбор технологических операций.** Для выбора обозначения и наименования операций из базы данных для изготовления выданной детали нажать кнопку «Добавить операцию» (см. рисунок 1.2), или из контекстного меню ветки дерева базы данных «Деталь» командой «Добавить». После нажатия кнопки откроется окно «Информационная база» (рисунок 1.4), 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».

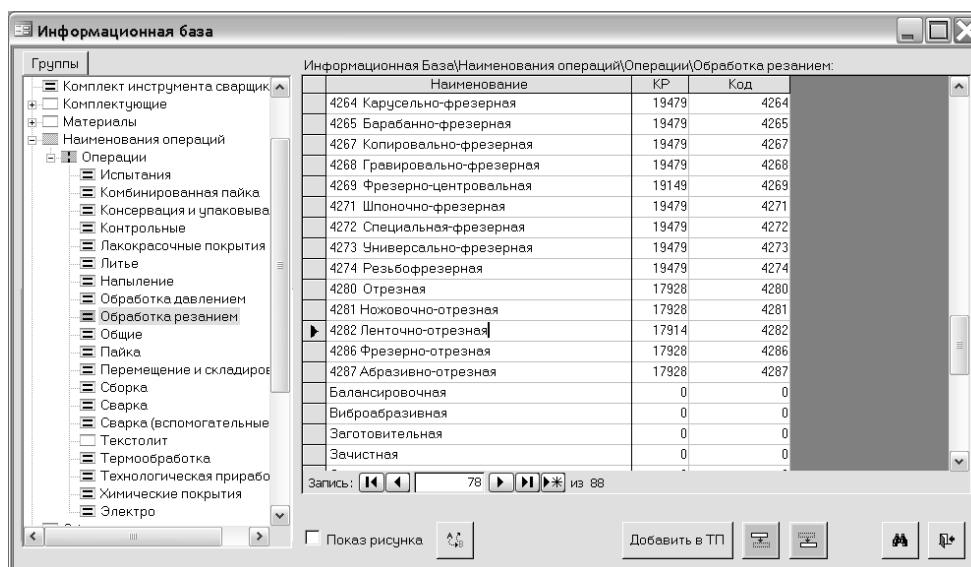



Рисунок 1.4 – Окно базы данных САИР ТП «ТехноПро»

3 *Выбор металлорежущих станков, станочных приспособлений, СОЖ, ИТБ.* Для выбора металлорежущих станков и другого оборудования, применяемого при выполнении операции, нажать кнопку «Добавить оснащение операции» (см. рисунок 1.2) для открытия окна «Информационная база». На дереве базы данных последовательно выбрать раздел «Оборудование», группу станков, а затем справа выбрать строку с необходимым оборудованием и нажать кнопку «Добавить в ТП». Если требуемой модели станка (или другого оснащения) нет в «Информационной базе», то его обозначение наименование и технические характеристики можно записать в последней пустой строке таблицы соответствующей группы оборудования (строка помечена звездочкой «\*»).

Далее окно «Информационная база» не закрывается, а в дереве классификации открывается группа «Приспособления». Если выбрать строку с приспособлением и нажать кнопку «Добавить в ТП», то далее будут последовательно открываться группы «Вспомогательные материалы», «Шифры инструкций», затем «СОЖ», «Средства защиты», «Комплектующие», «Тара», «Дополнительные материалы», «Материалы» для выбора данных и записи в операцию ТП. Данная последовательность открытия групп – автоматически настроенная в системе «ТехноПро» для всех операций.

Если оснащение выбирать не нужно, то окно «Информационная база» можно в любой момент закрыть, нажав кнопку .

На рисунке 1.5 показан результат выбора оснащения ленточно-отрезной операции.

В нижней части формы открыть закладку «Работы» (см. рисунок 1.5), в которой ввести код профессии, разряд, другие данные.

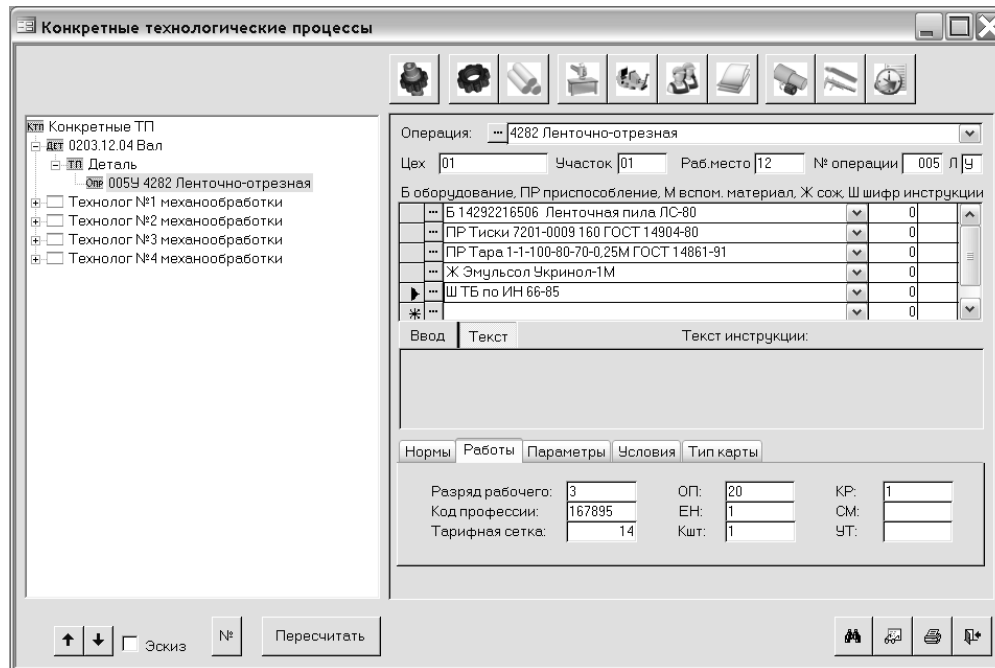


Рисунок 1.5 – Вид формы с выбранным оснащением ленточно-отрезной операции

4 *Проектирование технологических переходов.* Нажать кнопку «Добавить переход» (см. рисунок 1.2) для открытия окна «Информационная база». На дереве базы данных последовательно выбрать раздел текстов переходов, найти текст необходимого перехода, нажать кнопку «Добавить в ТП».

После выбора перехода необходимо задать операционный размер и определить его предельные отклонения. Для задания операционного размера открыть закладку «Параметры» и заполнить поле «Значение».


Для выбора предельных отклонений операционного размера выполнить двойной щелчок левой клавишей мыши по полю «Верхний», и в открывшемся окне выбрать обозначение поля допуска и качество точности, нажать кнопку «ОК». На дереве проекта появится конкретизированная запись содержания перехода.

Для выбора средств технологического оснащения перехода нажать кнопку «Добавить оснащение операции» (см. рисунок 1.2). В окне «Информационная база» на дереве базы данных последовательно выбрать раздел «Режущий инструмент», затем в правой части окна выбрать конкретный режущий инструмент и нажать кнопку «Добавить в ТП». Аналогичным способом выбрать измерительный инструмент.

Если определение режима резания, нормы времени для данного перехода не автоматизировано, то после определения этих параметров неавтоматизированным путем их можно задать, открыв закладку «Режим» и заполнив поля «То», «Тв», «Параметры», «Значение».

Операции, переходы, оснащение, параметры, операционные размеры задать на основе чертежа детали, выданного преподавателем. После завершения редактирования операций нажать кнопку «Пересчитать».



5 Подготовка комплекта документов для вывода на печать. Для формирования комплекта документов спроектированного технологического процесса нажать кнопку с изображением принтера, расположенную справа внизу в окне «Конкретные Технологические Процессы». На экране появится окно со списком доступных шаблонов документов, которые могут быть использованы для оформления комплекта документов спроектированного технологического процесса. Отметить галочками шаблоны титульного листа и карты технологического процесса «КТП ф. 1 маршрутно-операционный ТП». Внизу окна «Выбор документов» нажать кнопку .

### Контрольные вопросы

- 1 Чем диалоговый режим проектирования технологического процесса с использованием САПР ТП отличается от автоматизированного?
- 2 Для чего служит «Информационная база» системы «ТехноПро»?
- 3 Каков порядок создания нового конкретного технологического процесса?
- 4 Какие способы ввода информации о наименовании операции, оборудовании и средствах технологического оснащения вы знаете?

## 2 Лабораторная работа № 2. 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 2.1 представлены изображение и чертеж детали, технологический процесс механической обработки резанием которой необходимо спроектировать в САПР ТП «ТехноПро» в автоматическом режиме.

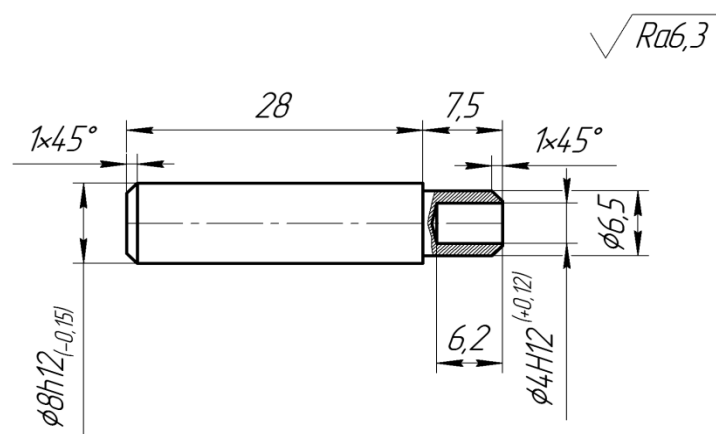



Рисунок 2.1 – Деталь «Ось»

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

### **Методика выполнения лабораторной 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» (см. рисунок 1.1).

Для создания нового конкретного техпроцесса необходимо щелкнуть корневую вершину дерева базы данных «Конкретные ТП» (см. рисунок 1.2) и затем нажать кнопку  «Добавить ТП» (см. рисунок 1.2).

В правой части окна откроется форма для ввода общих сведений на деталь и заготовку (см. рисунок 1.3).

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 2.2), входящих в деталь, и ниже список параметров поверхности.

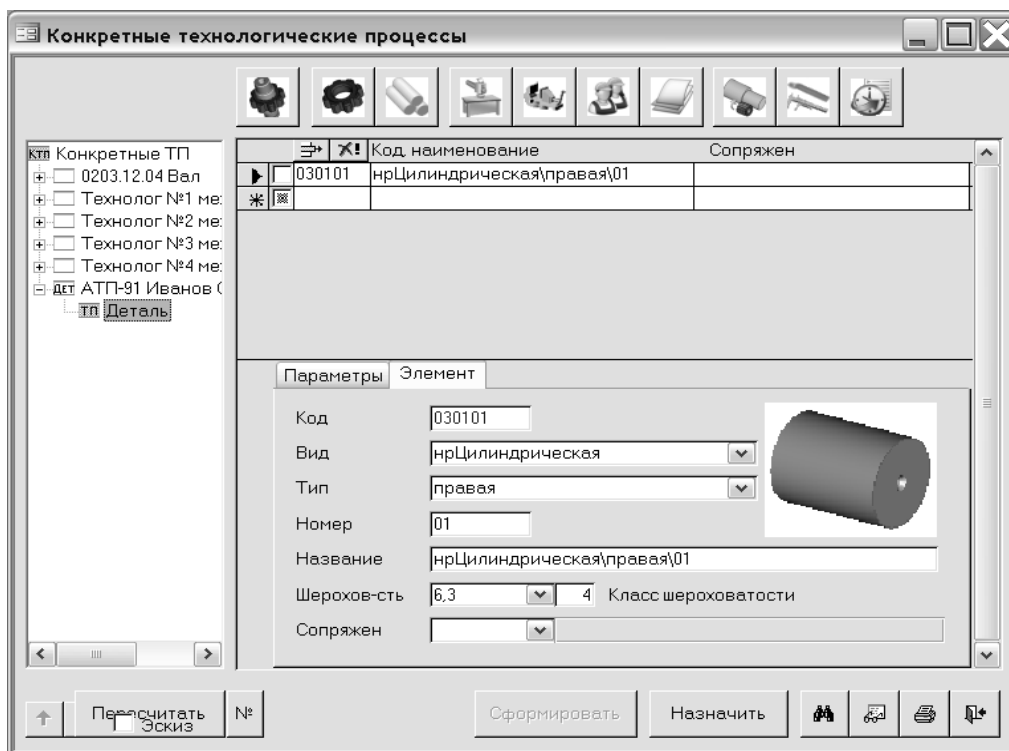


Рисунок 2.2 – Окно для описания характеристик поверхностей детали

Для добавления поверхности (элемента конструкции) к списку необходимо перейти на закладке «Элемент» (см. рисунок 2.2), выбрать из выпадающих

списков «Вид» и «Тип» поверхности. Порядковый «Номер» поверхности присваивается автоматически или вводится с клавиатуры.

Дополнительно из выпадающего списка задается шероховатость поверхности, если она отличается от ранее заданной для остальных поверхностей детали (см. рисунок 2.2).

После задания вида и типа поверхности в списке (рисунок 2.3) 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 2.3).

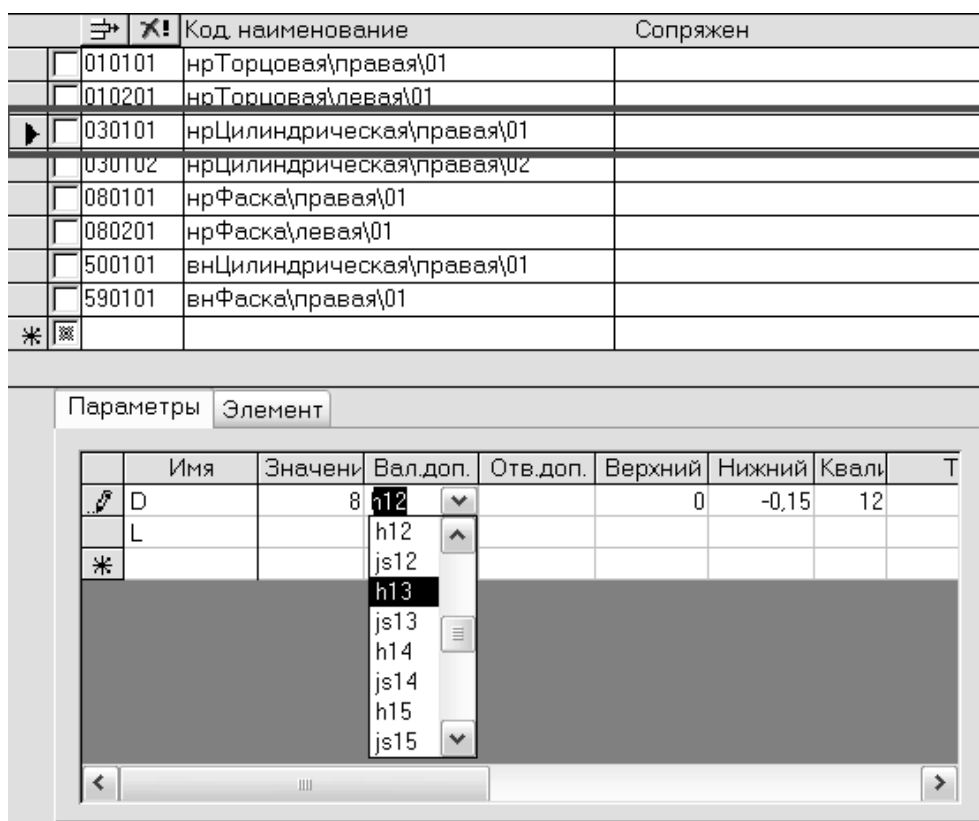





Рисунок 2.3 – Задание параметров выбранной поверхности детали

Для заполнения размеров поверхности и точности их выполнения необходимо перейти на закладку «Параметры» (см. рисунок 2.2). Для задания параметров поверхности в списке щелкнуть ее запись с кодом поверхности (см. рисунок 2.3). 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

рисунке 2.1. После описания всех поверхностей, имеющих на чертеже, создание информационной модели детали заканчивается и можно переходить к проектированию ТП.


**3 Автоматическое проектирование 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 и нажать кнопку  **Деталь** «Назначить» (см. рисунок 2.2), находящуюся в нижнем правом углу окна. На экране появляется окно со списком ОТП.

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

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 2.2).

### **Контрольные вопросы**

1 Для чего необходима разработка информационной модели детали-представителя?

2 По каким правилам необходимо производить кодирование деталей?

3 Какие особенности ОТП следует учитывать при проектировании его переходов?

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

### 3 Лабораторная работа № 3. 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 3.1), разработать информационное и математическое обеспечение для решения задачи формализации выбора структуры технологического процесса.

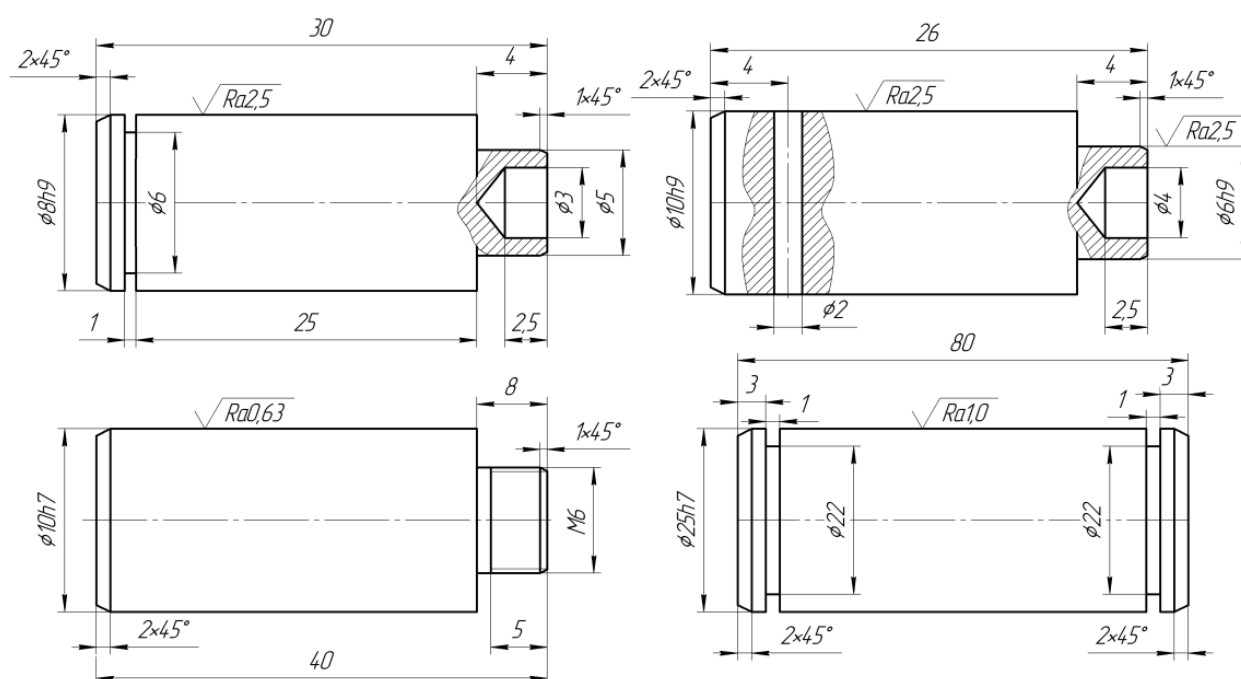


Рисунок 3.1 – Детали-представители группы «Оси» с подобными конструктивно-технологическими признаками

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 лабораторной 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 1.1).

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 1.2). 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 выполнении операции, нажать кнопку  в поле  Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож. Ш 1. 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 3.2) для выбранной операции ОТП. В этой закладке имеется два поля для ввода двух условий на операцию.

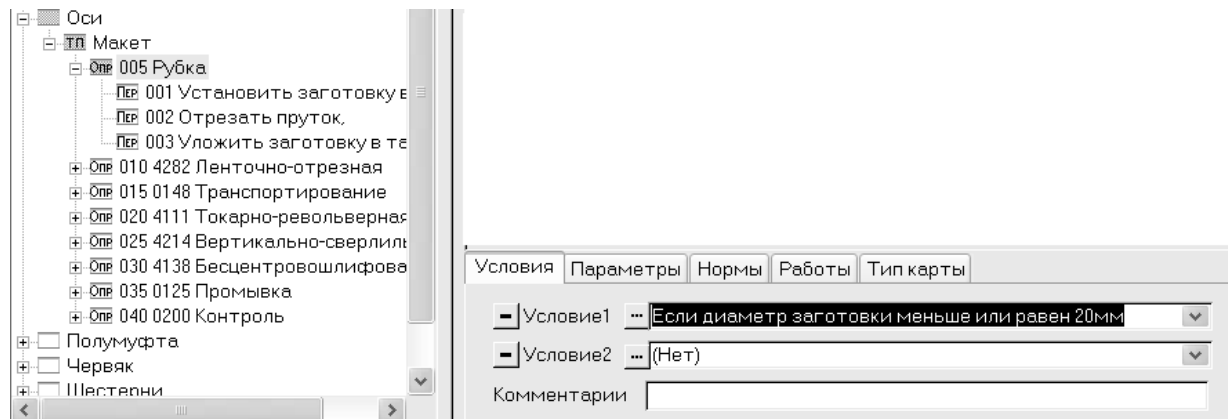



Рисунок 3.2 – Задание названия (правила) условия выбора операции

Для описания логического условия выбора нажать кнопку  слева от поля «Условие 1». Открывается окно «Описание условия» (рисунок 3.3).

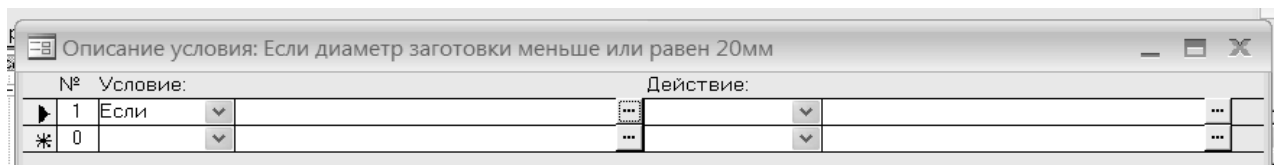




Рисунок 3.3 – Окно описания логического выражения


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 1.2).

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  **ТП Деталь** 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?



## 4 Лабораторная работа № 4. 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 лабораторной работы

1 *Редактирование базы данных САПР ТП.* Для входа в режим редактирования базы данных из главного меню следует выбрать команду «Информационная база» (см. рисунок 1.1). 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 4.1.

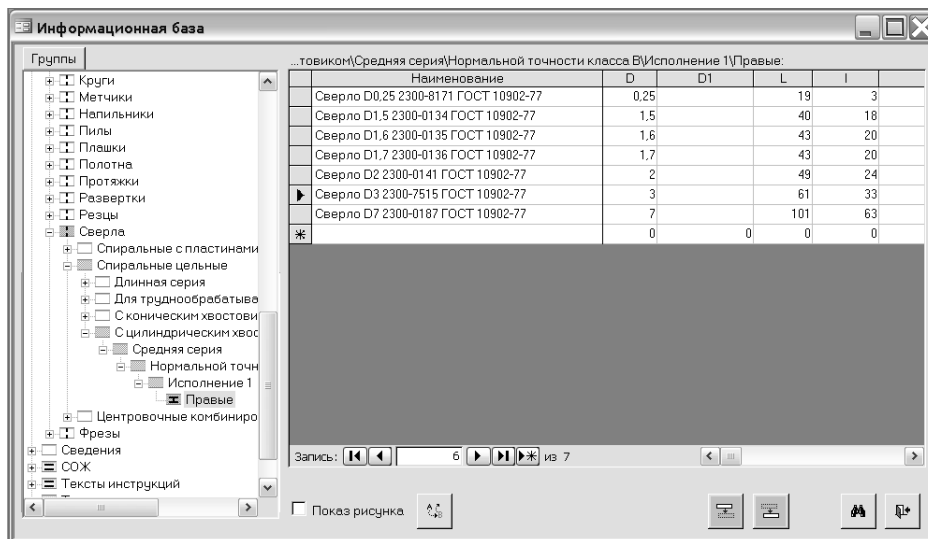


Рисунок 4.1 – Окно базы данных

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 лабораторной работы № 3, 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 4.2) 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.

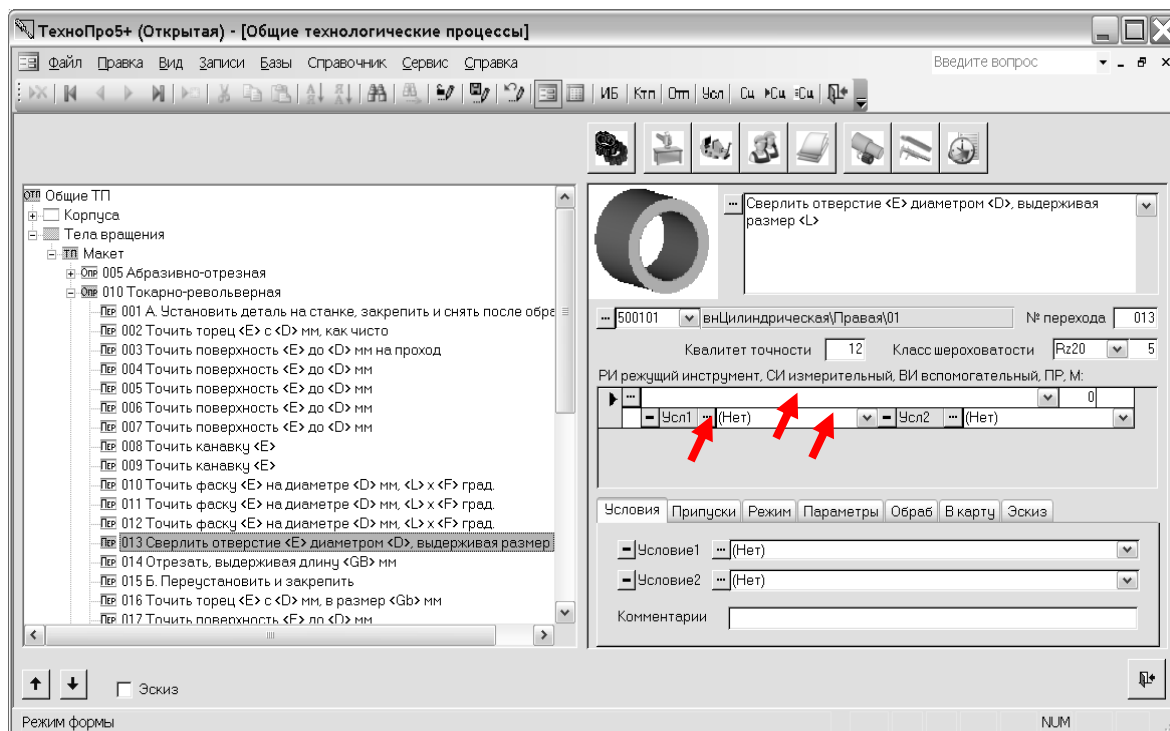


Рисунок 4.2 – Окно «Общие технологические процессы»

Для задания условия выбора сверла по размерам обрабатываемого отверстия на панели инструментов щелкнуть кнопку **Усл1** «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» **Esc** .


В окне «Общие технологические процессы» (см. рисунок 4.2) 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.


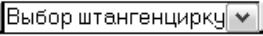
Для выбора вспомогательного инструмента после его занесения в базу данных перейти в окно «Общие ТП» и нажать кнопку .


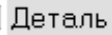
В свободном поле «РИ режущий инструмент, СИ измерительный инструмент, ВИ вспомогательный инструмент, ПР, М» (см. рисунок 4.2) ввести управляющие символы «ВИ» и из выпадающего списка выбрать необходимый инструмент.

*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   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 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?

## **5 Лабораторная работа № 5. 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 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: +, -, \*, /, ^ – возведение числа в степень, 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 записи условий выбора из переменных составляют логические выражения. Пример записи выражений, создаваемых с помощью построителя запроса:

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

### Методика выполнения лабораторной 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», как это показано на рисунке 5.1.

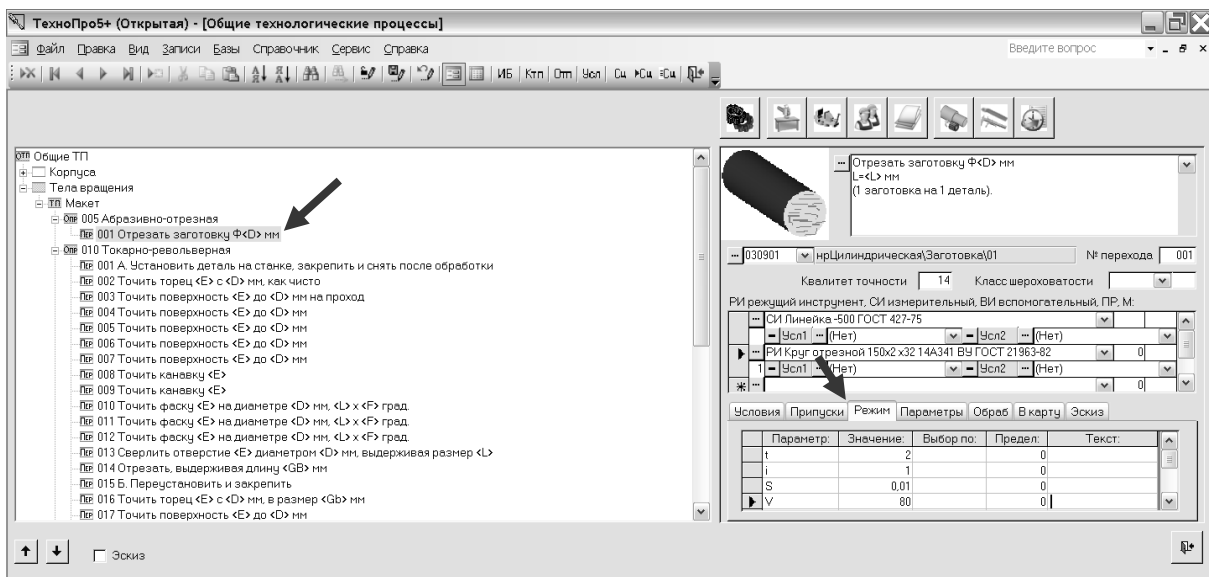




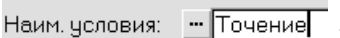
Рисунок 5.1 – Окно базы данных обобщенных ТП

Выбрать первый технологический переход «Отрезать заготовку  $\varnothing\langle D \rangle$  мм  $L=\langle L \rangle$  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 5.1) и в поле «Параметр» из выпадающего списка выбрать параметры, а в поле «Значение» записать их значения по приведенному выше примеру.

*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

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

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 **Отп**; в операции «Токарно-револьверная» выбрать первый переход, который начинается ключевым словом «Точить»; открыть базу «Условий и расчетов» нажатием кнопки **Усл**; 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 5.2) 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».

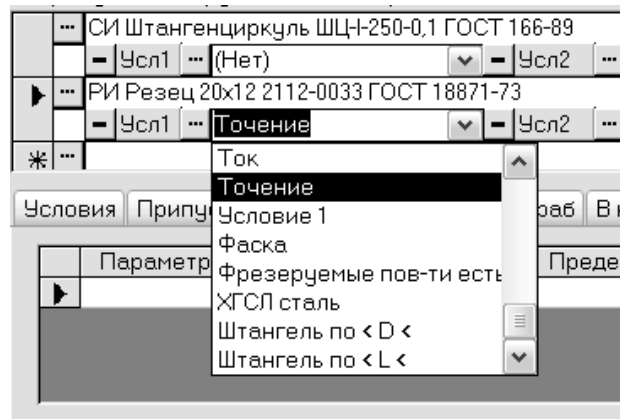


Рисунок 5.2 – Связывание переходов точения с условием расчета режима резания

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 данных условий» и расчетов 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»?

## **6 Лабораторная работа № 6. 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 лабораторной 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 открыть последовательно узлы «Токарные работы», «Точение цилиндрических поверхностей» и выбрать условие «Точение» нажатием кнопки 

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

.

В окне «Описание условия» (рисунок 6.1) в нижнем пустом поле из выпадающих списков определить значения «Условие» (---) и «Действие» (Вычислить), записать выражение для расчета технологического перехода продольного точения

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

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 точения



поверхности:

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

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 БУР открыть созданную группу условий. В поле «Наименование условия» ввести название условия «Вспом\_время\_на\_установку\_снятие» и щелкнуть кнопку  .

№	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 * [P;Ре
15	---	Вычислить [N;Режим] = ОКР(1000 * [V;Режим] / (3.14 * [D
16	---	Вычислить [То;Норма] = ОКР2(((L) * [W;Режим]) / ([N;F
17	---	Вычислить [Tв;Норма] = ОКР2(((L) + [W;Режим]) / 10.0) *
* 0	---	---

Рисунок 6.1 – Окно описания условий и расчетов

Для выбора данных из таблиц в поле «Условие» 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 (см. рисунок 6.1) 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».

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 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 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?

## **7 Лабораторная работа № 7. Диалоговое проектирование технологического процесса сборки**

***Цель работы:*** приобретение практических навыков диалогового проектирования технологических процессов узловой сборки в среде САПР ТП «ТехноПро».

### ***Методика выполнения лабораторной работы***

1 *Ввод общих сведений на сборочную единицу и технологический процесс сборки.* После загрузки основного меню системы для входа в рабочую среду проектирования следует выбрать команду основного меню системы «Конкретные Тех. Процессы» (см. рисунок 1.1).

Для создания нового техпроцесса сборки нажать кнопку «Добавить ТП сборки»  (см. рисунок 1.2). Справа на экране появится форма для заполнения сведений о сборочной единице, технологию которой необходимо спроектировать. Обязательными для заполнения являются поля «Обозначение сборки» и «Наименование сборки». Открыть закладку «В карты» и записать фамилии в поля формы «Разработал», «Проверил».

После ввода сведений о сборочной единице необходимо в окне дерева проектов поставить курсор мыши на пустое пространство и нажать левую кнопку мыши. На дереве проекта появится ветвь с номером и наименованием детали.левой кнопкой мыши щелкнуть ветвь «Сборка», появится форма (рисунок 7.1) для заполнения сведений на сборочные единицы детали и материалы из спецификации сборочной единицы.

Занести в базу данных САПР ТП сведения о деталях и сборочных единицах согласно спецификации узла, выданного преподавателем.

Сведения из спецификации заносятся в поля закладки «Элемент» и после занесения отображаются в верхней части окна в виде таблицы спецификации. Поля «Обозначение», «Наименование», «Кол-во», «Нрасх», «ЕдИзм», «Масса» и «Примечания» заполняются с клавиатуры, а поле «Тип» – с помощью выпадающего списка (детали, сборочные единицы, стандартные изделия и т. д.).

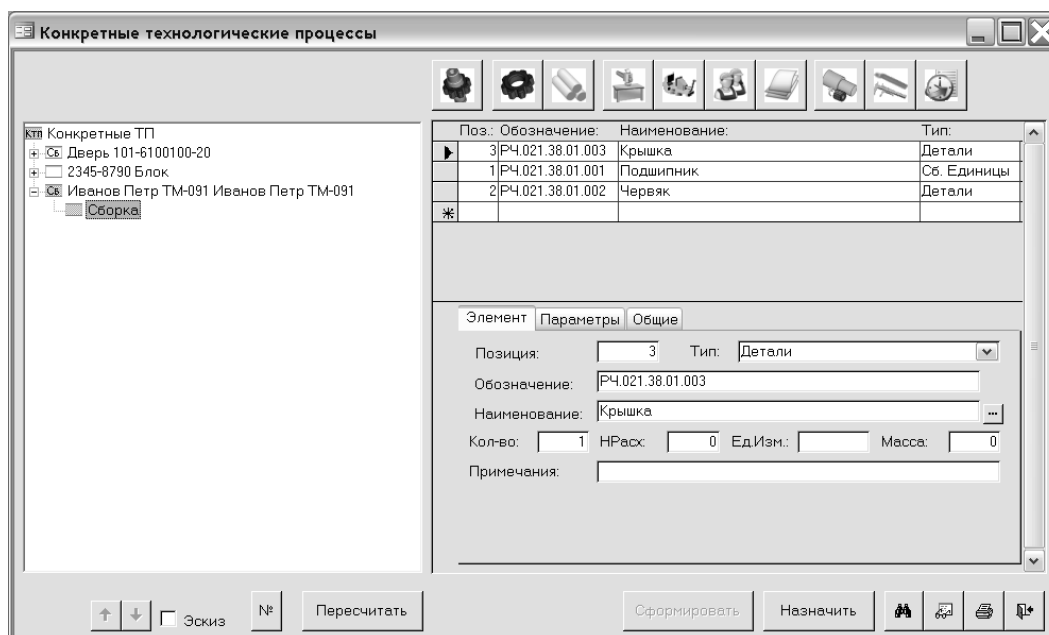



Рисунок 7.1 – Форма для ввода сведений на детали и материалы сборочной единицы


2 *Выбор технологических операций сборки.* Для выбора обозначения и наименования операций из базы данных для сборки узла нажать кнопку «Добавить операцию»  (см. рисунок 1.2). После нажатия кнопки откроется окно «Информационная база», 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 «Сборка», а затем справа выбрать строку «Сборка» и нажать кнопку «Добавить в ТП». После выбора названия операции и нажатия кнопки «Добавить в ТП» – окно «Информационная база» закрывается. Щелкнуть мышью на пустом пространстве в области дерева базы данных (рисунок 7.2), после этого на дереве «Конкретные Тех. Процессы» появляется операция «005 Сборка». В соответствующих полях формы можно внести номер цеха, участка и рабочего места, на котором будет выполняться операция, и другие общие сведения на операцию. Заполнить поля формы в соответствии с данными, приведенными на рисунке 7.2.

3 *Проектирование технологических переходов операции сборки.* Для добавления перехода необходимо в дереве классификации «Конкретные Тех. Процессы» поставить курсор на операцию, например, «005 Сборка» и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню выбрать пункт «Добавить». Справа в окне откроется форма описания перехода (рисунок 7.3). Ввод текста перехода производится при нажатой кнопке «Редакт.».

В поле «Текст» вводится описание выполняемого действия. Например: Собрать, Установить, Смазать, Напрессовать до упора и др.

В поле «Наим., Обозн., Позиция» можно внести описание комплектующего, включая его обозначение, наименование и позицию в спецификации. Для

этого необходимо нажать кнопку  на правом краю этого поля. Откроется окно спецификации.

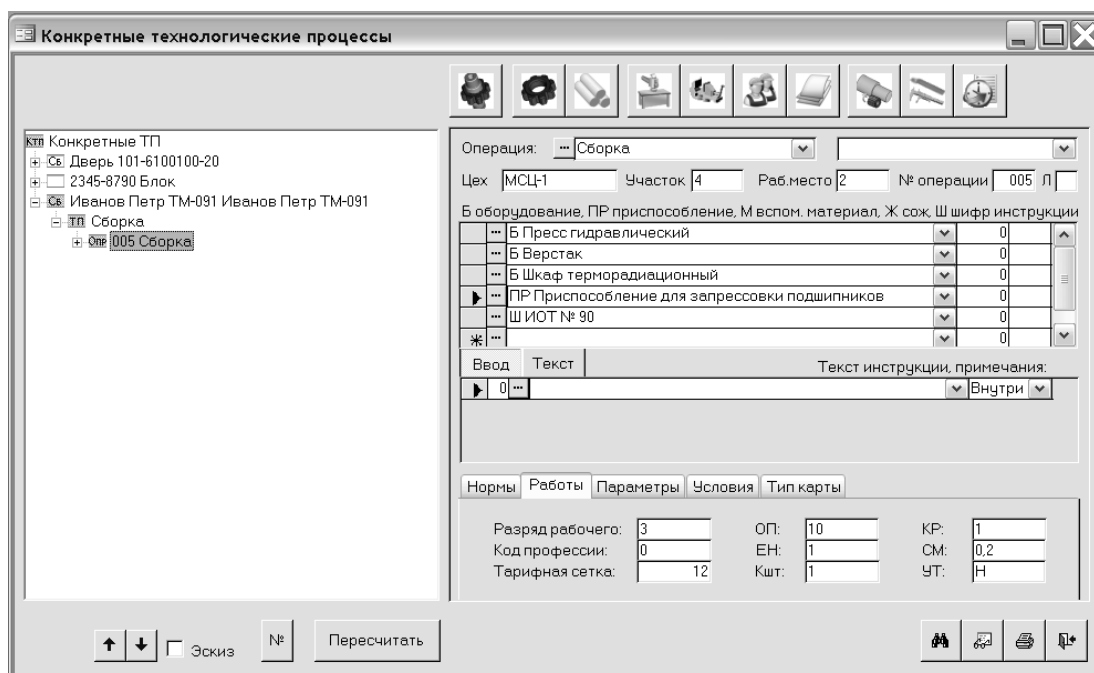


Рисунок 7.2 – Окно для ввода общих сведений на операцию сборки

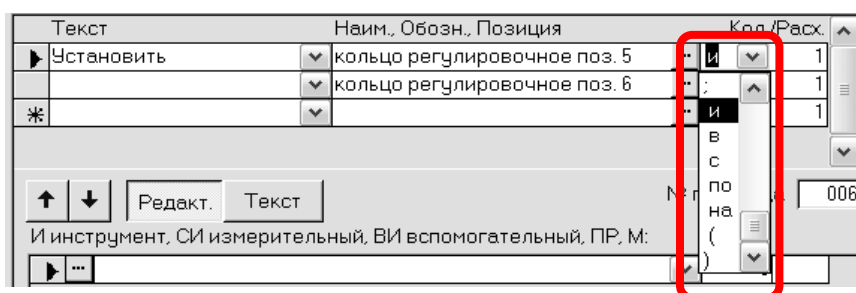


Рисунок 7.3 – Окно для ввода общих сведений на операцию сборки

Следующее (расположенное правее) поле служит для ввода связующих предлогов и знаков препинания. Их можно вводить с клавиатуры или выбирать из выпадающего списка.


В поле «Кол./Расх» можно указать количество комплектующих или расход материалов, примененных в создаваемой строке текста перехода.

Чтобы просмотреть полностью сформированный текст перехода, надо нажать кнопку «Текст».

После перевода курсора на строку оснащения «И инструмент, СИ измерительный ...» переход появится в дереве классификации, в нем будет показан номер перехода и первая строка текста. Для задания оснащения перехода в поле «И инструмент, СИ измерительный, ВИ вспомогательный, ПР приспособления, М материалы» вводятся ключевые символы: И; СИ; ВИ; ПР; М. Затем из выпадающих списков выбирается требуемое оснащение перехода.

Можно использовать для выбора средств технологического оснащения кнопку «Добавить оснащение операции» (см. рисунок 1.2) и выбирать оснащение из соответствующих разделов базы данных.

Создать технологические переходы операции сборки узла, выданного преподавателем, аналогичным образом.

4 *Подготовка комплекта документов для вывода на печать.* Выполнить формирование комплекта технологических документов, состоящего из титульного листа и карты технологического процесса «КТП ф. 1 маршрутно-операционный ТП», нажав кнопку .

### ***Контрольные вопросы***

1 В чем заключаются преимущества диалогового режима проектирования технологического процесса сборки?

2 Какие структурные составляющие САПР ТП «ТехноПро» вы знаете?

3 Какой модуль САПР ТП «ТехноПро» является основной рабочей средой диалогового проектирования технологических процессов?

4 Для чего служит Информационная база системы «ТехноПро» и какие разделы она содержит?

5 Каков порядок создания нового конкретного технологического процесса сборки?

## **8 Лабораторная работа № 8. 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 работы***

1 Скопировать из папки «ПО\_Лаб8» 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 8.1). Пример форм для ввода исходных данных и для задания ограничений на область поиска



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

Рисунок 8.3 – Пример формы для задания ограничений на область поиска экстремума целевой функции

3 Заполнить область нормативных режимов резания на основе данных, представленных в фрагменте операционной карты (см. рисунок 8.1). Пример формы для ввода данных, которые были рассчитаны по нормативам и служат для оценки эффективности оптимизации показан на рисунке 8.4.

Нормативные режимы резания												
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 8.4 – 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 8.5.

5 Для запуска программы оптимизации выполнить двойной щелчок по кнопке «Пуск», расположенной справа от области ввода исходных данных (см. рисунок 8.2). На основе полученных результатов оптимизации строятся

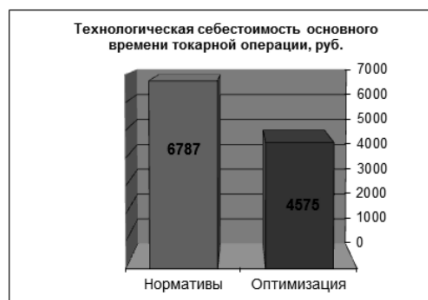
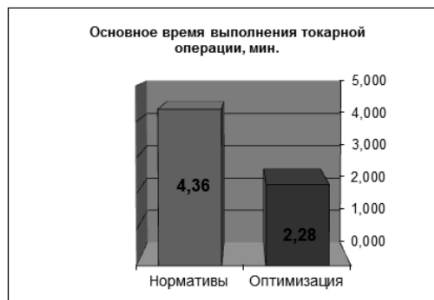


гистограммы, которые наглядно демонстрируют эффективность параметрической оптимизации технологической операции (рисунок 8.6).

	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	<b>Справочник нормативных данных для расчета скорости резания V</b>																		
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>Tn</sub>	Коэффициент K <sub>KT</sub>	Коэффициент K <sub>KTn</sub>	Коэффициент S <sub>глуб</sub>	Показатель степени n <sub>г</sub>	Показатель степени n <sub>р</sub>	Показатель степени n <sub>ш</sub>	Коэффициент K <sub>гш</sub>	Коэффициент K <sub>гшr</sub>	Коэффициент K <sub>гс</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>v,таб</sub> * K <sub>v</sub>									C <sub>v</sub> = 561,09				

Рисунок 8.5 – 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	1000 шт	91,45 %
Сокращение основного времени при годовом объеме выпуска		34,69 час
Снижение технологической себестоимости основного времени		48,35 %
Снижение себестоимости основного времени на годовом объеме выпуска		2212191 руб

Рисунок 8.6 – Образец формы для оценки эффективности параметрической оптимизации технологической операции

6 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 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 : ДМК Пресс, 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.