

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**Системы автоматизированного  
проектирования технологических процессов**

**Методический электронный контент в формате обмена  
электронными учебными материалами SCORM**

САМАРА

2012

УДК 621

Автор-составитель: **Моисеев Виктор Кузьмич**

Редакторская обработка В. К. Моисеев  
Компьютерная вёрстка И. В. Вдовин  
Довёрстка А. А. Панков

**Системы автоматизированного проектирования технологических процессов** [Электронный ресурс] : метод. электрон. контент в формате обмена электрон. учеб. материалами SCORM / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост В. К. Моисеев. - Электрон. текстовые и граф. дан. (5.2 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены методы автоматизированного проектирования технологических процессов, алгоритмы проектирования технологических процессов методом адресации, моделирование решения задачи типа «выбор», модели проектирования технологических процессов, специализированные САПР ТП, обшемашиностроительные САПР ТП, автоматизация программирования оборудования с ЧПУ, САМ-системы.

В состав методического электронного контента входят:

1. Методические указания к лабораторному практикуму
2. Теоретический материал

Методический электронный контент предназначен для студентов факультета заочного обучения изучающих в седьмом семестре дисциплину «САПР технологических процессов» по направлению подготовки 151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (квалификация "бакалавр").

Подготовлено на факультете заочного обучения СГАУ.

*В.И. МАЛКИН, В.К. МОИСЕЕВ, О.В. ЛОМОВСКОЙ*

**ПРИМЕНЕНИЕ  
САПР ТП «КАРУС»  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**2007**



САМАРА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

*В.И. МАЛКИН, В.К. МОИСЕЕВ, О.В. ЛОМОВСКОЙ*

ПРИМЕНЕНИЕ САПР ТП «КАРУС»  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ  
ПРОИЗВОДСТВА  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве методических указаний к лабораторной работе*

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2007

УДК 658.512



**Инновационная образовательная программа  
"Развитие центра компетенции и подготовка  
специалистов мирового уровня в области  
аэрокосмических и геoinформационных  
технологий"**

Рецензент: канд. техн. наук, доцент А.И. Шулелов.

**Применение САПР ТП «КАРУС» в технологической подготовке  
производства летательных аппаратов: метод. указания к лаб. работе.**  
Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та/ *В.И. Малкин, В.К. Моисеев, О.В.  
Ломовской.* - Самара 2007. - 56с.

Методические указания знакомят с одной из систем автоматизированного проектирования технологических процессов «КАРУС». Позволяют получить практические навыки проектирования технологических процессов механической обработки деталей летательных аппаратов.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 160201 – «Самолето- и вертолетостроение», 160801 - «Ракетостроение» и 160802 – «Космические летательные аппараты и разгонные блоки», 220305 – «Автоматизированное управление жизненным циклом продукции», дневной, вечерней и заочной форм обучения. Разработаны на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

УДК 658.512

© Малкин В.И., Моисеев В.К.,  
Ломовской О.В., 2007  
© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2007

## Содержание

1. НАЗНАЧЕНИЕ САПР ТП «КАРУС».....	4
2. СТРУКТУРА САПР ТП «КАРУС».....	5
3. «МОНИТОР» СИСТЕМЫ «КАРУС».....	6
4. НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	8
5. ВВОД ОБЩИХ ДАННЫХ О ДЕТАЛИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ.....	10
6. ФОРМИРОВАНИЕ МАРШРУТА И ОПЕРАЦИЙ.....	21
7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	25
8. РЕДАКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ.....	26
9. ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ.....	30
10. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	41
11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	44

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение системы автоматизированного проектирования технологических процессов «КАРУС» и приобретение практического навыка проектирования технологических процессов.

## **1. НАЗНАЧЕНИЕ САПР ТП «КАРУС»**

Система автоматизированного проектирования технологических процессов «КАРУС» (САПР ТП «КАРУС») предназначена для проектирования технологических процессов механической обработки. К классу объектов, для которых предназначена система, относятся: технологические процессы на детали произвольной формы, включающие тела вращения, детали плоскостные, корпусные, изогнутые из проката, шестерни цилиндрические и конические и другие группы деталей.

В САПР ТП «КАРУС» не накладывается ограничений на вид поверхности деталей, их взаимное расположение, требования точности и шероховатости.

Система формирует следующие технологические документы:

- ведомость технологических документов по ГОСТ 3.1122-84;
- маршрутная и маршрутно-операционная карты по ГОСТ 3.1118-84;
- операционная карта по ГОСТ 3.1404-86;
- ведомость технологической оснастки по ГОСТ 3.1122-84.

## 2. СТРУКТУРА САПР ТП «КАРУС»

Структурными составляющими САПР ТП «КАРУС» являются подсистемы:

- монитора;
- проектирования техпроцессов;
- администратора базы данных;
- формирования и вывода технологических документов.

Работу системы обеспечивают:

- база технологических данных;
- функциональные компоненты подсистемы проектирования

для:

- ввода общих данных;
- диалогового формирования операций и маршрута;
- выбора инструмента;
- расчета режимов резания и нормирования.

В состав базы технологических данных входит также шаблон титульного листа для подсистемы формирования и вывода технологических документов.



### 3. «МОНИТОР» СИСТЕМЫ «КАРУС»

Левая часть «монитора» (рис.1) содержит главное «меню» системы – наименования всех подсистем САПР ТП «КАРУС» и наименования дополнительных программных модулей, которые входят в состав системы:

- «Проектирование технологии»;
- «Администратор базы данных»;
- «Печать выходных форм»;
- «Архив»;
- «Ведомость деталей»;
- «Норма-М»;
- «Эскиз».

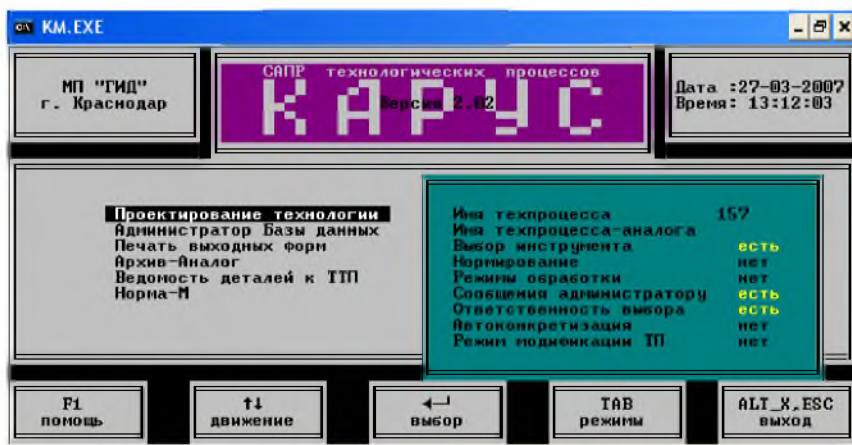


Рис.1. Вид монитора

В правой части «монитора» системы содержится перечень функций подсистемы «Проектирование технологии» – «меню» функций проектирования. С их помощью производится настройка системы на проектирование технологических процессов.

Если курсор находится в главном «меню» системы в строке «Проектирование технологии», то такой вид «монитора» предполагает, что Вы работаете в подсистеме «Проектирование технологии».

Нажимая клавишу [Tab], Вы можете переходить из главного «меню» системы в «меню» функций проектирования и наоборот.

Если Вы хотите работать в другой подсистеме «КАРУС» или вызвать на экран какой – либо из подключенных к системе дополнительных программных модулей, установите курсор в главное «меню» и используйте клавиши [↑] <стрелка вверх> и [↓] <стрелка вниз>.

Вид «монитора» при этом изменится – с экрана исчезнет перечень функций проектирования. Передвигая курсор по строкам главного «меню» системы, Вы можете выбрать для работы нужные Вам подсистему или программный модуль.

В нижних строках экрана дана информация о функциональных и служебных клавишах, управляющих настройкой системы на работу, именуемой в дальнейшем «панелями управления».

## 4. НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Чтобы произвести настройку системы на проектирование технологических процессов, установите курсор в главном «меню» системы в строку «Проектирование технологии».

В правую часть экрана система выведет перечень подсистемы «Проектирование технологии»:

- «Имя техпроцесса»;
- «Имя техпроцесса – аналога»;
- «Выбор инструмента»;
- «Нормирование»;
- «Режимы обработки»;
- «Сообщения администратору»;
- «Автоконкретизация».

Нажав клавишу [Tab], переведите курсор в «меню» функции проектирования. Меняя клавишей [Enter] <ВВОД> сообщения монитора “есть” или “нет”, Вы можете подключить к работе системы указанные подсистемы или отказаться от работы с ними.

### *4.1 Функции проектирования*

Функция «Режим обработки» - «есть» дает возможность рассчитать режимы обработки – режимы резания для переходов обработки резанием или режимы термообработки для переходов термической обработки.

Функция «Сообщение администратору» - «есть» выводит на экран все сообщения системы при работе с ней (сообщений системы может быть порядка 100). При настройке этой функции «нет» система выведет на экран только минимум необходимых Вам в работе сообщений. Остальные сообщения системы Вы при

желании можете просмотреть в «Администраторе базы данных», нажав клавишу [F8].

Функция «Ответственность выбора» может быть Вами предусмотрена на стадии редактирования технологического процесса. Предположим, во время редактирования Вы ввели в спроектированный ТП новые операции. В случае настройки функции «есть» оборудование выберется автоматизированным способом только для вновь введенных при редактировании технологического процесса операций.

При настройке этой функции «нет» оборудование вберется системой не только для вновь введенных при редактировании ТП операций, но и заново выберется для операций, сформированных ранее в процессе проектирования.

Функция «Режим модификации ТП» позволяет сопровождать спроектированные технологические процессы, внедренные в производстве. Настройка функции «есть» в случае добавления в маршрут новой операции не влечет перенумерации операций с шагом, установленным в базе данных. Иными словами, номер добавляемой в маршрут операции увеличивается на единицу по сравнению с номером предыдущей операции.

В случае настройки функции «нет» выполняется перенумерация операций при любом изменении маршрута обработки детали.

Завершив настройку системы на проектирование технологического процесса, установите курсор в главное «меню» в строку «Проектирование технологии» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]).

Теперь Вы можете перейти к вводу общих данных для проектирования.

## 5. ВВОД ОБЩИХ ДАННЫХ О ДЕТАЛИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Ввести общие данные о детали и технологическом процессе система предложит Вам в двух экранных шаблонах – «Общие данные о детали» и «Данные для проектирования технологического процесса».

### 5.1 Шаблон «Общие данные о детали»

Итак, в «мониторе» Вы выбрали для работы подсистему «Проектирование технологии» и нажали клавишу [Enter] ([ВВОД]).

Система выведет на экран шаблон «Общие данные о детали» (рис.2), имеющий расположение граф и полей, близкое к их расположению в шапке маршрутной карты.

Общие данные о детали									
Наименование предприятия									
А.О. "АВИАКОР"									
Разраб.	ГОДВОРЧАНСКАЯ		Дата	Обозначение детали		Вид материала			
Нач.ТНБ	ЯКШИНОВ		25.04.02	123.323.32		201 Сталь			
Норм.	БАРСИЛОВ		Наименование детали			Вид заготовки			
Тех.ОГТ	КОЧЕТКОВ		004.1430004			КРЧГ			
Н.контр.									
Наименование и марка материала									
0200 K100 KOCI 250-88									
Размеры заготовки		Код матер.	Масса детали	Масса заготовки	Литера				
100x250		031000000	11.0	15.107	9				
Код. деталей	Ев	Ен	Норма расхода	Ким	Цех	Уч.	Рм.	Освоение указания	
	3	3		0002	3	3	3	заготовки на 1	
Максимальная длина детали			Макс. диаметр, ширина детали						
242.0			78.0						

Т, I, Tab, Shift\_Tab-Движение | ←-Выбор | Esc-Отмена | Alt\_X-Выход в монитор

Рис.2. Общие данные о детали

Некоторые поля шаблона уже заполнены информацией синего цвета – как правило, это постоянные данные, общие для всех

технологических процессов, принятые по умолчанию и установленные в разделе базы данных «Анкета предприятия».

### ***5.1.1 Правила ввода информации в шаблон***

При вводе информации в шаблон Вам необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Если текущее поле шаблона не содержит данных по умолчанию, Вы можете:

а) набрать информацию с клавиатуры и ввести ее в систему, нажав клавишу [Enter] ([ВВОД]) или [Tab].

б) отказаться от ввода информации в поле, нажав одну из клавиш: или [Esc], или [Enter] ([ВВОД]), или [Tab], или [↑] <вверх> и [↓] <вниз>

2. Если текущее поле содержит информацию, принятую по умолчанию, Вы можете:

а) изменить данные с клавиатуры и ввести их в систему, нажав клавишу [Enter] ([ВВОД]) или [Tab].

б) согласиться с информацией в поле, нажав одну из клавиш: – [Esc], или [Enter] ([ВВОД]) или [Tab], или [↑] <вверх> и [↓] <вниз>.

При вводе информации в шаблон Вам необходимо руководствоваться правилами, изложенными в инструкции по заполнению полей шаблона.

### ***5.1.2 Инструкция по заполнению полей шаблона***

Ниже приводится инструкция по заполнению полей шаблона «Общие данные о детали».

Примечание. При заполнении любого поля шаблона, нажав клавишу [F2], Вы получите справку о вводимой в поле информации.

В поле «Разраб.» введите Вашу фамилию.

В поле «Провер.» введите фамилию лица, проверяющего технологический процесс.

В поле «Утв.» введите фамилию лица, утверждающего технологический процесс.

В поле «М.эксп.» введите фамилию лица, ответственного за метрологический контроль технологического процесса.

В поле «Н.контр.» должна быть фамилия лица, ответственного за нормоконтроль.

В поле «Дата» введите текущую дату в виде ДД. ММ. ГГ. (25.04.07).

В поле «Обозначение детали» введите обозначение изделия по основному конструкторскому документу.

Для заполнения полей «Вид материала», «Вид заготовки» и «Наименование и марка материала» нажмите клавишу [F5]. Введите данные в эти поля шаблона, руководствуясь правилами, изложенными в п. 5.1.3.

В поле «Размеры заготовки» введите информацию в виде ответов на запросы системы.

В зависимости от выбранного Вами вида заготовки система будет запрашивать у Вас с экрана размеры исходной заготовки. Введите с клавиатуры ответы на запросы системы, используя клавиши [Tab], [Enter] ( [ВВОД]), [↑] <вверх> и [↓] <вниз>. Введенная Вами информация перейдет в поле «Размеры заготовки». Курсор переместится в следующее поле.

Поле «Код материала» содержит код материала по классификатору, принятому у Вас на предприятии. Это поле заполняется автоматически по мере наполнения информацией

полей шаблона «Наименование и марка материала» и «Размеры заготовки».

Если классификатора кодов материалов на Вашем предприятии нет, Вы можете использовать общесоюзные коды материалов из типовой базы данных.

В поле «Масса детали» введите массу детали по конструкторскому документу. Используйте после десятичной точки не более трех цифр.

В поле «Масса заготовки» при нажатии клавиши [Enter] ([ВВОД]) система введет вес заготовки, рассчитанный автоматизированным способом. Разумеется, для расчета веса заготовки необходимо ввести ее размеры в соответствующее поле шаблона. Клавишей «пробел» Вы можете удалить значение введенного системой веса заготовки.

В поле «Литера» введите литеру, присвоенную документу (комплекту документов) согласно ГОСТ 3.1102-81. В данном случае букву «У», обозначающую учебный комплект.

В поле «Количество деталей» введите количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки.

В поле «Ев.» введите код единицы величины (массы, длины и т.п.) детали, заготовки. Используйте не более трех символов.

В поле «Ен.» введите единицу нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени. Используйте не более пяти цифр.

Если Вы не считаете нужным вводить единицу нормирования, откажитесь от ввода данных в это поле.

В поле «Норма расхода» введите норму расхода материала или откажитесь от ввода информации.

В поле «Ким» система введет коэффициент использования материалов, рассчитанный автоматизированным способом при нажатии клавиши [Enter] ([ВВОД]). Клавишей «пробел» Вы можете удалить значение рассчитанного системой коэффициента.



В поле «Цех» введите номер (код) цеха, где изготавливается изделие согласно расцеховки.

В поле «Уч.» введите номер (код) участка цеха, где изготавливается изделие. Если информация в этом поле не нужна, откажитесь от ввода.

В поле «Рм.» введите номер (код) рабочего места, на котором изготавливается изделие, или откажитесь от ввода информации.

Поле «Особые указания» имеет четыре строки. Если считаете необходимым, введите в это поле особые указания.

В поле «Максимальная длина детали» введите максимальную (габаритную) длину детали по основному конструкторскому документу.

Не рекомендуется отказываться от ввода информации в это поле – она необходима для выбора оборудования автоматизированным способом.

В поле «Максимальный диаметр, ширина детали» введите максимальные (габаритные) диаметр или ширину детали по основному конструкторскому документу.

Эта информация также необходима для автоматизированного выбора оборудования в системе.

### ***5.1.3 Автоматизированный выбор заготовки***

Поскольку вид и размеры заготовки, вид, код и марка материала изготавливаемой детали взаимосвязаны и взаимозависимы, в системе осуществляется их комплексный выбор автоматизированным способом и из «меню».

В каком бы поле шаблона «Общие данные о детали» ни находился курсор, при нажатии Вами клавиши [F5] система выведет на экран окно «Автоматизированный выбор заготовки».

В этом окне Вы сможете последовательно выбрать и ввести в шаблон и в систему:

- код вида материала;
- код вида заготовки;
- код марки материала.

Коды вводятся в соответствующие поля окна по следующим правилам.

1. Если в поле информация отсутствует, Вы можете:

а) набрать код с клавиатуры и ввести ее в систему, нажав клавишу [Enter] ([ВВОД]) или [Tab];

б) выбрать код из «меню», предлагаемого системой при нажатии Вами клавиши [Enter] ([ВВОД]);

в) отказаться от ввода информации в поле, нажав одну из клавиш - или [Tab], или [↑] <вверх> и [↓] <вниз>.

2. Если текущее поле окна содержит информацию, Вы можете:

а) изменить данные с клавиатуры и ввести их в систему, нажав клавишу [Enter] ([ВВОД]) или [Tab];

б) стереть код клавишей «пробел» и выбрать другой код из «меню», предлагаемого системой при нажатии клавиши [Enter] ([ВВОД]);

в) подтвердить код в поле, нажав одну из клавиш - или [Enter] ([ВВОД]), или [Tab], или [↑] <вверх> и [↓] <вниз>.

При нажатии Вами клавиши [Esc] курсор вернется в шаблон «Общие данные о детали».

Для каждого поля окна «Автоматизированный выбор заготовки» система формирует «меню», соответствующее введенной в предыдущее поле информации.

После заполнения поля «Код марки материала» на экране появится окно с наименованием и маркой выбранного материала и «меню» размеров заготовки (сортамент материала), которых может быть несколько (рис.3).

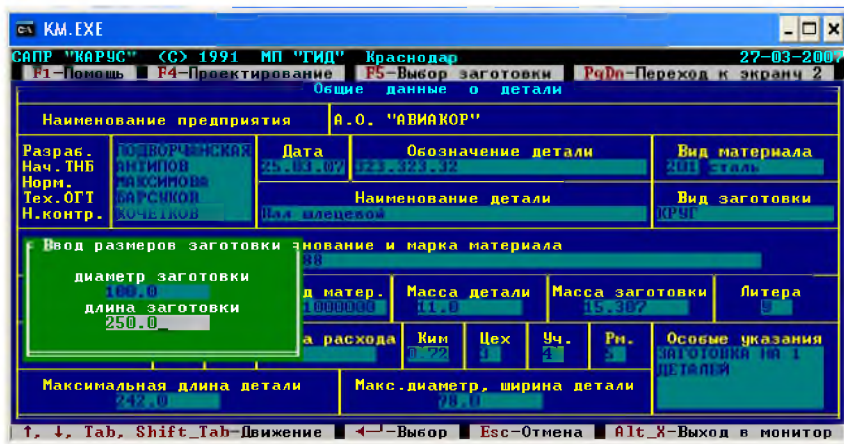


Рис.3. Вид дополнительного окна

Ввести в систему размер заготовки (сортамент материала) Вы можете одним из следующих способов:

- а) выбрать курсором размер из «меню» и нажать клавишу [Enter] ([ВВОД]);
- б) установив курсор на строке «меню» «ВВОД С КЛАВИАТУРЫ» и нажав клавишу [Enter] ([ВВОД]), набрать нужный Вам размер с клавиатуры и опять нажать клавишу [Enter] ([ВВОД]).

Как уже говорилось, «меню» для выбора размеров заготовки (сортамента материала) может быть несколько в зависимости от количества размеров. «Меню» сменяют друг друга на экране по мере выбора Вами размеров заготовки.

По окончании выбора размеров заготовки (сортамента материала) курсор возвращается в шаблон «Общие данные о детали».

При этом система заполнит введенной Вами информацией следующие поля шаблона:

-«Вид материала»,

-«Вид заготовки»,  
-«Наименование и марка материала»,  
-«Код материала»  
и частично поле «Размеры заготовки».

## ***5.2 Используемые служебные и функциональные клавиши***

На нижней панели экрана содержатся сведения о служебных клавишах, с помощью которых курсор передвигается по полям шаблонов ввода общих данных о детали и технологическом процессе.

[↑] [↓] – вертикальное движение курсора по полям шаблона.

[Tab] – движение курсора по полям шаблона слева направо и сверху вниз.

[Shift\_Tab] - движение курсора по полям шаблона справа налево и снизу вверх.

[ESC] – отмена «меню».

[Enter] – ввод данных в поле шаблона.

[ALT\_X] – выход в «монитор» системы.

С помощью перечисленных служебных клавиш Вы можете передвигать курсор по полям шаблона и вносить в них необходимые данные либо изменять значения полей, установленные по умолчанию.

Верхняя панель экрана содержит сведения о функциональных и служебных клавишах, используемых в процессе ввода общих данных о детали.

[F1] – Помощь системы пользователю в работе.

[F2] – Справка о характере информации, вводимой в конкретное поле шаблона.

[F3] – Сохранить информацию об общих данных в файлах проектирования (см. п. 14.1). Используется в том случае, если

проектирование технологического процесса вынуждено обрывается на стадии ввода общих данных.

[F4] – Проектирование операций. Переход к выбору операций.

[F5] – Выбор заготовки. Работа в окне «Автоматизированный выбор заготовки».

[PgDn] – Смена таблицы. Переход в следующий шаблон ввода общих данных о технологическом процессе.

[Ctrl\_F2] – Вывод меню слайдов к технологическому процессу (Правила подключения смотрите в инструкции к модулю «СЛАЙД»).

### 5.3 Шаблон «Данные для проектирования технологического процесса»

При необходимости, нажав клавишу [PgDn], Вы перейдете к вводу данных о технологическом процессе в шаблон 2, выводимый на экран под именем «Данные для проектирования технологического процесса» (рис.4).

КМ.EXE  
САПР "КАРЧС" ©(С) 1991 МП "ТИД" Краснодар 27-03-2007  
F1 - Помощь F4 - Проектирование PgDn - Переход к экрану 1

Данные для проектирования технологического процесса			
Термообработка Твердость НВ от [ ] до [ ]	Термообработка Твердость НРС от 12.0 до 15.0	Объем партии [ ]	Поправочный коэф. норм. [ ]
Регистрац. N комплекта документов 326.01101.00003	Регистрац. N ведомости тех. док. [ ]	Регистрац. N ведомости тех. док. [ ]	Регистрац. N ведомости тех. док. [ ]
Регистрац. N маршрутной карты 214.01	Регистрац. N операционной карты 3004	Регистрац. N карты контроля 146.00035.2277	Регистрац. N карты контроля 146.00035.2277
Регистрац. N ведомости оснастки 30003	Регистрац. N карты эскизов 35555	Регистрац. N карты слесарных работ 142.00011.2255	Регистрац. N карты слесарных работ 142.00011.2255

F, ↓, Tab, Shift Tab - Движение ← - Выбор Esc - Отмена Alt\_X - Выход в монитор

Рис.4. Данные для проектирования технологического процесса

Информацию в шаблон вводите по правилам, изложенным в п. 5.1.1.

### ***5.3.1 Инструкция по заполнению полей шаблона***

Первоначальное положение курсора – на поле «Твердость».

Твердость материала заготовки – берется из материала (если имеется у выбранного материала);

Твердость после термообработки (исп. Только в САПР ТП термообработки для расчета режимов) – вводится с клавиатуры.

#### ***5.3.1.1 Твердость материала заготовки***

Твердость берется из выбранного материала (если она имеется).

Нажатием на «Ввод» вид твердости последовательно меняется: HB, HRC, HV.

Вводимые значения присваиваются кодам понятий:

«вид твердости материала заготовки»: 140,

значения: 1 - HB, 2 - HRC, 3 - HV.

Значения твердости:

«от» (минимальное или единственное) – 141, размерность 999.9

«до» (максимальное) - 142, размерность 999.9.

#### ***5.3.1.2 Твердость после термообработки (используется в САПР ТП ТО)***

Нажатием на «Ввод» вид твердости последовательно меняется: HB, HRC, HV.

Вводимые значения присваиваются кодам понятий соответственно:

«вид твердости после термообработки»: 160,

значения: 1 -HB, 2 - HRC, 3 - HV.

Значения твердости:

«от» (минимальное или единственное) – 161, размерность 999.9

«до» (максимальное) - 162, размерность 999.9.

Ввод значений возможен в поле «от» (минимальное или единственное) или в поля «от» и «до» (максимальное).

В поле «Объем партии» введите количество деталей в партии или откажитесь от ввода информации.

В поле «Поправочный коэфф. норм.» введите поправочный коэффициент нормирования, на величину которого будут умножаться в системе нормы времени, рассчитываемые автоматизированным способом. Вы можете отказаться от ввода информации в это поле.

В поля с регистрационными номерами при начале проектирования нового ТП записывается информация из раздела БД «Анкета предприятия». Вы можете изменить их. Учтите, что для регистрации номера операционных карт увеличиваются на единицу для последующих операций.

Если информация не нужна, откажитесь от ввода ее в поля шаблона с именем «Регистрац. ...».

На верхней панели экрана дана информация о клавишах:

[PgUp] – Смена таблицы. Возврат в первый шаблон.

После ввода в шаблоны необходимых общих данных о детали и технологическом процессе, нажав клавишу [F4], Вы перейдете к следующему этапу проектирования техпроцесса – выбору операций и формированию маршрута обработки деталей.

## 6. ФОРМИРОВАНИЕ МАРШРУТА И ОПЕРАЦИЙ

Система выведет на экран два окна: верхнюю и нижнюю панели с информацией о клавишах управления.

В верхнем окне размещается «Меню видов операций», в нижнем окне – «Выбранные операции» (рис.5).

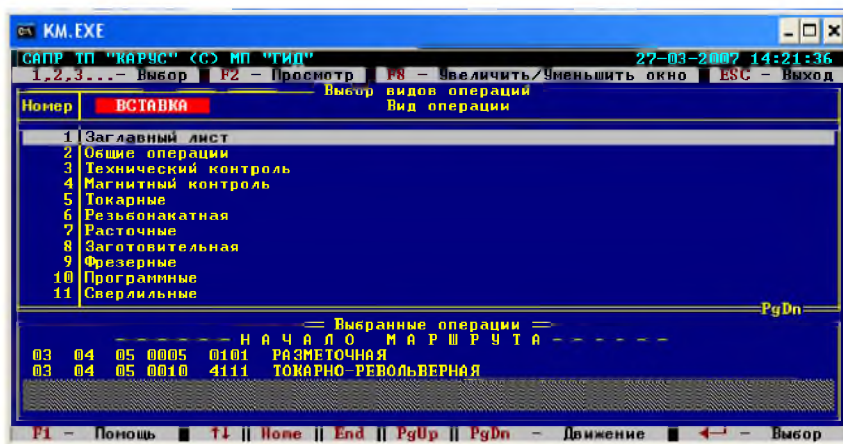


Рис.5.Выбор видов операций

### 6.1 Выбор операций технологического процесса

Начните формирование маршрута и операций из верхнего окна экрана, в котором первоначально находится «Меню видов операций». Курсором укажите строку из «меню» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]).

В это же окно система выведет «Меню операций», соответствующее выбранному виду операций. Отметьте курсором операцию из «Меню операций» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]).



Система поместит выбранную Вами операцию в нижнее окно экрана, в которое последовательно заносятся все операции маршрута.

Выбор операций можно производить не только курсором, но и с клавиатуры – набирая номер вида операции из «Меню видов операций» и номер операции из «Меню операций». Выбор подтверждается нажатием клавиши [Enter] ([ВВОД]).

В системе возможен выбор операций непосредственно из «Меню видов операций». Такие операции отмечены в «меню» двумя символами «\*» перед их наименованиями.

На нижней панели экрана дана информация о функциональных клавишах, управляющих движением курсора.

[↑] [↓] – движение курсора в окне по вертикали;

[Home] – установка курсора в первой позиции в окне;

[End] – установка курсора в последней позиции в окне;

[PgDn] – листание страниц в окне вперед;

[PgUp] – листание страниц в окне назад;

[F1] – помощь системы пользователю в работе;

[Enter] – выбор позиции в окне.

На верхней панели экрана дана информация о функциональных клавишах, с помощью которых можно осуществить формирование маршрута и операций.

1,2,3,... - Выбор видов операций по номеру в «меню».

[ESC] – Выход. Возврат в предыдущее меню или отказ от решения.

[F2] – Просмотр. Переход курсора из верхнего окна в нижнее и наоборот.

[F3] – Ввод операции с клавиатуры по ее коду.

[F8] – Увеличить/уменьшить окно. Раздвигание рамок окна, в котором находится курсор, до величины экрана и возврат в исходное положение.

## *6.2 Просмотр и редактирование операций технологического процесса.*

По окончании процесса формирования маршрута и операций Вы можете перейти к просмотру и при необходимости к редактированию выбранных решений.

Для этого клавишей [F2] переведите курсор в нижнее окно экрана, где собраны в определенной последовательности операции технологического процесса. Нажмите клавишу [F8] – система раздвинет это окно до величины экрана. Теперь Вы сможете работать в режиме просмотра и редактирования маршрута и операций.

Редактирование маршрута и операций осуществляется с помощью функциональных клавиш, информацию о которых содержит верхняя панель экрана.

[F3] – Добавить операцию в позицию маршрута, указанную курсором. При этом система предлагает выбрать операцию из «меню».

[F4] – Удалить из маршрута операцию, выделенную курсором.

[F5] – Редакция строки, указанной курсором. Завершается нажатием клавиши [Enter] ([ВВОД]).

[F6] – Замена операции, указанной курсором, на другую операцию или группу операций, которые система предлагает выбрать из «меню».

Если Вы считаете законченным этап формирования и редактирования маршрута и операций, нажмите клавишу [ESC]. Система сообщит: «Завершение выбора и редактирования операций. Вы уверены? Если «Да» - нажмите «пробел», «Нет» - другую клавишу.»

Нажав любую клавишу кроме «пробела», Вы вернетесь в режим редактирования маршрута и операций. Если Вы нажмете клавишу «пробел», и если ранее Вы установили соответствующий режим проектирования, система произведет автоматизированный выбор оборудования.

## 7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

На экране появляется диаграмма, отражающая процесс автоматизированного выбора оборудования для операций маршрута.

При затруднениях в выборе оборудования система может запросить у Вас дополнительную информацию. Наберите данные с клавиатуры и введите их клавишей [Enter] ([ВВОД]).

Для некоторых операций система будет «выбрасывать» на экран «меню» оборудования. Выберите курсором нужную Вам модель оборудования в предложенном «меню» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]).

## 8. РЕДАКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

По окончании автоматизированного выбора оборудования система выведет на экран шаблон «Редактирование операций и оборудования», в котором содержится информация о цехе, участке и рабочем месте, номере и наименовании операции, коде и модели оборудования (рис.6).

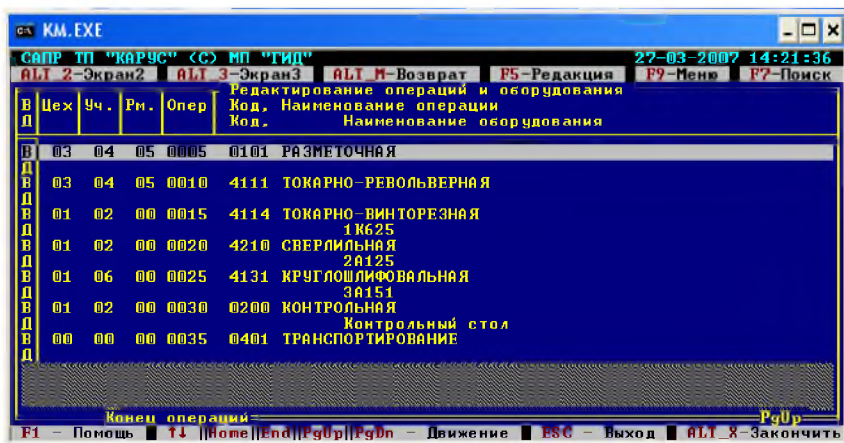


Рис.6. Редактирование операций и оборудования

В этом шаблоне Вы имеете следующие возможности для редактирования операций и оборудования в маршруте:

1. Редактировать в строке с индексом «В» поля «Цех, Уч.», «РМ», «Опер» и «Наименование операции».

Примечание: поле «Код операции» недоступен для редактирования.

При изменении наименования операции автоматически меняется и ее код в соответствующем поле шаблона.

2. Редактировать в строке с индексом «Д» поля «Код» и «Наименование оборудования». Осуществить редактирование

данных в шаблоне Вы сможете с помощью служебных и функциональных клавиш, сведения о которых содержатся на верхней и нижней панели экрана.

### ***8.1 Функциональные и служебные клавиши, управляющие редактированием.***

Нижняя панель экрана содержит информацию служебных и функциональных клавишах, управляющих движением курсора по экрану.

Верхняя панель экрана содержит информацию о служебных и функциональных клавишах, с помощью которых можно осуществлять редактирование операций и оборудования.

[ALT \_ M] – Возврат на этап просмотра и редактирования операций.

[F7] – Поиск. Автоматизированный поиск в шаблоне операций с невыбранным системой оборудованием.

[F5] – Редакция. Возможность редактировать с клавиатуры поля с номерами цеха, участка, рабочего места и наименованием операции. Нажатием клавиши [Enter] ([ВВОД]) редактирование заканчивается.

[F9] – Меню. Вызов «меню функций выбора оборудования» для строки шаблона, содержащей код и модель оборудования.

### ***8.2 Меню функций выбора оборудования***

Если Вас не устраивает выбранное автоматизированным способом оборудование, система предоставит Вам возможность принять другое решение.

Установите курсор на строку с индексом «В» с наименованием нужной Вам операции и нажмите клавишу [F9]. Или же нажмите

клавишу [F5] при установке курсора на строке с индексом «Д» нужной операции.

Система выведет на экран окно с «меню» функций выбора оборудования.

Ниже приводится перечень функций выбора оборудования с описанием их возможностей.

1. Выбор первого подходящего оборудования. Возможность выбрать автоматизированным способом первое подходящее по характеристикам оборудование в базе данных.

2. Выбор из всего оборудования в интервале. Возможность выбрать оборудование из «меню» оборудования, соответствующего операции, в интервале:

- а) участка, если не указано рабочее место;
- б) цеха, если не указан номер участка;
- в) предприятия, если не указан номер цеха.

3. Выбор из всего оборудования на участке. Возможность выбрать оборудование из перечня всего оборудования участка цеха.

4. Выбор из всего оборудования по всем цехам. Возможность выбрать оборудование из «меню» подходящего по характеристикам оборудования всех цехов.

5. Проверить оборудование. Возможность проверить автоматизированным способом соответствие параметров выбранного оборудования размерам детали.

6. Изменить цех, участок, рабочее место. Возможность изменить номера цеха, участка или рабочего места для правильного выбора оборудования.

7. Ввод оборудования с клавиатуры. Возможность ввести или изменить код и модель оборудования с клавиатуры.

Для редактирования оборудования выберите курсором нужную Вами функцию и клавишей [Enter] ([ВВОД]) приведите ее в действие.

При выборе Вами функций №№ 2,3,4 система предложит Вам «меню» соответствующего оборудования. Укажите курсором нужное Вам оборудование в «меню» и клавишей [Enter] ([ВВОД]) введите его в маршрут.

Вместе с «меню» функций выбора оборудования, на верхней панели экрана появится информация о клавишах, помощь которых понадобится при работе с функциями.

1,2,3,... - Выбор по номеру. Вызывается нужная функция выбора оборудования по ее номеру в «меню».

[Enter] – Выбор. Приводится в действие выбранная функция.

Если Вы уверены, что отредактировали операции и оборудование, нажмите клавишу [ESC]. На экране появится сообщение:

«Завершение выбора и редактирования операций и оборудования. Вы уверены? Если «Да» - нажмите «пробел», «Нет» - другую клавишу».

Ответив «Нет», Вы возобновите этап редактирования. При ответе «Да» система осуществит переход к следующему этапу проектирования – формированию переходов к операциям.



## 9. ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ

Для выбора переходов система выведет на экран два окна – верхнее и нижнее. В верхнем окне размещается «Меню переходов для операции...», а в нижнем окне – «Выбранные переходы» (рис.7).

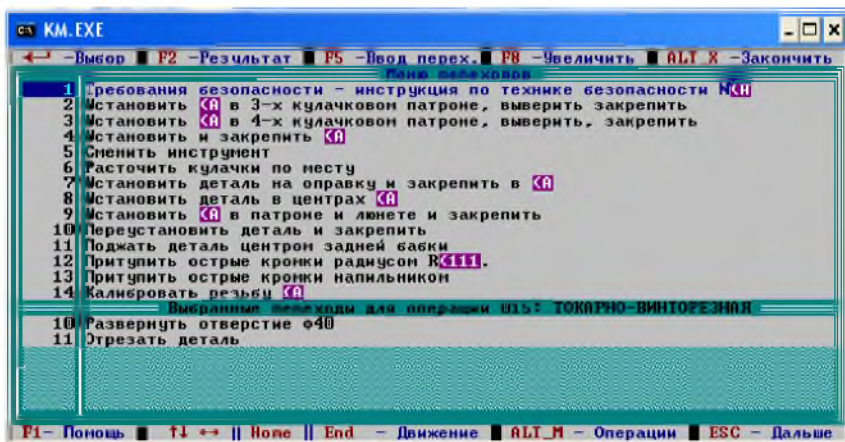


Рис.7. Формирование переходов

### 9.1 Выбор переходов для операций

Процесс формирования переходов состоит в выборе переходов из «меню», содержащегося в верхнем окне, и накоплении их в нижнем окне.

Работу Вы сможете осуществить с помощью служебных и функциональных клавиш, информация о которых содержится на верхней и нижней панелях экрана.

Верхняя панель содержит информацию о служебных и функциональных клавишах, управляющих процессом выбора переходов операции.

[Enter] – Выбор. Ввод выбранного перехода из «меню» в нижнее окно.

[F2] – Результат. Перемещение курсора из верхнего окна в нижнее и наоборот.

[F5] – Ввод перехода с клавиатуры. Используется в том случае, если в «меню» нет нужного перехода. При нажатии клавиши на экран выйдет окно, в котором Вы можете набрать текст перехода с клавиатуры. Клавишей [Enter] ([ВВОД]) введите переход в операцию.

[F8] – Увеличить. Увеличение верхнего или нижнего окна до размеров экрана и возврат к их исходному состоянию.

[Ins] – Выделение цветом или отмена выделения текущего перехода.

[+]<плюс> - Выделение цветом всех переходов в «меню» для дальнейшего группового выбора (См. Shift\_F3).

[-]<минус> - Отмена выделения для всех переходов в «меню».

[Shift\_F2] – Выбор выделенных цветом переходов, содержащихся во всех уровнях вложенности МАКРО, на который указывает курсор в «Меню переходов».

[Shift\_F3] – Выбор выделенных цветом переходов из текущего «меню», а также из всех уровней вложенности МАКРО-перехода, выделенного цветом в текущем «меню».

[Shift\_F4] – Выбор выделенных цветом переходов из текущего «меню». При этом переходы, содержащиеся в МАКРО, в выборе не участвуют.

[Esc] – Окончание выбора переходов для данной операции.

[Alt\_F9] – Выбор режима конкретизации.

[Alt\_M] – Возврат в окно «Просмотр и редактирование операций» для изменения маршрута обработки детали.

[Alt\_X] – Закончить. Выход из подсистемы «Проектирование технологии».

[Ctrl\_F2] – Вывод меню слайдов к технологическому процессу (Правила подключения смотрите в инструкции к модулю «СЛАЙД»).

Нижняя панель содержит информацию о служебных клавишах, управляющих перемещением курсора в окнах. Описание этих клавиш есть в разделе «Формирование маршрута и операций».

### *9.1.1 Работа с МАКРО-переходами*

Под «МАКРО-переходом» следует понимать поименованную группу переходов, объединенных по их технологическому назначению.

МАКРО-переходы, входя в состав «меню» переходов, позволяют формировать многоуровневое «меню». Система предоставляет возможность создавать до пяти уровней «меню» переходов с использованием МАКРО.

Наименования МАКРО-переходов выделены красным цветом в «Меню переходов», предлагаемых системой для выбора переходов к операциям.

Укажите курсором нужный Вам МАКРО-переход в «меню» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]). Система выведет на экран содержание МАКРО-перехода – «меню» переходов, которое также может иметь наименования МАКРО. Нужный Вам переход выбирается курсором и клавишей [Enter] ([ВВОД]) заносится в окно «Выбранные переходы».

Примечание: Переходы, содержащиеся в МАКРО, первоначально (по умолчанию) выделены цветом, то есть они готовы для группового занесения их в окно «Выбранные переходы». Используя служебные клавиши, Вы можете отменить выделение отдельных или всех содержащихся в МАКРО переходов.

В выборе переходов, содержащихся в МАКРО, Вам помогут служебные и функциональные клавиши, использование которых описано ниже.

[Ins] – Выделение цветом или отмена выделения текущего перехода МАКРО.

[+]<плюс> - Выделение цветом всех переходов текущего уровня МАКРО для дальнейшего группового выбора.

[-]<минус> - Отмена выделения для всех переходов МАКРО текущего уровня.

[Shift\_F2] – Выбор выделенных переходов, содержащихся в МАКРО, на который указывает курсор в «Меню переходов». При этом выбираются и заносятся в окно «Выбранные переходы» выделенные переходы из МАКРО всех уровней вложенности.

[Shift\_F3] – Выбор выделенных переходов, содержащихся в МАКРО текущего уровня, а также выделенных переходов из МАКРО более низкого уровня.

[Shift\_F4] – Выбор выделенных переходов, содержащихся в МАКРО текущего уровня. При этом переходы МАКРО более низкого уровня в выборе не участвуют.

[Esc] – Возврат в «меню» предыдущего уровня.

### ***9.1.2 Выделение в операции «СУБОПЕРАЦИИ»***

САПР ТП «КАРУС» версии 2.06 и выше позволяет рассчитывать режимы резания и нормирование основного времени для многоинструментальных одношпиндельных станков параллельного действия – одношпиндельных многорезцовых токарных станков, фрезерных станков (обработка набором фрез), сверлильных станков с одной многошпиндельной головкой и другим подобными им.

Для проектирования технологических процессов многоинструментальной обработки в САПР ТП «КАРУС» необходимо учесть следующие особенности системы:

Для обработки каждой поверхности вводится условно переход с текстом, инструментом, режимами резания (если у Вас версия с модулем PPP) и нормами времени. Переходы, выполняющиеся одновременно, включаются в часть операции, называемую «СУБОПЕРАЦИЕЙ».

Выделение диапазона переходов, входящих в «СУБОПЕРАЦИЮ», выполняется нажатием комбинации клавиш:

[Ctrl\_Home] – начало «СУБОПЕРАЦИИ»;

[Ctrl\_End] – конец «СУБОПЕРАЦИИ».

При нажатии комбинации клавиш после строки, на которой установлен курсор вставляются строки:

```
.....НАЧАЛО СУБОПЕРАЦИИ.....  
или  
.....КОНЕЦ СУБОПЕРАЦИИ.....
```

Переходы, находящиеся после элемента операции «НАЧАЛО СУБОПЕРАЦИИ» и до элемента «КОНЕЦ СУБОПЕРАЦИИ» или «НАЧАЛО СУБОПЕРАЦИИ» (следующая) или до конца операции, выполняются одновременно (параллельно).

### *9.1 Просмотр и редактирование переходов*

Если Вы решили, что предварительный выбор переходов для текущей операции завершен, переведите курсор клавишей [F2] в нижнее окно «Выбранные переходы».

В этом окне Вы сможете просматривать, добавлять, заменять, убирать переходы, редактировать их тексты, производить конкретизацию переменных компонентов в тестах переходов (проставлять значения кодов понятий), при необходимости изменять порядок следования переходов друг за другом.

Редактировать переходы Вы сможете с помощью функциональных клавишей, информация о которых содержится на верхней панели экрана.

### *9.2.1 Функциональные клавиши, управляющие редактированием*

Ниже описаны возможности, предоставляемые использованием функциональных клавишей для редактирования переходов в операциях.

[F2] – Меню. Перевод курсора в окно «Меню переходов».

[F8] – Увеличить. Изменение размеров окна «Выбранные переходы» до размеров экрана и возвращение к исходному виду экрана.

[Alt\_F9] – Режим. Выбор режима конкретизации переходов.

[F9] – Конкретизация. Подстановка в тексты переходов значений кодов понятий и специальных символов. Подробная инструкция о конкретизации переходов содержится в п. 9.2.2 инструкции.

[F10] – Панель 2. Продолжение информации о функциональных клавишах.

[F3] – Вставка нового перехода в указанное курсором место. При нажатии клавиши [F3]

Клавишей [Enter] ([ВВОД]) – вставка выбранного из «меню» перехода в операцию после указанного курсором перехода.

Клавишей [ESC] – отказ от вставки.

Примечание: Если курсор указывает на первый по порядку переход, на экране появится запрос системы: «Вы хотите вставить переход в начало? Если «Да» - «пробел», «Нет» - другую клавишу.» При ответе «Да» переход поместится первым в операции, если «Нет» - вторым.

[F4] – Удалить отмеченный курсором переход.

[F5] – Редактирование указанного курсором перехода. При нажатии клавиши [F5] система выведет на экран окно с текстом редактируемого перехода в нем. Отредактируйте текст с клавиатуры. Нажатие клавиши [Enter] ([ВВОД]) завершает редакцию.

[F6] – Замена перехода, указанного курсором, на какой-либо другой. При нажатии клавиши [F6] курсор переместится в окно «Меню переходов...». Выбранный Вами из «меню» переход клавишей [Enter] ([ВВОД]) переносится на место заменяемого перехода.

[F7] – Перенос перехода, указанного курсором, в другую позицию. При нажатии клавиши [F7] в верхней части экрана появятся мерцающие слова: «Перенос перехода». Замигает также номер переносимого перехода. Укажите курсором позицию, в которую хотите перенести переход. При этом указанный курсором переход сдвинется в указанное место.

### *9.2.2 Конкретизация переходов*

В текстах переходов содержатся переменные компоненты, обозначенные специальными символами и кодами понятий. Конкретизация переходов заключается в подстановке на место переменных компонентов их конкретных значений,

соответствующих размерным, количественным и точностным характеристикам обрабатываемой в конкретизируемом переходе поверхности.

Установка режима конкретизации. Перед конкретизацией переходов установите режим конкретизации. Для этого нажмите клавиши [Alt\_F9]. Система поместит на экран перечень режимов:

«Все неконкретизированные переходы по порядку»;

«В произвольном порядке по выбору курсором».

Если вы выберете первый режим, система будет конкретизировать все по порядку переходы, начиная с первого в операции. Выбрав второй режим, вы будете иметь возможность указывать системе очередной переход для конкретизации в произвольном порядке.

По умолчанию в системе установлен режим «Все неконкретизированные переходы по порядку».

#### Начало конкретизации перехода.

Укажите курсором переход, выбранный для конкретизации, и нажмите клавишу [F9]. На экране появится окно «Автоматизированная конкретизация перехода» (рис.8).

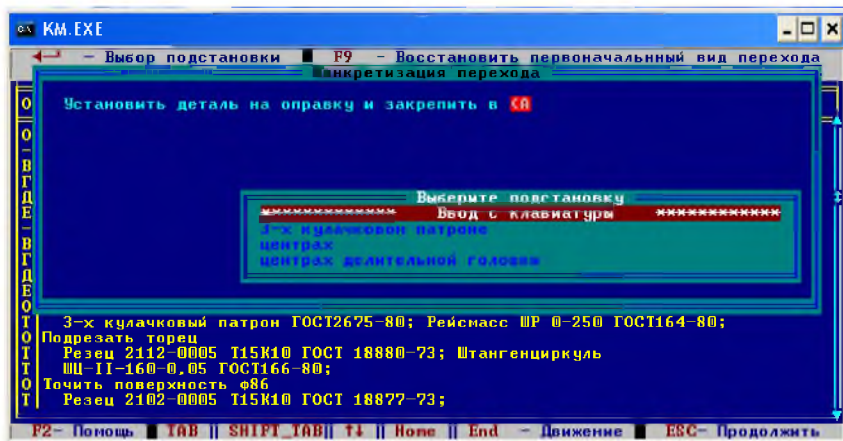


Рис.8. Конкретизация перехода



Конкретизацию перехода Вы сможете сделать с помощью служебных и функциональных клавиш, информация о которых содержится на верхней панели экрана.

[Enter] – Выбор подстановки. Введение значений кодов понятия в текст перехода.

[F9] – Восстановить первоначальный вид перехода.

Конкретизация символа переменной информации. В верхней части окна размещается текст перехода. В тексте выделены цветом комбинации специальных символов, мигающие по очереди в порядке их конкретизации.

В первую очередь требуют конкретизации символы переменной информации «(А», если они есть в тексте перехода. При этом в средней части окна под заголовком «Выберите подстановку» появятся строки с подсказывающей информацией.

Выберите курсором необходимую подсказывающую информацию и нажатием клавиши [Enter] ([ВВОД]) введите ее в текст перехода на место символов «(А».

Если предлагаемая системой подсказывающая информация Вас не устраивает, отметьте курсором строку «Ввод с клавиатуры» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]). Далее введите нужную информацию с клавиатуры и еще раз нажмите [Enter] ([ВВОД]). Система занесет ее в текст перехода на место символов «(А».

Вы можете отказаться от ввода в переход переменной информации. Для этого поместите курсор в строку «Ввод с клавиатуры» и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]) два раза.

Конкретизация кодов понятия. После конкретизации переменной информации наступает очередь символов «(» с кодами понятий после них. Начинает мигать первый в тексте перехода символ «(» с кодом понятий.

Если Вы подключили функцию «Автоконкретизация» при настройке подсистемы «Проектирование технологий», то в средней

части окна появляется запрос системы: «Укажите номер поверхности».

Наберите на клавиатуре номер поверхности, обрабатываемой в конкретизируемом переходе, и нажмите клавишу [Enter] ([ВВОД]).

Если номер поверхности введен впервые, система начнет запрашивать значения кодов понятий, задействованных в тексте перехода. При этом символы «(» с кодами понятий в тексте перехода будут поочередно мигать. Это могут быть запросы о количестве одинаковых поверхностей, о размерных и точностных характеристиках поверхности, припусках и др.

Наберите ответы на клавиатуре и клавишей [Enter] ([ВВОД]) поочередно введите значения кодов понятий в текст переходов.

Имейте в виду, что значения размерных характеристик поверхностей вводятся в систему в одном из следующих форматов:

- 99;

- 99XX99, где символы XX – это буквенные обозначения квалитетов (например, 34H7.)

Если Вы введете значения размерной характеристики с обозначением квалитета, система не станет запрашивать отклонение размера: они автоматически занесутся в текст перехода.

Если Вы выберите первый формат ввода значения размерной характеристики, то для некоторых из них система будет запрашивать отклонения. Введите их значения в мм со знаками «+» или «-», имея в виду, что они вводятся в систему в формате +9.9999 или -9.9999.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** В тексте перехода может содержаться после символа «(» код понятия (например, «1000»), идентифицирующий номер (обозначение) обрабатываемой поверхности. Если Вы подключили функцию проектирования «Автоконкретизация», то при конкретизации перехода система занесет введенный Вами номер (обозначение) обрабатываемой поверхности в текст перехода. Такая возможность может Вам полезной, если поверхности на чертеже обозначены символами. Имейте в виду, что для обозначения поверхностей в системе отводится

5 символов. Код понятий, используемый в переходах как идентификатор номера (обозначения) поверхности, обязательно устанавливается в файле «Анкета предприятия» (См. «Инструкцию по формированию и ведению базы данных»).

Завершение конкретизации перехода. В процессе конкретизации текст перехода в окне примет законченный вид, то есть вместо специальных символов в тексте перехода будут стоять их значения.

При необходимости Вы можете вернуть первоначальный вид перехода в окне, нажав клавишу [F9].

Если Вас устраивает содержание перехода, нажмите клавишу [ESC]. Система сообщит: «Конкретизация перехода завершена. Записать результат? Если «ДА» - нажмите «пробел».

При ответе «ДА» конкретизированный текст перехода из окна «Автоматизированная конкретизация перехода» переместится в окно «Выбранные переходы». При ответе «НЕТ» текст перехода в окне «Выбранные переходы» останется неизменным.

Если считаете, что окончательно сформировали переходы для текущей операции, нажмите клавишу [ESC]. На экране появится запрос системы: «Закончить работу с переходами текущей операции? Если «Да» - нажмите «пробел». Ответив «ДА», Вы перейдете к формированию переходов для следующей операции. При ответе «НЕТ» Вы продолжите формирование переходов для текущей операции.

## 10. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя вариант задания.
2. Ознакомиться с описанием работы системы «КАРУС».
3. Изучить конструкцию и чертеж детали в соответствии с заданием.
4. Включить компьютер и запустить в работу систему «КАРУС».
5. Занести общую информацию о детали в соответствующие разделы технологического процесса.
6. Составить маршрут технологического процесса.
7. Расписать подробно переходы для выбранных операций.
8. Выбрать оборудование, режущий и измерительный инструмент.
9. Провести нормирование операций.
10. Отредактировать разработанный технологический процесс.
11. Показать разработанный технологический процесс преподавателю и ответить на контрольные вопросы.
12. Удалить созданный файл из базы данных и выключить компьютер.

## 11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое технологический процесс?
2. Что такое операция?
3. Что такое переход?
4. Как удалить или добавить переход?
5. Как удалить или добавить операцию?
6. Что такое маршрутная карта?
7. Как заменить выбранное оборудование для операции?
8. Что такое конкретизировать переход?
9. Для чего предназначена система «КАРУС»?
10. Какова структура системы «КАРУС»?

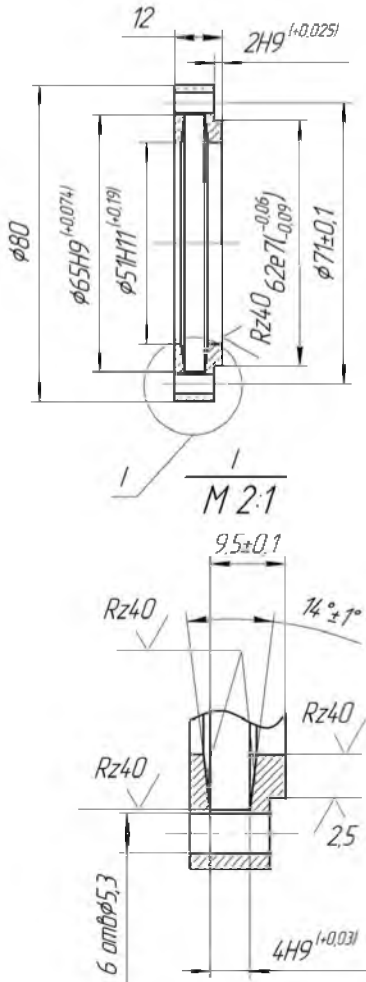
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Л.И. Зильбербург, В.И. Молочник, Е.И. Яблочников  
Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки  
производства в машиностроении. – СПб: Политехника, 2004. – 152  
с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования:  
Учеб. Для вузов. 2-е изд., перераб. И доп. – М: Изд-во МГТУ им.  
Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.

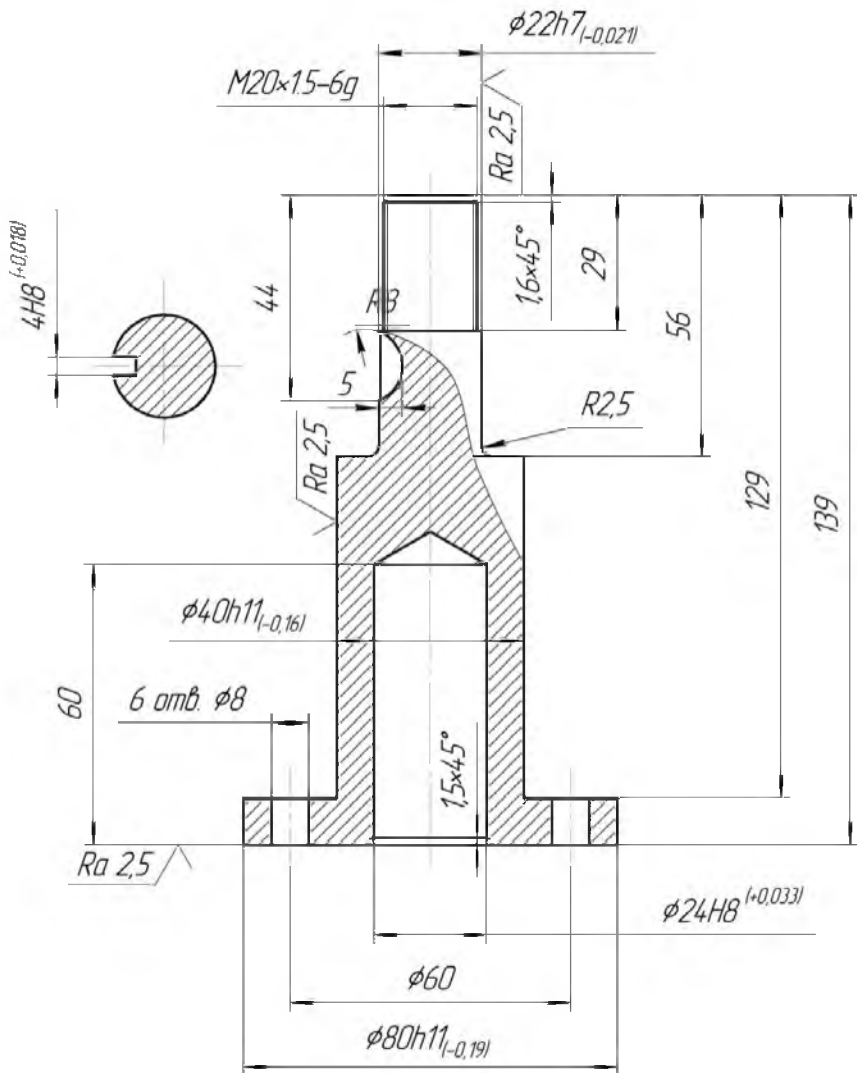
# ПРИЛОЖЕНИЕ

## Варианты заданий для автоматизированной разработки технологических процессов

### Вариант 1



Вариант 2

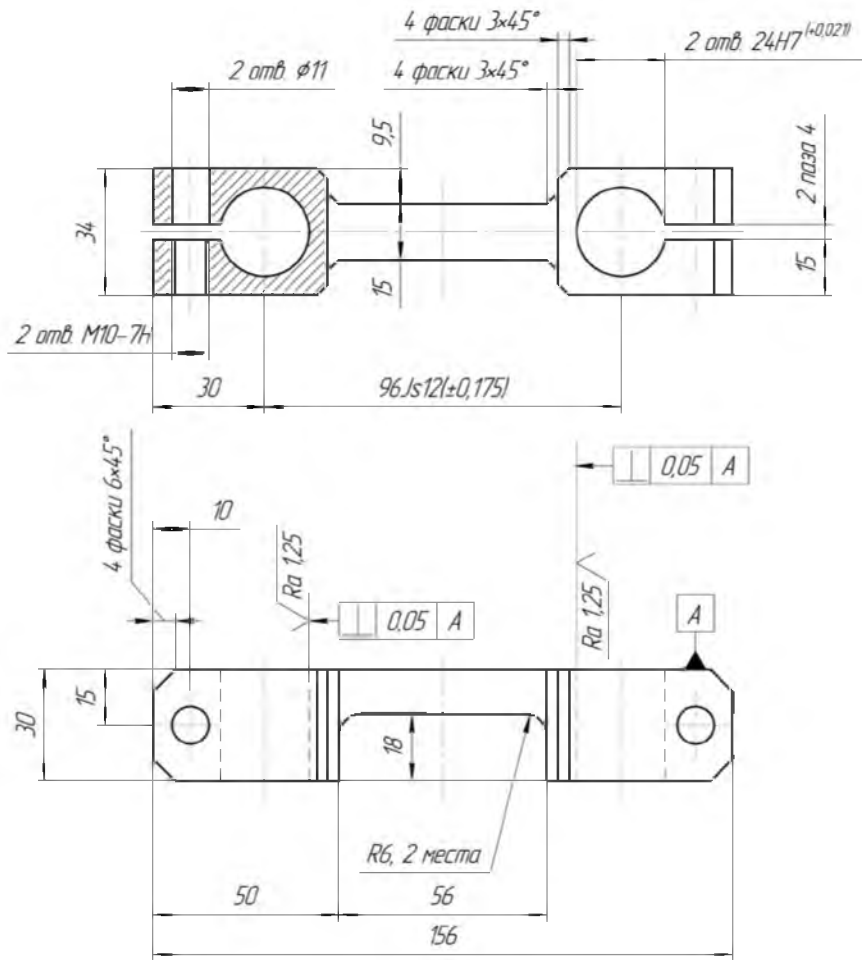






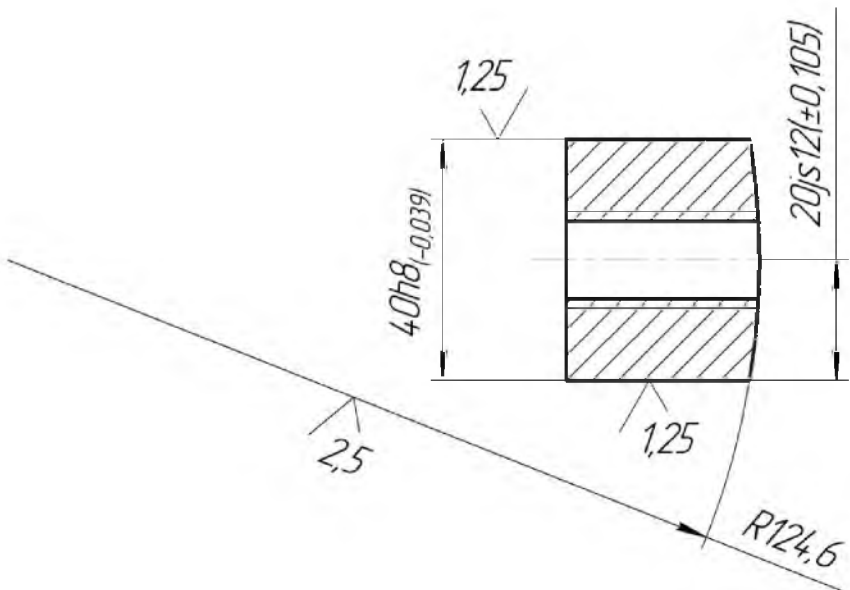
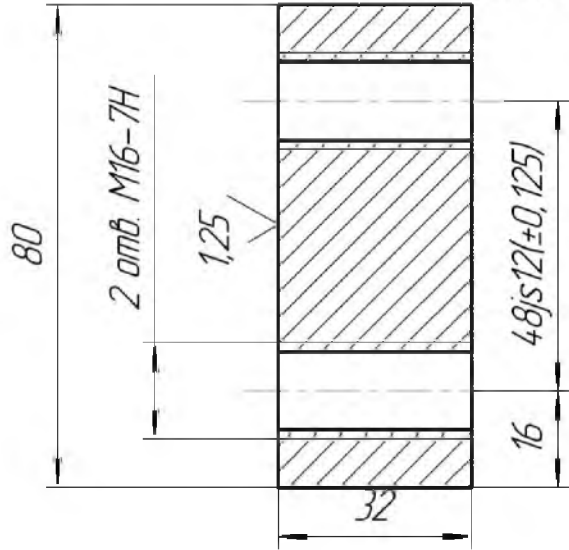


# Вариант 5

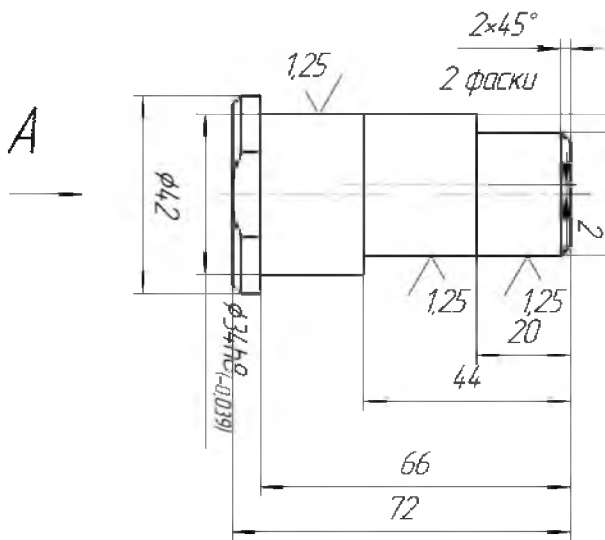




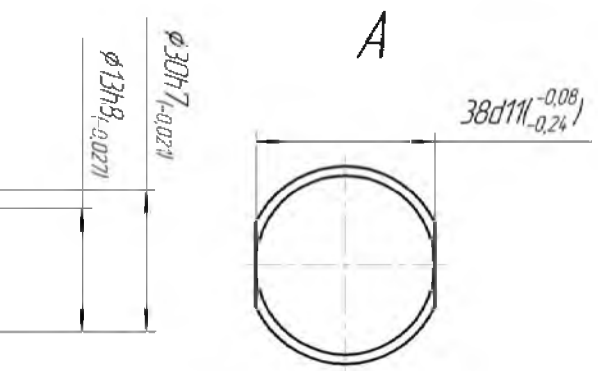
Вариант 7



51



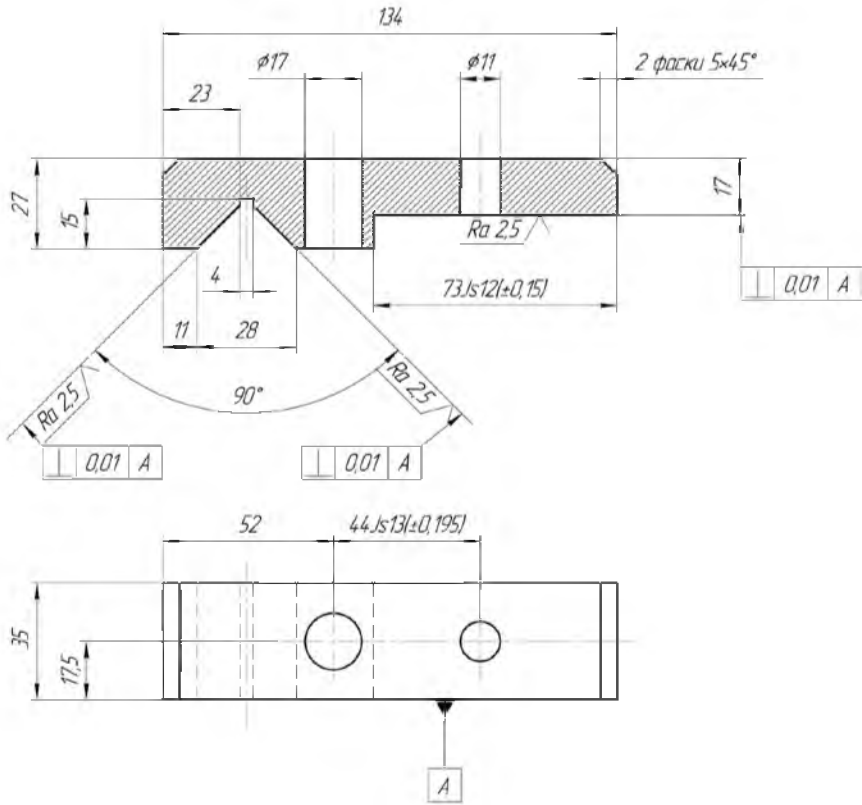
Вариант 8



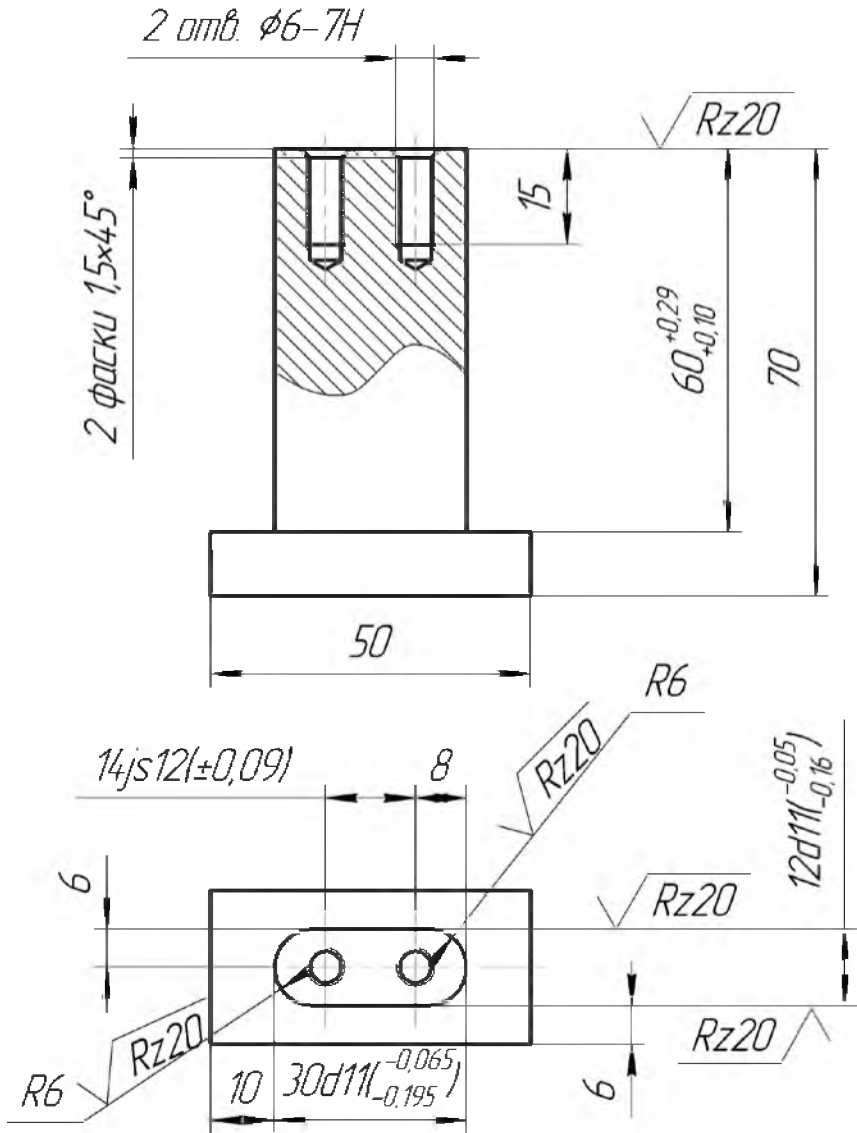




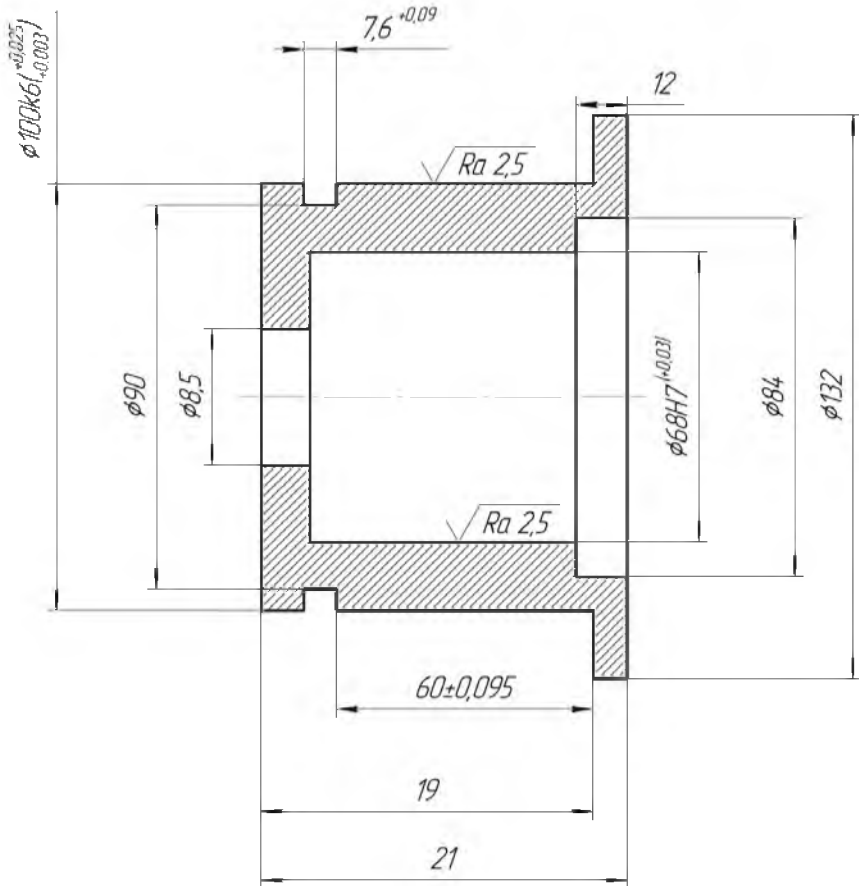
# Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12



Учебное издание

*В.И. Малкин, В.К. Моисеев, О.В. Ломовской*

**ПРИМЕНЕНИЕ САПР ТП «КАРУС»  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Методические указания к лабораторной работе

Редактор  
Компьютерная верстка  
Доверстка

Подписано в печать \_\_\_\_\_ г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,5. Усл. кр.-отт. 3,7. Печ.л. 3,9.

Тираж 50 экз. Заказ \_\_\_\_\_ . Арт.с.- \_\_\_\_\_ 2007

Самарский государственный  
аэрокосмический университет.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

---

Изд-во Самарского государственного  
аэрокосмического университета.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П. Королева

## **САПР КОМПАС-Автопроект**

Лабораторная работа

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИ-  
ЕМ БИБЛИОТЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ**

Методические указания

САМАРА 2005

Составители: О.В. Ломовской, Ю.А. Вашуков

УДК 621.002(03)

САПР КОМПАС – Автопроект Разработка технологического процесса с использованием библиотечных модулей системы. Методические указания / Самарский гос. аэрокосм ун-т. Сост. О.В. Ломовской, Ю.А. Вашуков. Самара 2005.

Кратко изложено описание САПР КОМПАС – Автопроект, отражены возможности системы, позволяющие существенно сократить трудоемкость разработки технологической документации. Приведена последовательность разработки технологических процессов с использованием типовых технологических операций и переходов.

Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по специальностям  
- «Самолетостроение и вертолетостроение», «Ракетостроение». Разработаны на кафедре производства летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензент Заббаров А.И.

<b>Оглавление</b>	
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
1 Основное меню системы	7
2 Принцип работы системы	10
3 Конструкторско-технологические спецификации	12
4 Документы	13
5 Архивные технологии	15
6 Расчет веса заготовки	17
7 Структура технологического процесса	20
8 Разработка технологического процесса	24
9 Режим формирования переходов	31
10 Вставка и просмотр эскизов операций	34
11 Формирование технологических карт в MS EXCEL	35
12 расчет режимов резания	36
13 Порядок выполнения работы	38
14 пример выполнения работы	40

## ВВЕДЕНИЕ

Применение САПР КОМПАС - Автопроект позволяет повысить производительность труда технолога, сократить сроки и трудоемкость технологической подготовки производства.

В основу работы программного комплекса положен принцип заимствования ранее принятых технологических решений. При формировании текущей технологии пользователю предоставлен удобный доступ к соответствующим архивам и библиотекам, хранящим накопленные решения.

Разработка технологических процессов (ТП) осуществляется в следующих режимах:

- Проектирование на основе техпроцесса-аналога. Автоматический выбор соответствующей технологии из архива с последующей доработкой в диалоге.
- Формирование ТП из отдельных блоков, хранящихся в библиотеке типовых технологических операций и переходов.
- Объединение отдельных операций архивных технологий.
- Автоматическая доработка типовой технологии на основе данных, переданных с параметризованного чертежа "Компас-График".
- Ввод информации о ТП в диалоговом режиме с помощью специальных процедур доступа к справочным базам данных.

В каждом конкретном случае технологу предоставлена возможность выбора оптимального сочетания режимов проектирования, взаимодополняющих друг друга.

Система не заменяет технолога, а лишь позволяет ему быстро и удобно оформить принятые им технологические решения, снимает рутинную часть работы, выполняет расчёты, систематизирует нормативно-справочную информацию, удобно сохраняет принятые технологические решения.

В САПР "Автопроект" реализован механизм, позволяющий отобразить структуру изделия, детали, взаимосвязи между оборудованием, технологической оснасткой и методами обработки. Модель технологического процесса в САПР ТП занимает центральное место.

Принципы проектирования технологических процессов в "Автопроект" универсальны и основаны на использовании часто повторяемых технологических решений, хранящихся на различных уровнях иерархии: архивы групповых, типовых технологий, библиотеки операций и переходов. С этой точки зрения САПР технологических процессов - это прежде всего система управления базами данных (СУБД). От того, как реализованы функции обработки данных, от их логических взаимосвязей зависят остальные показатели системы. Количество подключаемых новых баз данных (БД) не ограничено, а на структуру имеющихся БД не наложено никаких ограничений. Общая схема разработки ТП выглядит как процесс слияния различных технологических компонентов, типовых решений, в некоторую центральную область (теку-



щую технологию), способную принимать информацию из различных источников.

В комплект разрабатываемой документации входят: титульный лист, карта эскизов, маршрутная, маршрутно-операционная, операционная карты, карта техпроцесса, ведомость оснастки, материалов и другие документы, соответствующие ГОСТ. В образцы карт пользователи могут вносить изменения. Документы формируются в среде MS Excel на основе технологии OLE. Помимо чисто текстовых документов система позволяет автоматически сформировать карты эскизов, включающие графическую информацию, выполненную в системе “Компас-График” 5.x.

САПР “Автопроект” состоит из ядра системы и окружения прикладных задач. Основные функциональные режимы системы можно разбить на две группы: функции подсистемы проектирования и функции подсистемы управления базами данных.

Функции подсистемы проектирования:

- автоматизированное проектирование технологических процессов;
  - автоматическое формирование комплекта технологической документации (горизонтальное и вертикальное исполнение);
  - интеграция с КОМПАС-ГРАФИК 5.x и КОМПАС\_МЕНЕДЖЕР;
  - материальное и трудовое нормирование;
  - каталогизация разработанных ТП в архиве технологий;
  - возможность глобального анализа архивных технологий с передачей результатов в АСУП;
  - возможность разработки сквозного ТП и подключения новых технологических переделов;
  - оперативный просмотр графики: чертежи деталей, инструментов, эскизы операций и т.д.;
  - возможность настройки образцов технологических документов;
  - архивация текущего комплекта технологических документов в архиве карт;
  - ведение конструкторско-технологических спецификаций (КТС);
  - автоматический поиск технологий по коду или текстовому описанию детали в базе данных КТС;
  - автоматизированное формирование кода детали в соответствии ЕСКД и ТКД;
  - архивация текущего состава спецификаций в архиве изделий;
  - расчетные процедуры;
- Функции СУБД:
- организация иерархическо-реляционной связи информационных массивов;
  - возможность структурной модификации любой БД;
  - возможность подключения новых информационных массивов;
  - возможность подключения к любому табличному полю справочного массива;

- многостраничный режим доступа одновременно к нескольким базам данных;
- отображения данных: таблица-слайд, таблица-дерево, таблица-комментарий;
- процедуры многокритериального поиска в любой базе данных;
- экспорт данных из любой БД в текстовый формат или в формат файлов Excel;
- блокировка от несанкционированного доступа к защищенной базе данных;
- возможность установки различных степеней защиты данных от изменений;
- копирование, удаление, вставка записей по одной и блоками;
- сортировка, замена, просмотр, распечатка содержимого любого набора данных.
- возможность настройки содержимого блоков основного меню системы;
- возможность подключения к системе новых программ, разработанных пользователем;
- встроенный генератор отчетов;
- настройка параметров системы с помощью файла конфигурации (.ini);

## 1 ОСНОВНОЕ МЕНЮ СИСТЕМЫ

Основное меню системы расположено в верхней строке экранной формы "Автопроект" непосредственно под ее заголовком. В его состав входят следующие блоки:

- **"Системы"** - в данном блоке осуществляется выбор требуемой подсистемы автоматизированного проектирования.
- **"Базы данных"** - загрузка информационных массивов - БД в рабочее поле САПР для последующей обработки: просмотр, добавление, удаление, копирование записей.
- **"Программы"** - процедуры формирования комплекта технологической документации и пользовательские программы.
- **"Архивы"** - в данном блоке возможен доступ к архиву типовых технологий.
- **"Документы"** - вызов на просмотр документов различных форматов.
- **"Формы"** - вызов для просмотра и редактирования образцов технологических карт в формате MS Excel.

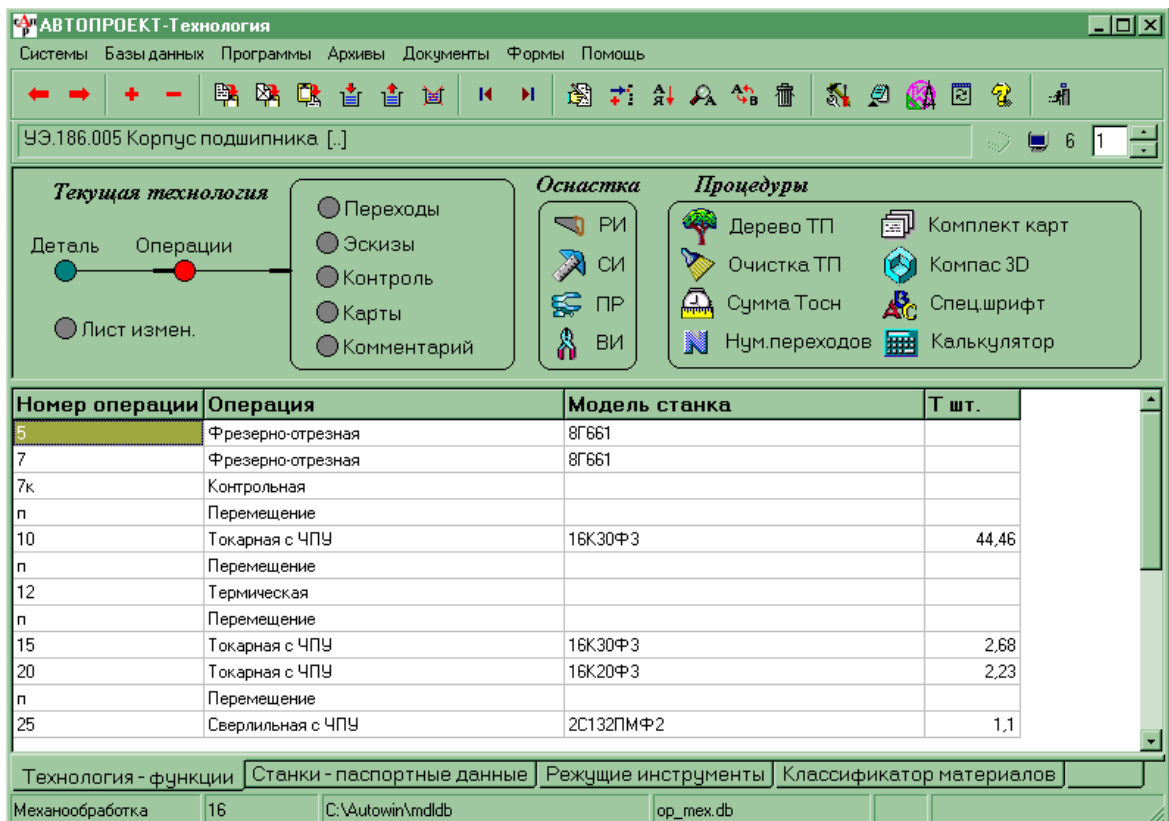


Рисунок 1. Окно системы

В каждый из блоков основного меню можно вносить изменения. В блок "Базы данных" - наименование вновь созданных информационных массивов. В блок "Программы" - новые программные модули - ехе-файлы. В блоки

"Документы" и "Формы" - обращение к любым другим технологическим документам и их образцам (см. раздел настройка основного меню).

Режимы обработки записей позволяют просматривать записи таблиц, корректировать содержимое полей, распечатывать, копировать, удалять записи по одной и блоками.

- PgUp, PgDn, - Подвод курсора (поле синего фона) к требуемой записи.
- Стрелки
- ^PgUp, ^PgDn, - Установка курсора на первую и последнюю запись.
- Home, End - Сдвиг по горизонтали, соответственно в начало и конец строки.
- Ctrl "+", "-" - Выделение всех строк желтым цветом и отмена выделения.

Количество выделенных записей выводится в левом нижнем углу экрана.

- F1 - Краткая помощь для работы с системой "Автопроект";
- F2 - Табличный режим редактирования полей записи;
- F3 - Просмотр, ввод, редактирование структуры записи;
- F4 - Редактирование и просмотр полного списка полей выбранной записи;
- F5 - Копирование отмеченной курсором записи или выделенных записей в буфер (файл box\_data.db в MDLDB, КТС);
- F6 - Копирование записи(ей) из буфера в позицию перед записью, отмеченной курсором;
- F7 - Формирование текстового файла db.txt для вывода на печать;
- F8 - Удаление отмеченной курсором записи или блока выделенных записей;
- F11 - Возврат к предыдущему иерархическому уровню данных;
- F12 - Переход к следующему иерархическому уровню данных;
- ^F5 - Копирование данных в накопитель. При каждом нажатии ^F5 выделенные записи накапливаются в файле nkr\_data.db в каталоге DLDB, КТС. В накопитель можно копировать записи, принадлежащие таблицам одинаковой структуры;
- ^F8 - очистка накопителя;
- ^F6 - Режим аналогичен F6. В текущую позицию курсора копируются записи из накопителя;
- ^F - Режим поиска записи в текущем файле;
- ^R - Режим замены содержимого записей в текущем файле;
- ^S - Вызов окна шрифта для вставки спецсимволов;
- Esc - Отмена внесенных изменений в одном поле таблицы.

Записи можно копировать по одной и блоком. Для выделение блока записей существуют следующие механизмы :

- нажать Shift и стрелка вниз или вверх;
- нажать кнопку с пиктограммой “+” на инструментальной панели (выделение всех записей);
- нажать одновременно Ctrl и “+” - выделение всех записей.

Записи не копируются из одной таблицы в другую. Исключение составляет случай, когда структуры таблиц идентичны, есть совпадение наименований, типов и размеров полей. Например, копирование строк из библиотеки операций по штамповке в технологию на уровень “Переходы”, а также копирование из таблицы “Переходы” в таблицу “Комментарии”.

При копировании записей в буфер F5 каждая новая порция данных заменяет предыдущую. При копировании в накопитель ^F5 записи накапливаются. При попытке запомнить в накопителе записи из разных таблиц система выдает предупреждение о не допустимости данной операции. Выгрузка данных из буфера и накопителя осуществляется клавишами F6, ^F6

Режим редактирования записи (F4) позволяет просматривать полный список полей выделенной записи, корректировать содержимое полей, распечатывать их, листать записи, копировать, удалять значения полей по одному и блоком. После того как запись выбрана и нажата клавиша F4, система переходит в режим развернутого представления полей записи. Экран делится на 2-е части: в первой содержатся имена полей (максимальная длина 25 символов), во второй части располагаются значения (диапазон длин от 1 до 254 символов). Максимальное количество элементов в записи 250. Пиктограмма красной книжки напротив поля записи означает, что к данному полю подключена справочная база данных.

PgUp, PgDn, - Подвод курсора (поле синего фона) к требуемой записи.  
стрелки

Ctrl "+", "-" - Выделение всех полей желтым цветом, отмена выделения;

^PgDn - Листание - переход следующей записи;

^PgUp - Листание - возврат предыдущей записи;

F5 - Копирование отмеченного курсором поля или выделенных полей в буфер (файл edt\_copy.txt);

F6 - Замена текущих значений полей записи на значения из буфера;

F7 - Формирование текстового файла edt.txt для вывода на печать;

F8 - Удаление выделенных полей записи или поля, помеченного курсором;

Home, End – Перемещение на первое и последнее поле записи;

ESC - Отмена внесенных изменений. и производится с позиции, на которую указывает курсор.

## 2 ПИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ

САПР "Автопроект" состоит из двух подсистем "Спецификации" АС (модуль - autoktc.exe) и "Технология" АТ (модуль - autorpro.exe). Первая часть решает задачи ведения конструкторско-технологических спецификаций изделий, организации хранения разработанных технологий, нормирования расхода материалов, регистрации документов, анализа архивных технологий и автоматической замены информации в архивах. Вторая часть реализует функции проектирования технологических процессов различных переделов, систематизирует нормативно справочную информацию, ведет расчеты, формирует комплект технологической документации.

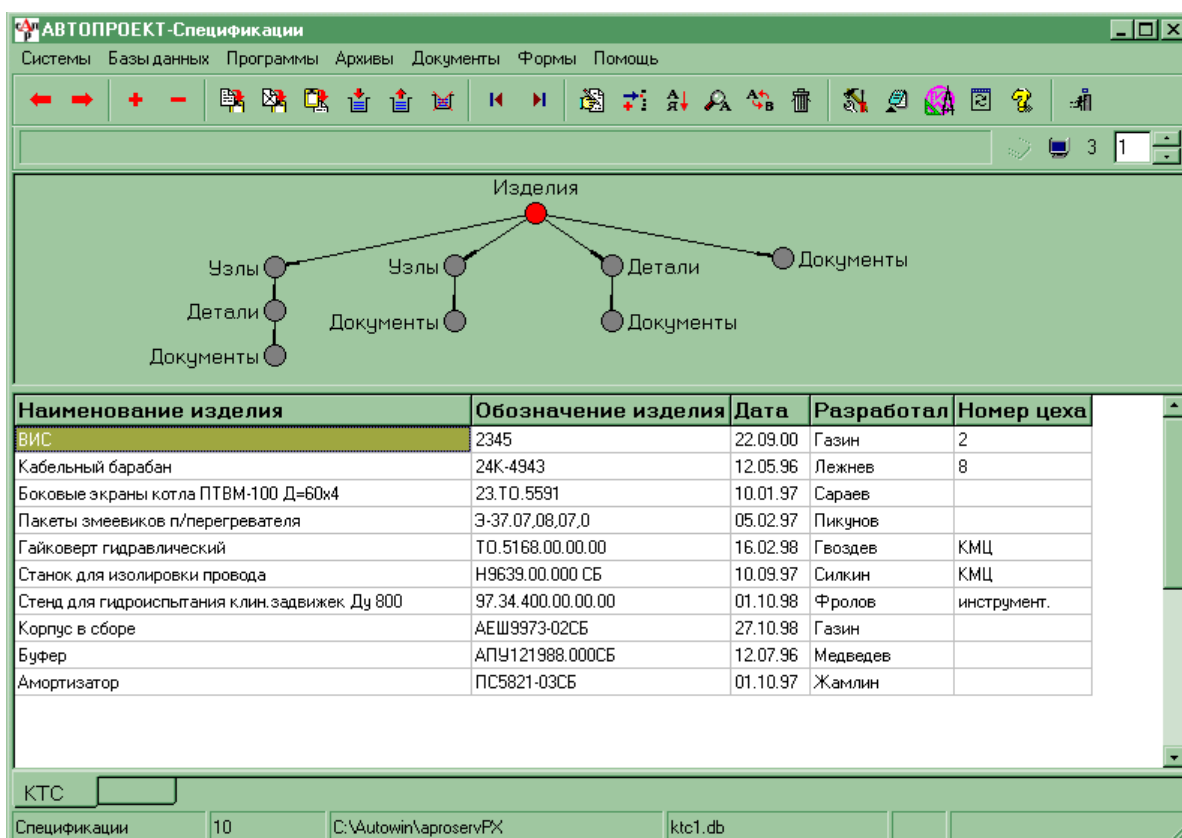


Рисунок 2. Интерфейс подсистемы «Спецификации»

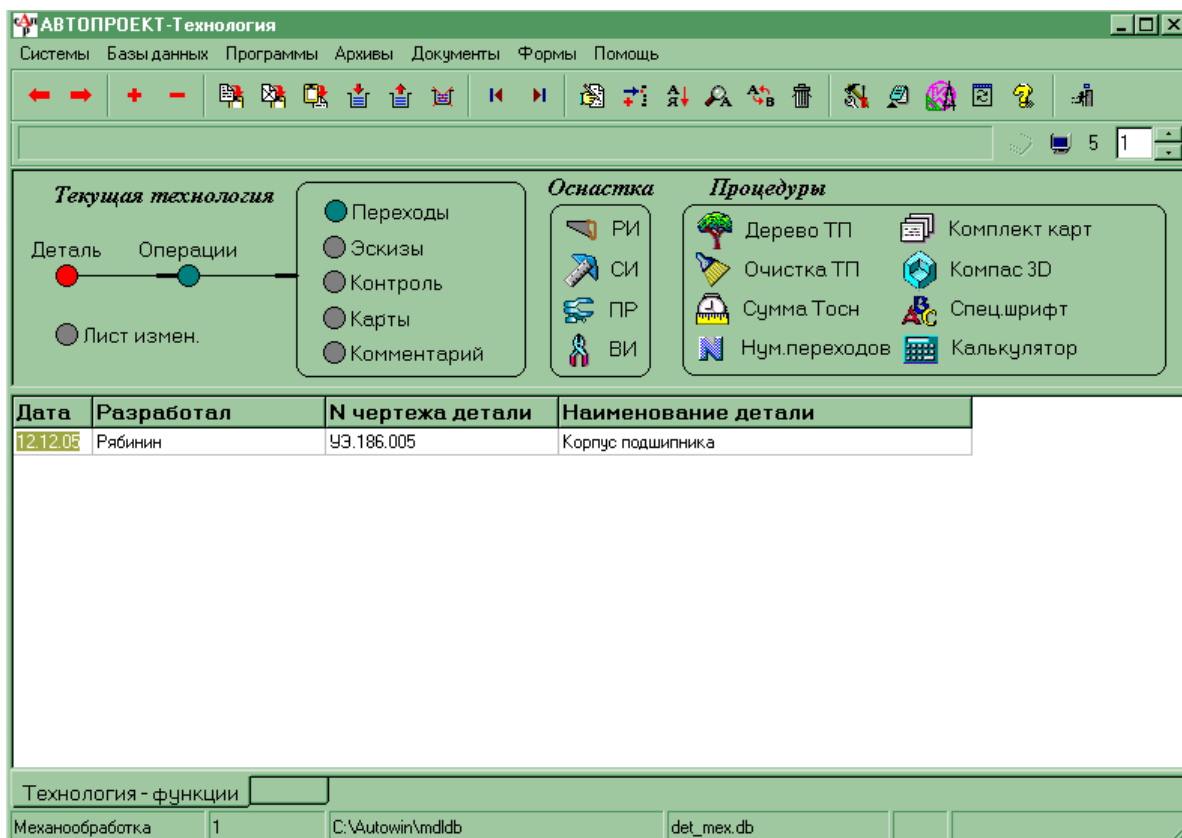


Рисунок 3. Интерфейс подсистемы «Технологии»

Взаимосвязь между системами происходит следующим образом. В подсистеме АС хранится информация о составе изделия и технологических процессах, разработанных на детали и сборочные единицы. АС позволяет осуществить доступ к требуемой технологии и стартовать процедуру "Архиватор технологий", которая извлекает требуемый ТП из архива и переносит его в подсистему АТ. В момент такого копирования обе подсистемы находятся в оперативной памяти. Извлеченная архивная технология становится текущей в АТ и доступной для просмотра и редактирования. Обратная процедура заключается в том, что "Архиватор технологий", стартуемый в АС с определенной записи, помещает в архив системы текущий техпроцесс из АТ.

### 3 КОНСТРУКТОРСКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ

Для того чтобы загрузить в рабочее поле системы базу данных по конструкторско-технологическим спецификациям (КТС) необходимо в блоке "Базы данных" основного меню системы "Автопроект-Спецификации" стартовать режим "КТС". В текущую страницу блокнота будут помещены четыре объекта (уровня, таблицы) : "Изделия", "Узлы", "Детали", "Документы" по которым распределена информация о КТС.

The screenshot shows the 'АВТОПРОЕКТ-Спецификации' software interface. The main window title is 'АВТОПРОЕКТ-Спецификации'. The menu bar includes 'Системы', 'Базы данных', 'Программы', 'Архивы', 'Документы', 'Формы', and 'Помощь'. The toolbar contains various icons for file operations and navigation. The main area displays a hierarchical tree structure for 'Кабельный барабан [24К-4943]'. The root node is 'Изделия', which branches into 'Узлы', 'Узлы', 'Детали', and 'Документы'. Each of these nodes further branches into 'Детали' and 'Документы'. Below the tree is a table with columns 'Обозначение узла', 'Наименование узла', and 'Количество'. The table lists various components and their quantities. The bottom status bar shows 'КТС', 'Спецификации', '22', 'C:\Autowin\aproservFX', and 'kto2.db'.

Обозначение узла	Наименование узла	Количество
25К-1392	Кабельный барабан	
12К-8564	Шайба торцевая	
12К-8565	Барабан канатный	
12К-8564	Катушка	
4С-22Н-29-13	Корпус	
13К-87	Крышка	
12К-8565	Кронштейн	
13К-877	Вал в сборе	
4С-22Н-29-13	Корпус подшипника	
22К-4059	Рама	
22К-4060	Кожух	

Рисунок 4. Структура "Изделия", "Узлы", "Детали", "Документы"

Система обеспечивает свободное перемещение от одного уровня к другому, позволяя при этом просматривать и редактировать состав изделий, узлов и деталей. Информация на каждом уровне доступна для корректировки, копирования, перестановки, удаления и вставки новых записей.

Связь между уровнями "Изделия", "Узлы" осуществляется по полю "Обозначение изделия", которое является выходным ключом первого уровня и обязательно должно содержать уникальное обозначение изделия. Связь между таблицами "Узлы" и "Детали" осуществляется по полю "Обозначение узла", которое так же должно быть уникальным и не пустым. Связь между уровнями "Детали" и "Документы" осуществляется по полю "Обозначение детали", т.е. при установке курсора на определенную запись в таблице "Детали" и нажатии F12 система использует это поле в качестве выходного ключа при переходе на нижний уровень. В рабочее поле будут загружены только



те записи из таблицы "Документы", у которых собственное поле "Обозначение детали" совпадает с выходным ключом.

В системе "Автопроект-Спецификации" информация о сборочных единицах сосредоточена в таблице "Узлы". У каждой записи данной таблицы существует поле - "Уровень", определяющее уровень вложенности данного узла. По значениям этого поля строится иерархическое дерево, наглядно отображающее состав и структуру узлов.

Если в состав нового изделия, информация о котором заносится в базу данных "Автопроект", входят уже существующие сборочные единицы, то их можно скопировать. Каждый копируемый узел переносится в состав нового изделия с подчиненными деталями.

Процедуры обработки КТС производят поиск деталей по различным критериям и осуществляют выборки по принадлежности деталей к изделиям, узлам, цехам. Режим "Поиск в КТС" осуществляет поиск узлов, деталей, документов по одному или нескольким критериям. Детали можно найти по номеру чертежа, дате, марке материала и т.д. По заданным критериям поиска система подберёт одну или несколько деталей и выведет их на экран в списке, который является доступным только в режиме просмотра (включён режим защиты – ЗАЩ). Любая корректировка на данном уровне запрещена. Отменять режим защиты недопустимо, т.к. это может привести к потере данных.

При поставке системы в базу данных КТС для примера введена некоторая начальная информация. (Примеры техпроцессов на детали расположены в изделии "Кабельный барабан" в узле "Крышка"). Перед началом работы необходимо очистить базу данных "КТС". Для этого нужно стартовать режим "Очистка КТС" из блока основного меню "Базы данных" системы Автопроект - Спецификации. После его завершения все 4-е уровня БД "КТС" будут очищены. Режим "Очистка КТС" защищён паролем, т.е. при его вызове появляется числовое табло, в котором нужно набрать число "333" (базовая установка), только после этого система разрешит войти в данный режим. Пользователь самостоятельно может изменить числовой пароль, либо отменить защиту (см. режим "Защита данных", процедура Lock).

#### 4 ДОКУМЕНТЫ

Таблица «детали» в базе данных КТС имеет подчиненную таблицу документы, т.е. каждой детали соответствует определенный список документов, который содержит всю необходимую графическую, текстовую и другую информацию о детали. Обращение к данному списку осуществляется при установке курсора на нужную запись в таблице "Детали" и нажатии F12. Система переходит в таблицу "Документы" и на экране появляются строки, каждая из которых содержит ссылку на документ определенного вида. Для обращения к нему нужно установить курсор на требуемую запись и нажать F12. Стартует приложение, которое обрабатывает соответствующий документ.

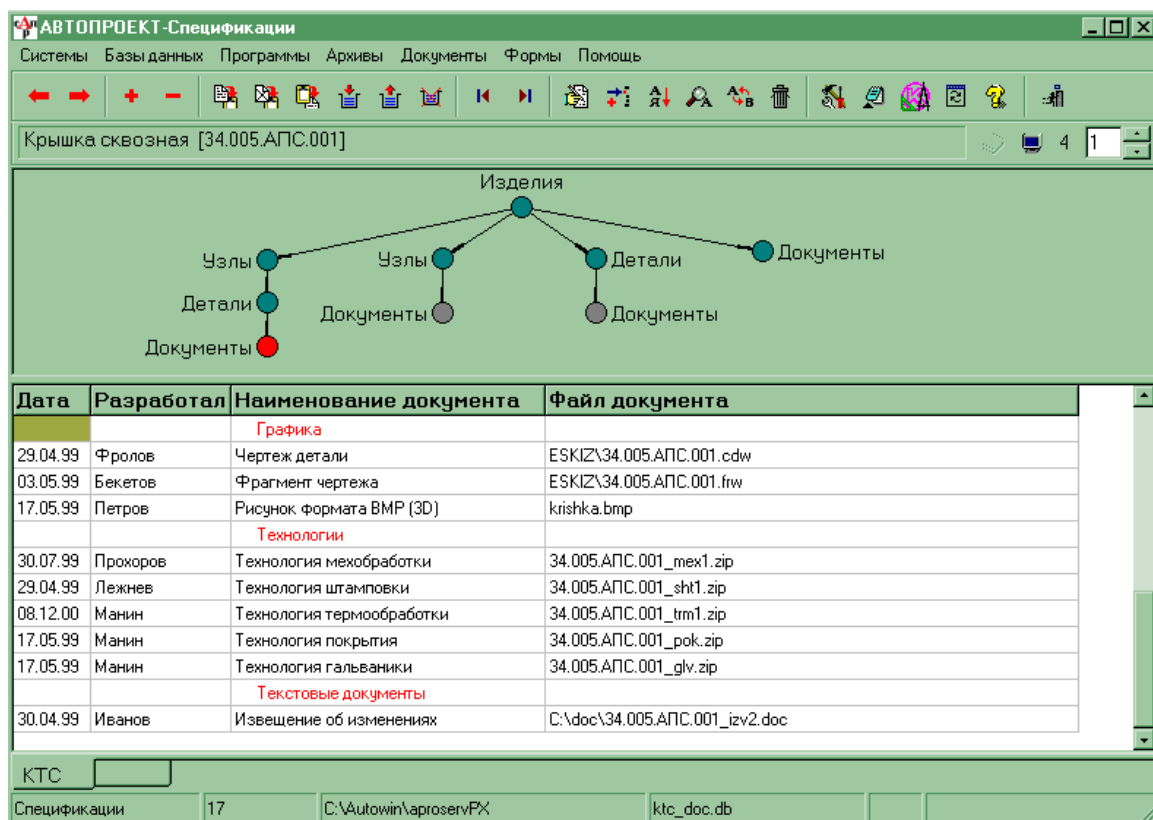


Рисунок 5. Таблица документы в таблице детали

Каждая запись таблицы "Документы" содержит следующую информацию: дата создания; разработчик; наименование, шифр документа; имя файла, содержащего документ, и псевдоним программы, которая его обрабатывает.

Процедура формирования имени документа связана с таблицами "Документы" изделий, узлов, деталей. Ее старт осуществляется по кнопке с пиктограммой три точки в поле "Наименование документа" или в режиме редактирования записей данных таблиц (F4) при двойном щелчке на пиктограмме красной книжки напротив поля "Наименование документа". На экран загружается список из трех таблиц. На первом уровне расположена таблица, содержащая имя программы, которая будет обрабатывать документ, его наименование, каталог, где он расположен, а так же дополнительные параметры, приращение, расширение файла и шифр документа. При необходимости в данную таблицу можно ввести новые записи. Следующая таблица содержит номер документа. При переходе на последний уровень стартует процедура, которая на основе отмеченных записей сформирует имя документа и поместит его в первую строку последней таблицы. При нажатии F12 система скопирует все необходимые данные и перенесет их в таблицу "Документы".

Обращение к документам, принадлежащим сборочным единицам и изделию осуществляется соответственно из цепочек "Изделия - Узлы - Документы" и "Изделия - Документы".

## 5 АРХИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для того чтобы извлечь архивную технологию и загрузить в поле текущей или дублирующей технологии необходимо выбрать необходимый раздел требуется в "Автопроект-Спецификации" загрузить в рабочее поле системы базу данных КТС или перейти на страницу блокнота, уже содержащую эту БД. Выделить курсором нужное изделие, нажать F12, переместиться на уровень "Узлы", выбрать узел, перейти к таблице "Деталь". Каждая её запись связана с соответствующим списком документов в подчиненной таблице последнего уровня. В таблице "Документы" выделить запись, содержащую обращение к архивной технологии и нажать F12. После подтверждения запуска стартует процедура (программа арх\_тех.exe), которая позволяет перемещать текущую технологию в архив системы или извлекать технологию из архива и помещать ее в систему "Автопроект-Технология" в поле текущей (дублирующей) технологии.

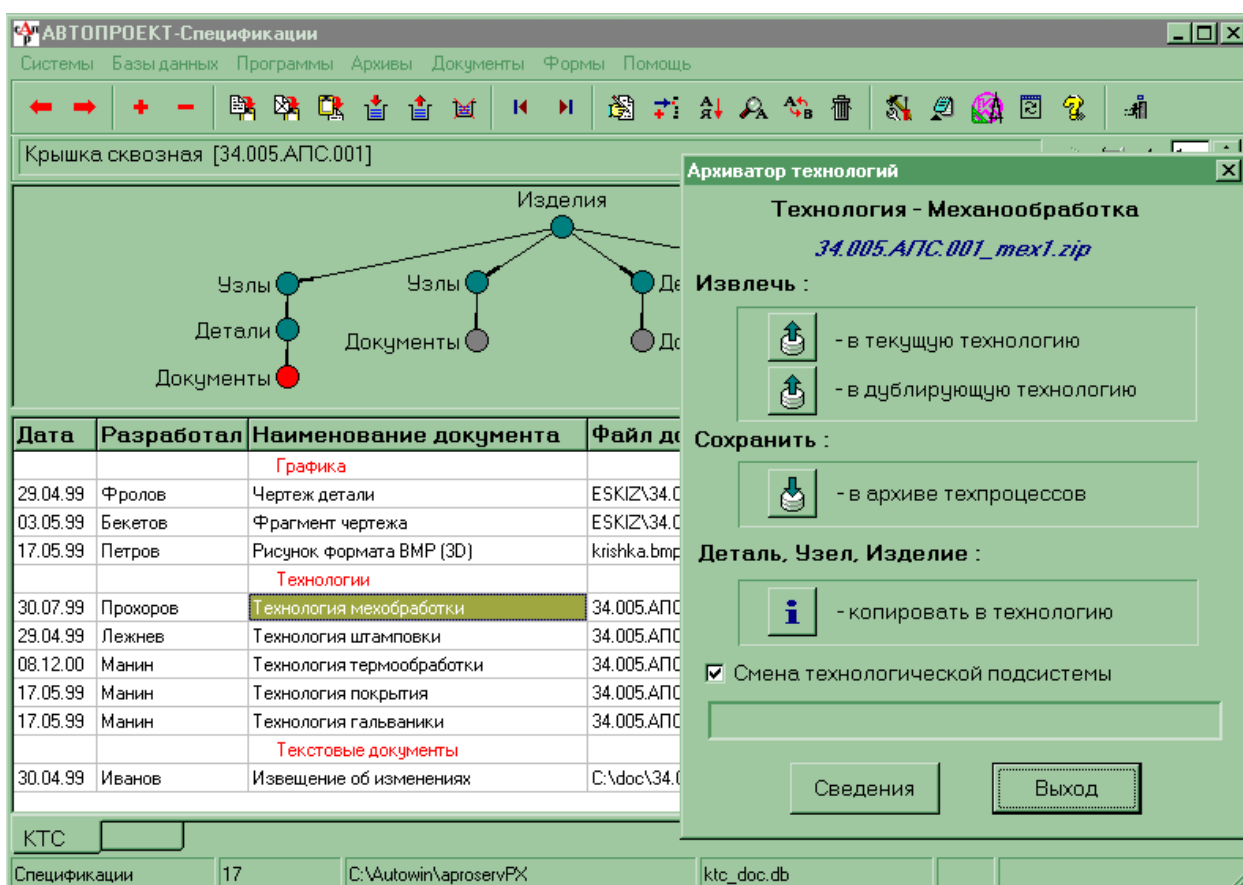


Рисунок 6. Загрузка архивной технологии

При нажатии кнопки "Сохранить" технологический процесс (ТП), находящийся в поле "текущей технологии" (таблицы "Операции", "Переходы"), упаковывается в один файл (формат ZIP) и под заданным именем документа помещается в соответствующий архив. В архивный файл упаковываются также все эскизы, принадлежащие текущей технологии. В дальнейшем

они будут разархивированы в каталог, имя которого указано в разделе KatlGrafFile в файле INI (по умолчанию задан каталог ESKIZ).

Режим "Извлечь (1)" производит обратные действия, с выдачей предупреждения о замене текущей технологии на архивную.

Режим "Извлечь (2)" аналогичен режиму "Извлечь (1)", только архивный техпроцесс помещается в поле дублирующей технологии.

Если нажата кнопка "Извлечь", а архивная технология отсутствует, то происходит копирование данных о детали из таблицы "Детали" (третий уровень базы данных КТС) в поле текущей технологии в таблицу "Деталь" (остальные таблицы очищаются). Механизм такого копирования следующий. При движении по уровням "Изделия", "Узлы", "Детали" каждая строка, с которой осуществляется переход на подчиненную таблицу, копируется в соответствующие файлы: cur\_izd.db, cur\_uzl.db, cur\_det.db. Процедура "Архиватор технологий" переносит данные из файла cur\_det.db в файл det\_mex.db - для механообработки, det\_sht.db - для штамповки и т.д., которые являются составной частью поля "текущей технологии".

После того как отработал архиватор технологий, необходимо перейти к системе "Автопроект-Технология" и на новую страницу блокнота загрузить режим "Технология-дубл." или "Технология-библ." из блока основного меню "Базы данных". На соответствующих уровнях "Деталь", "Операции", "Переходы" и т.д. расположатся данные, извлеченные из архива ТП. Теперь можно вносить изменения и формировать комплект технологической документации.

Если необходимо сохранить внесенные изменения в архиве ТП, то нужно вернуться на страницу "КТС", на уровень "Документы" и установив курсор на соответствующую запись, нажать F12. В появившейся форме "Архиватор технологий" нажать кнопку "Сохранить". Последует предупреждение о том, что архивный файл уже существует. Положительный ответ заменит прежний архивный файл на новый.

Типовые и групповые ТП не могут быть привязаны к конкретной детали в базе данных "КТС", поэтому для них существует другой режим выборки из архива технологий. Из блока "Архивы" основного меню Автопроект-Технология стартовать режим "Архив типовых технологий". На текущую страницу блокнота будет загружена цепочка уровней: "Оглавление", "Детали", "Документы". На первом уровне нужно выбрать тип детали, на втором конкретную деталь, на третьем установить курсор на запись, содержащую обращение к архивной технологии и нажать F12. Стартует программа "Архиватор технологий". Действия технолога в данном случае аналогичны тем, которые были описанным выше.

Типовые технологии сохраняются в каталоге ..\autowin\arx\_tex\xxx\tip, а техпроцессы, доступные из БД КТС в каталоге ..\autowin\arx\_tex\xxx\det.

## 6 РАСЧЕТ ВЕСА ЗАГОТОВКИ

Данная процедура позволяет рассчитать вес заготовки по заданной марке материала, типу и размеру заготовки. Все необходимые данные для расчёта находятся в классификаторе материалов. Доступ к классификатору материалов осуществляется в блоке "База данных" в режиме "Классификатор материалов" как в подсистеме Автопроект-Спецификации, так и в Автопроект-Технология. Данная база данных имеет 3 уровня "Вид материал", "Группа материала", "Марка". Полный цифровой код материала, определяющий его технологическую характеристику, состоит из 9-и знаков: код типоразмера, код марки, код группы, код разряда. Для получения полного кода материала необходимо последовательно выбирать на каждом уровне вид, группу и марку. На последнем 3-м уровне каждому типоразмеру, выбранной марки, соответствует полный уникальный код материала.

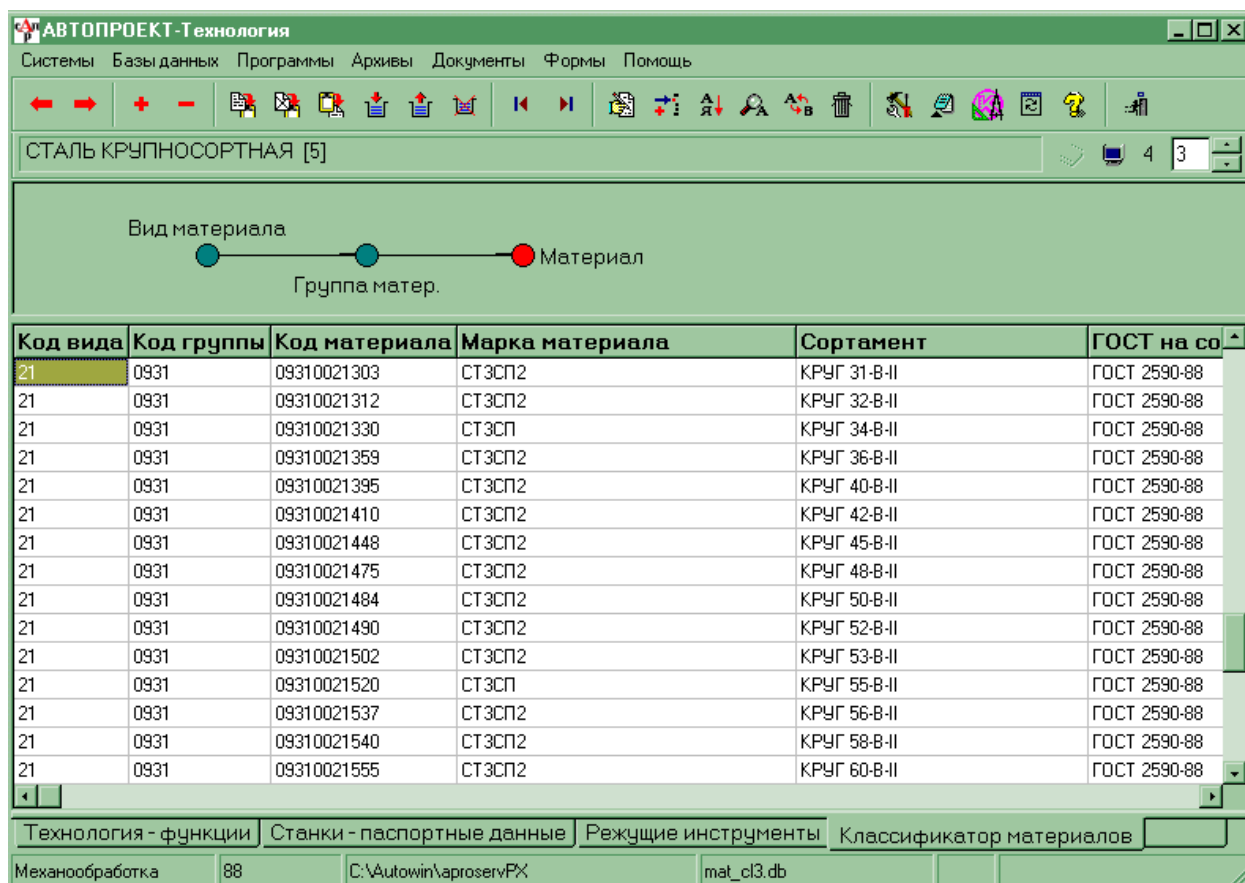


Рисунок 7. Классификатор материалов

Доступ к расчету веса заготовки осуществляется из Автопроект-Спецификации в БД КТС с уровня "Детали" в режиме редактирования записи (F4) при обращении к справочнику поля "Марка материала". На первом уровне будет предложено несколько вариантов доступа к таблице материалов.

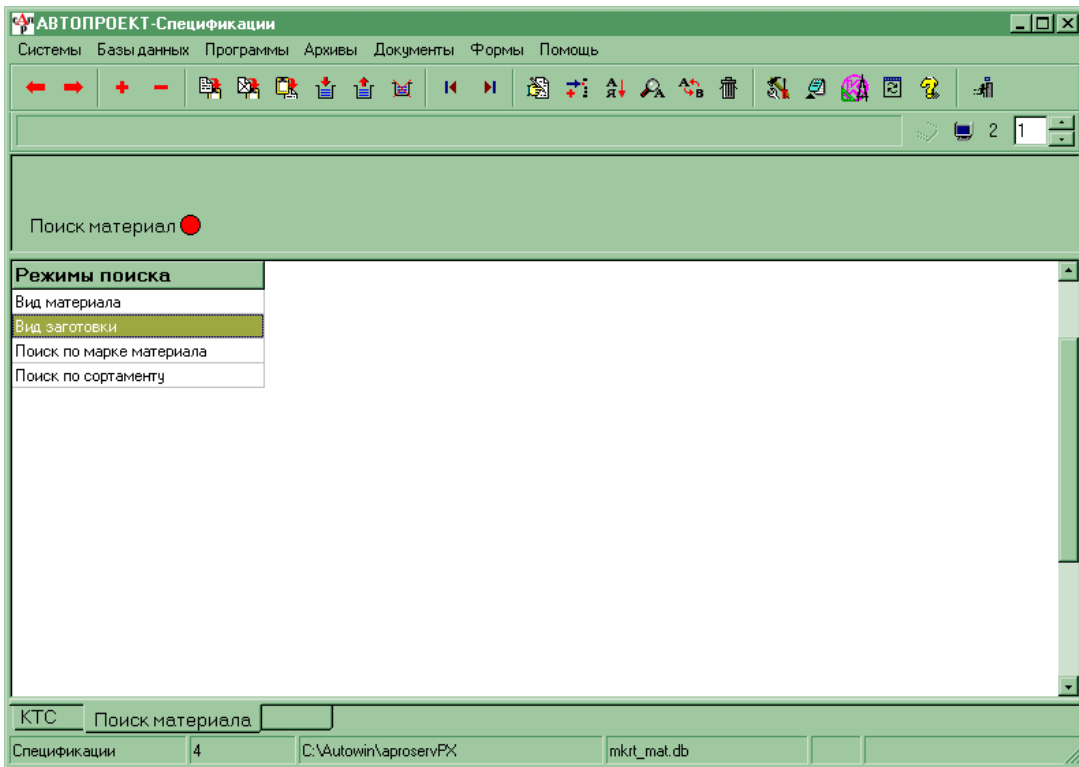


Рисунок 8. Поиск материала

На уровне "Материалы" (файл mat\_cl3.db) необходимо выбрать марку и сортамент материала.

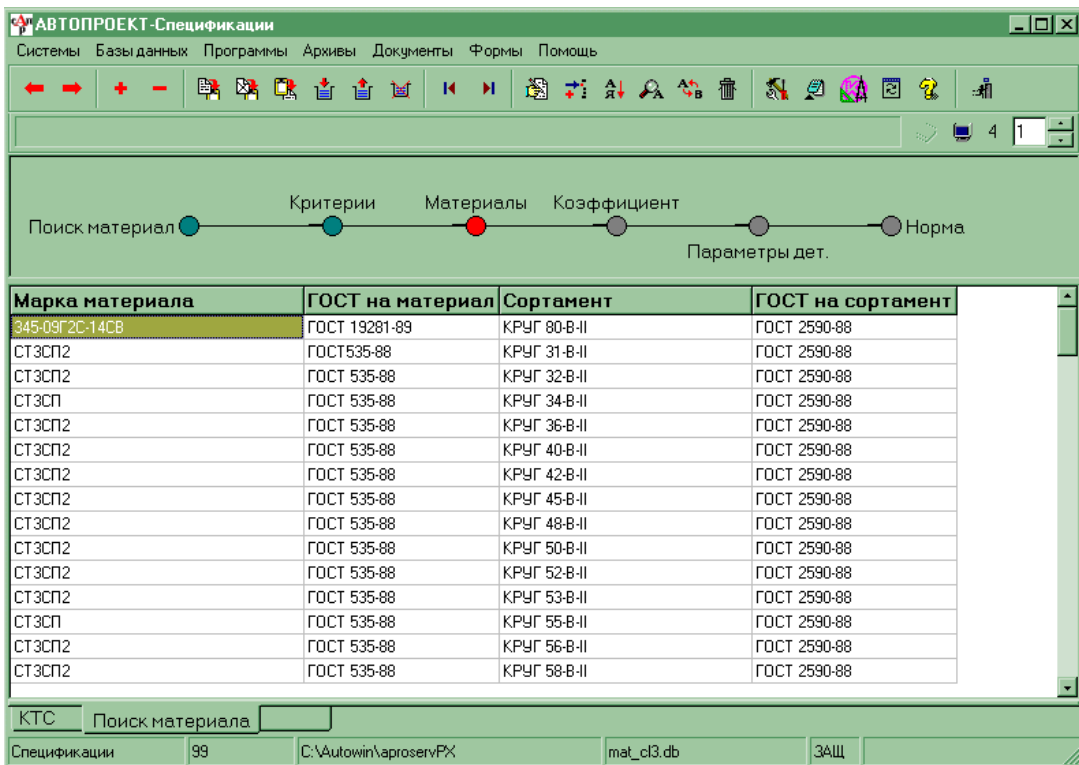


Рисунок 9. Марка и сортамент материала

На уровне “Параметры” нужно задать длину (L) заготовки, тип : круг, пруток, лента, полоса, уголок, швеллер, двутавр. Для заготовок типа лист необходимо вводить ширину заготовки (B). При переходе на нижний уровень стартует программа norm\_dt.exe, которая по заданным значениям рассчитывает вес заготовки и поместит его в соответствующее поле таблицы “Норма”.

Существует три варианта расчёта:

Задана масса одного погонного метра (M)  $V = M * L$ .

Задана площадь сечения (S)  $V = S * L * \rho$ .

Задан основной размер (MainSize)  $V = \text{MainSize} * L * \rho$ .

В зависимости от имеющейся информации система сама выберет вариант расчета.

При выходе из режима работы со справочником система перенесёт соответствующую информацию в исходную запись таблицы “Деталь” базы данных КТС. В дальнейшем данные о черном весе детали примут участие при формировании сводных, специфицированных норм расхода материалов. Процедура их расчёта стартует из блока основного меню “Базы данных” в А-С, режим “Расчёт сводных норм”. На первом уровне система предложит список изделий, после необходимого выбора на втором уровне выводятся следующие режимы:

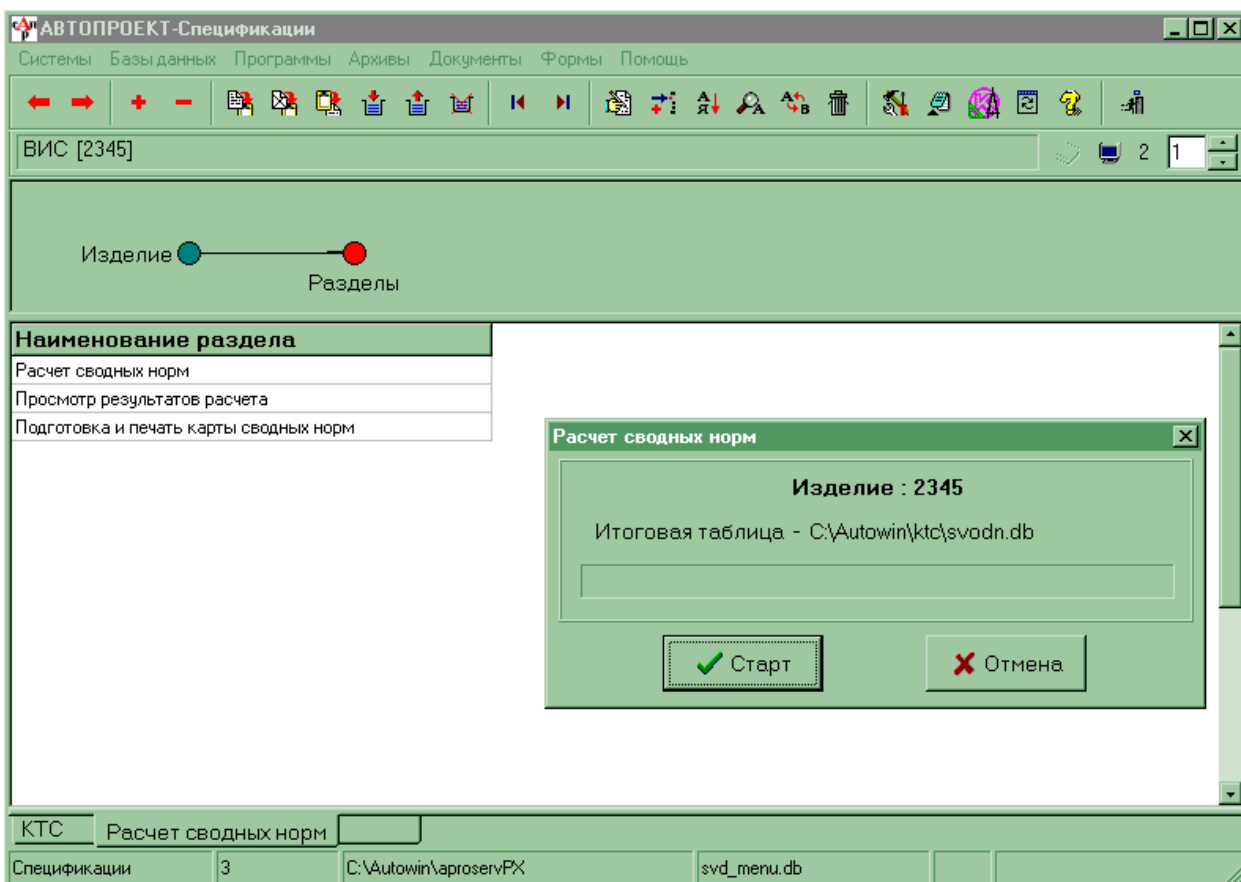


Рисунок 10. Расчет сводных норм на изделие

С первой строки стартует процедура расчёта специфицированных норм расхода материалов на заданное изделие. Со второй осуществляется просмотр результатов расчета. Процедура третьей строки позволяет сформировать итоговый документ средствами встроенного генератора отчётов (см. соответствующий раздел).

## 7 СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В системе существует понятие поля текущей технологии (ТТ), состоящего из семи связанных таблиц : "Деталь", "Операции", "Переходы", "Эскизы", "Контроль", "Карты", "Комментарий", в которых формируется состав и структура технологического процесса.

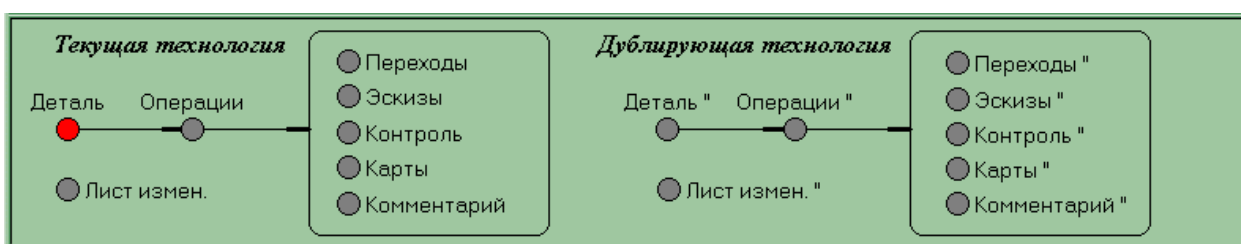


Рисунок 11. Структура текущей и дублирующей технологии

В текущую технологию можно копировать информацию из архива технологических процессов, библиотек операций, переходов и баз данных НСИ. Текущая технология храниться в файлах :

механообработка: det\_mex.db op\_mex.db per\_mex.db esk\_mex.db cnt\_mex.db com\_mex.db doc\_mex.db

штамповка : det\_sht.db op\_sht.db per\_sht.db esk\_sht.db cnt\_sht.db com\_sht.db doc\_sht.db

С полем ТТ неразрывно связаны процедуры формирования итоговых документов. Они выделены в блок "Программы" основного меню системы (процедура "Формирование карт в Excel") и в различных комбинациях осуществляют выборку информации из ТТ, для формирования требуемой технологической карты.

В системе существует понятие поля "дублирующая технология" (ДТ). Состав таблиц, входящих в ДТ, аналогичен составу таблиц поля "текущей технологии", но отличается именами таблиц. Для механообработки: det\_mex3.db op\_mex3.db per\_mex3.db esk\_mex3.db cnt\_mex3.db com\_mex3.db doc\_mex3.db и т.д.

ДТ используется в тех случаях, когда нужно сравнить две технологии или скопировать информацию из ДТ в ТТ. В неё можно помещать архивные технологии с помощью процедуры «Архиватор технологий». Загрузка текущей технологии в рабочее поле системы осуществляется из Автопроект-Технология из блока "Базы данных" в режиме "Технология-дубл." или "Технология-библ."



Рабочее поле системы - область светлого фона, расположенная в нижней части экранной формы САПР "Автопроект" и занимающая 80% всего пространства формы. Она представляет собой многостраничный блокнот, позволяющий загружать в систему одновременно несколько информационных массивов. Переход от одной странице к другой осуществляется с помощью закладок, содержащих имена БД и расположенных в нижней части рабочего поля. Из блока "Базы данных" основного меню курсором выбрать требуемый информационный массив и щелчком левой кнопкой мыши осуществить его загрузку в рабочее поле системы.

Очистка закладки производится при вызове соответствующего пункта из выпадающего меню, вызываемого по щелчку правой кнопке мыши.

Текущая технология имеет следующую структуру :  
 На уровне "Деталь" (таблица det\_xxx.db) собрана информация о детали в целом : наименование, обозначение детали, материал, вид заготовки и т.д. На основе этих данных формируется шапка документа.

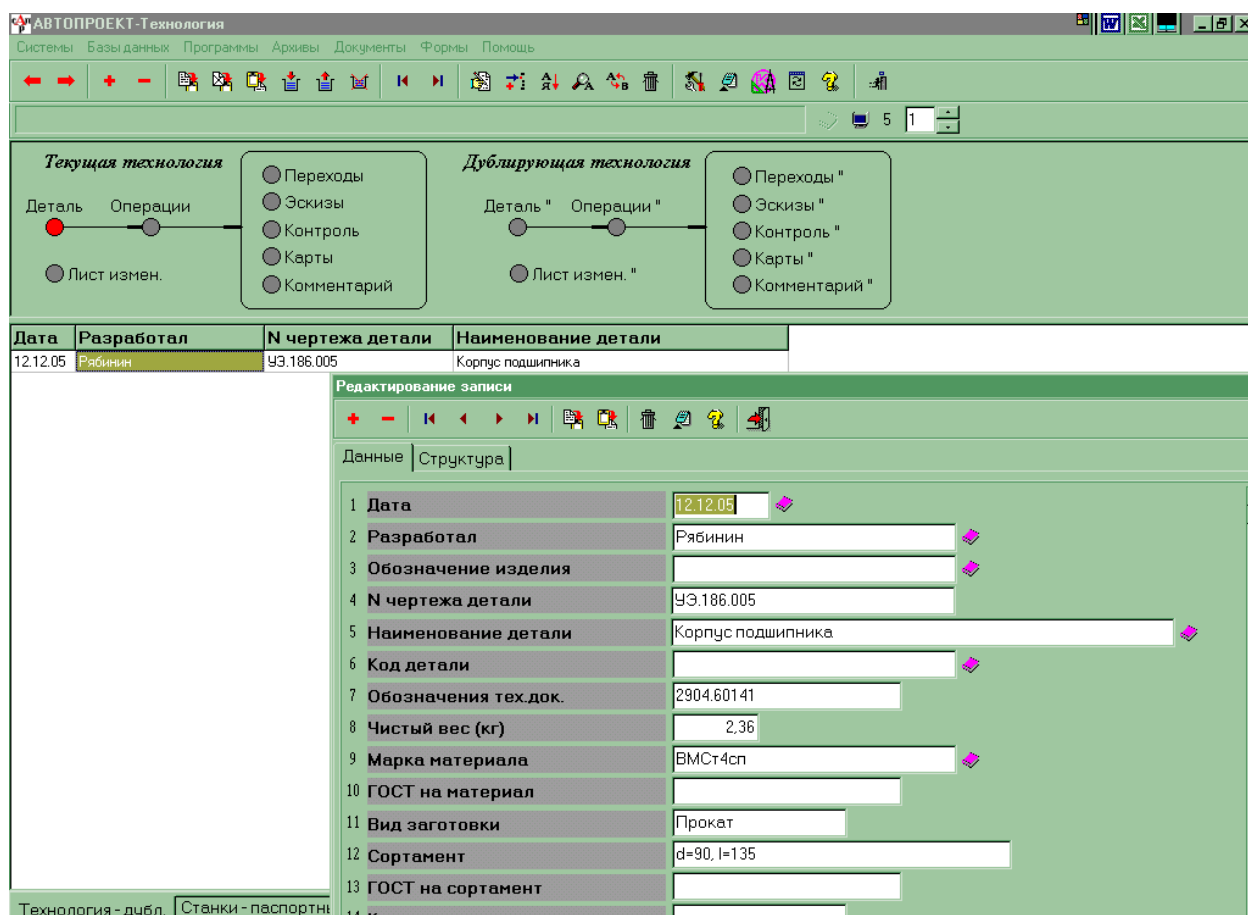


Рисунок 12. Режим редактирования записи уровня «Деталь»

На уровне "Операции" (таблица op\_xxx.db) вводится маршрут обработки детали в виде последовательности строк, содержащих описание операции: наименование, модель станка, номер цеха, участка, Т шт. и др. (Записи таблицы "Операции" имеют различную логическую структуру. Щелчок правой кнопки мыши на подсвеченном объекте "Операции" позволяет изменять тип

технологического передела. Этот механизм позволяет проектировать технологии, включающие одновременно операции механообработки, штамповки, термообработки, покрытий и т.д.).

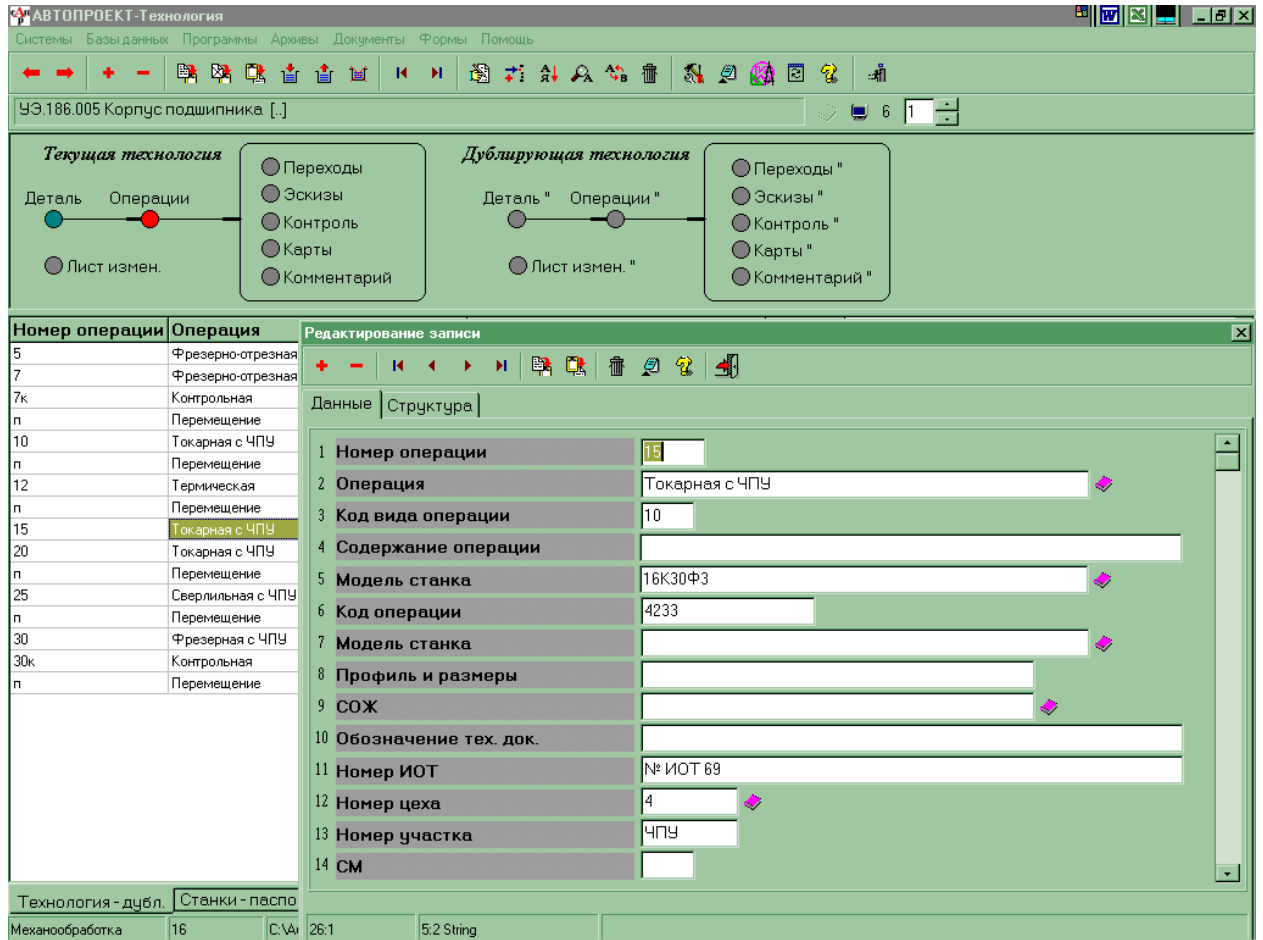


Рисунок 13. Режим редактирования записи уровня «Операция»

Переходы. Таблица per\_xxx.db содержит список переходов, подчиненных одной операции. Записи таблицы "Переходы", содержащие тексты переходов, режущие инструменты, приспособления, режимы резания и др., выводятся на экран одним списком. Такая возможность достигается тем, что физические записи таблицы "Переходы" имеют различную логическую структуру.

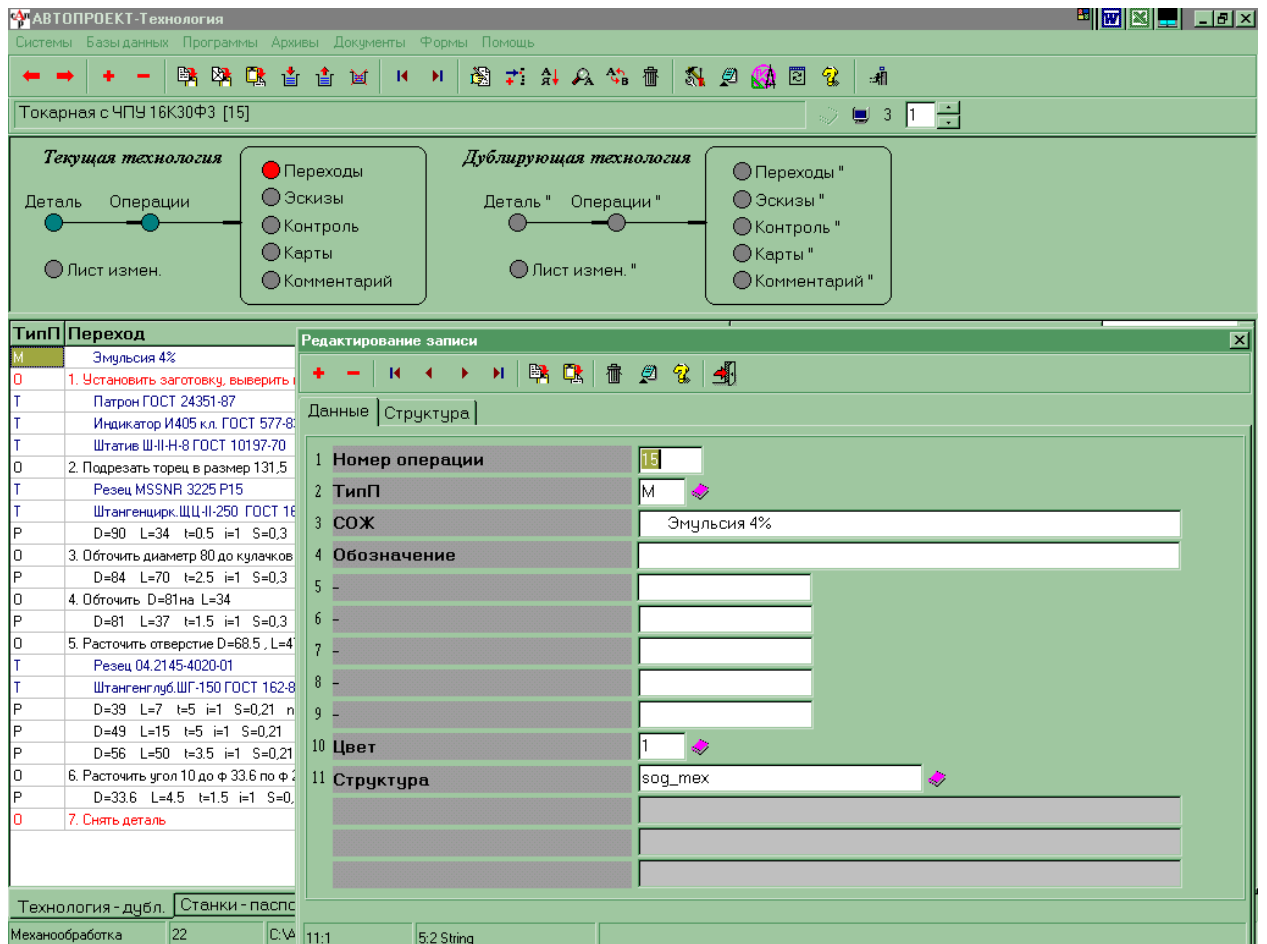


Рисунок 13. Режим редактирования записи уровня «Переход»

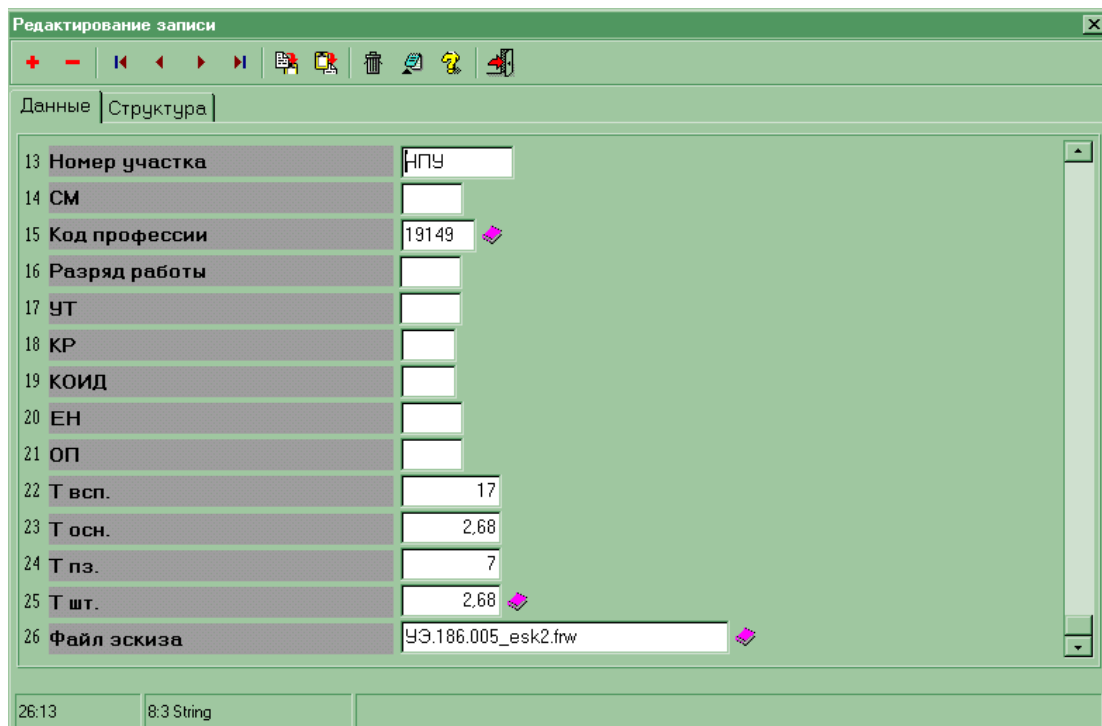


Рисунок 14. Ввод имени файла эскиза в режиме редактирования записи «Операция»

Эскизы. Таблица `esk_xxx.db` используется для подключения к операции нескольких эскизов. Имена файлов эскизов могут выбираться из стандартной процедуры “Выберите файл” (по скрытой кнопке в поле “Файл эскиза”), либо вводятся вручную.

Имя файла может быть указано с полным путем или без. В последнем случае путь извлекается из файла `autopro.ini` в разделе `[graf]` (по умолчанию задано - `KatlGrafFile=eskiz`). Рисунки можно оперативно просматривать, если они выполнены в системе Компас-График. Курсор в этом случае устанавливается на соответствующую запись и нажимается кнопка “Просмотрщик Компас” на инструментальной панели. (Обращение к просмотрщику регистрируется в файле `ini` в разделе `[graf]` в параметре `[view]`).

Комментарий. Таблица `com_xxx.db`. Позволяет для каждой операции ввести произвольный текст, на основе которого м.б. сформирована маршрутная и маршрутно-операционная карта с комментариями (типы МКК и МОКК). Не смотря на то, что таблица “Комментарии” имеет структуру, отличную от структуры таблицы “Переходы”, между ними возможен обмен записями (через процедуры копирования F5, F6 в буфер и накопитель).

Карты. Таблица `doc_xxx.db`. Содержит информацию о применимости каждой операции в различных типах технологических карт.

Присутствие строки с указанным типом означает ИСКЛЮЧЕНИЕ данной операции из этой карты. Выбор названия карты и её типа осуществляется из соответствующего справочника (таблица `krt_xls.db`).

## 8 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Разработка технологического процесса начинается с загрузки в рабочее поле системы из блока “Базы данных” режима “Технология-дубл.” или “Технология-библ.”.

Перед началом разработки нового технологического процесса необходимо очистить поле текущей технологии. Для этого нужно перейти на новую закладку и в блоке “Базы данных” основного меню загрузить режим “Очистка технологии”. Далее двойным щелчком левой кнопки мыши на нужной записи стартовать процедуру очистки ТП.

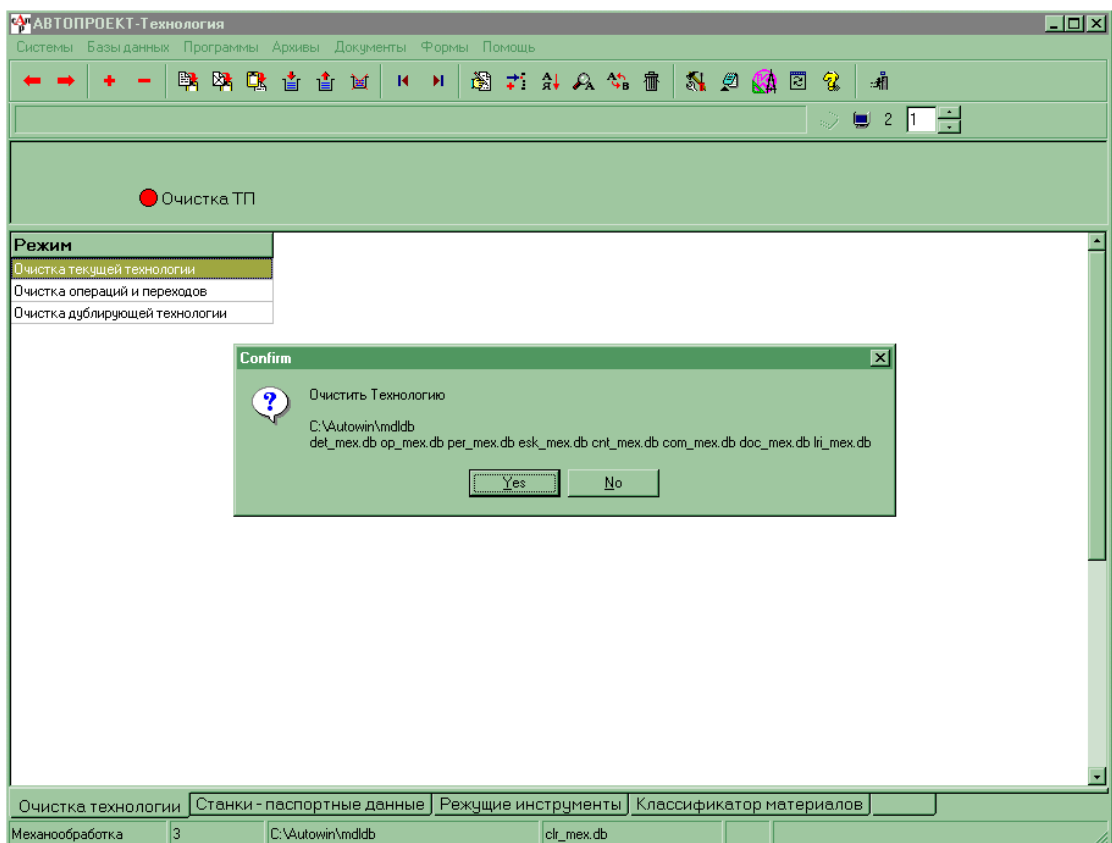


Рисунок 15. Режим очистки текущей и дублирующей технологии

Вернуться на закладку Технология на уровень Деталь (Рис 12) – ввести данные. Процесс ввода и редактирования полей записи на всех уровнях идентичен (Рис 13, 14). Для загрузки формы просмотра и корректировки полей записи необходимо нажать соответствующую кнопку на инструментальной панели (с подсказкой "Редактирование записи") или функциональную клавишу F4. Данная форма имеет следующую структуру: слева располагаются имена полей, справа их значения:

Вводить данные можно как с клавиатуры, подведя курсор к соответствующему полю, так и копировать информацию из справочной базы данных (БД). Признаком привязки такой БД к определенному полю записи является пиктограмма красной книжки справа от поля ввода данных (см. раздел – работа и подключение справочных БД). Справочные БД могут быть созданы и подключены к любому полю. На уровне "Деталь" к соответствующим полям подключены БД по материалам, заготовкам, наименованиям деталей и т.д. Копирование данных из таких БД осуществляется следующим образом: подвести курсор к пиктограмме - красная книжка, щелчком левой кнопки мыши стартовать справочную БД, выбрать нужную строку, произвести двойной щелчок мышью или нажать F12. Система вернется в форму редактирования и скопирует информацию в нужные поля.

Признаком того, что в рабочее поле системы загружен справочный режим, служит наличие пиктограммы - красная книжка в правом верхнем углу

экрана. Для принудительного выхода из этого режима следует произвести двойной щелчок на этой пиктограмме или нажать ^F10.

После того как введены все данные о детали, необходимо выйти из формы редактирования, нажав кнопку выхода на панели инструментов. (Название каждой кнопки имеет подсказку, которая высвечивается при наведении курсора на пиктограмму кнопки). Теперь на уровне "Деталь" должна появиться запись с данными о детали. Необходимую корректировку можно произвести, и не входя в режим редактирования (F4). Для этого нужно выделить требуемое поле курсором и начать ввод с клавиатуры. Отмена ввода - по клавише Esc.

Переход на уровень "Операции" осуществляется нажатием кнопки "На один уровень вниз" или функциональной клавишей F12 или двойным щелчком на записи в таблице. При начальном вводе таблица "Операции" не содержит записей. Необходимо зарезервировать нужное количество строк клавишей Insert. Далее последовательно в каждую строку ввести информацию об одной технологической операции. Порядок следования операций в технологическом маршруте задается порядком расположения строк в таблице. Режим корректировки полей (F4) осуществляет загрузку формы редактирования (аналогично уровню "Деталь").

Таблица, расположенная на уровне "Операции", имеет свой состав и структуру полей записи. Первое поле "Номер операции" должно содержать уникальный, неповторяющийся номер операции. Следующие поля несут информацию о наименовании, модели станка, номере цеха, участка и т.д. Информация в эти поля может вводиться как с клавиатуры, так с помощью справочных баз данных.

После того как введены сведения об операциях, можно вводить данные о переходах. Необходимо установить курсор на нужную операцию и нажать F12. Система перейдет на следующий уровень и в рабочее поле системы будет загружена таблица "Переходы".

Поскольку таблицы "Операции" и "Переходы" связаны уникальным ключевым полем "Номер операции", то каждая строка уровня "Операции" будет иметь свой определенный список записей в таблице "Переходы". При первоначальном вводе она не содержит записей. Нужно зарезервировать необходимое количество пустых записей клавишей Insert и войти в режим редактирования первой строки (F4).

В появившейся форме высвечивается следующий состав полей: "Номер операции" - связывает переход с операцией (не требует ввода т.к. заполняется автоматически по значению аналогичного поля с уровня "Операция"), поле "Тип" - указывает на тип перехода:

- О - текст перехода,
- Т - технологическая оснастка,
- М - материал,
- Р - режимы резания и др.

Поле "Переход" содержит текст перехода, "Обозначение" - шифр перехода (не обязательное). Поле "Код структуры" задает вид структуры записи

(см. ниже), "Цвет" - определяет каким цветом будет выделена строка в таблице.

Ввод данных осуществляется либо с клавиатуры, либо из справочника следующим образом: подвести курсор к пиктограмме - красная книжка поля "Тип", двойным щелчком мыши загрузить справочную таблицу "Тип перехода", содержащую список наименований доступных баз данных.

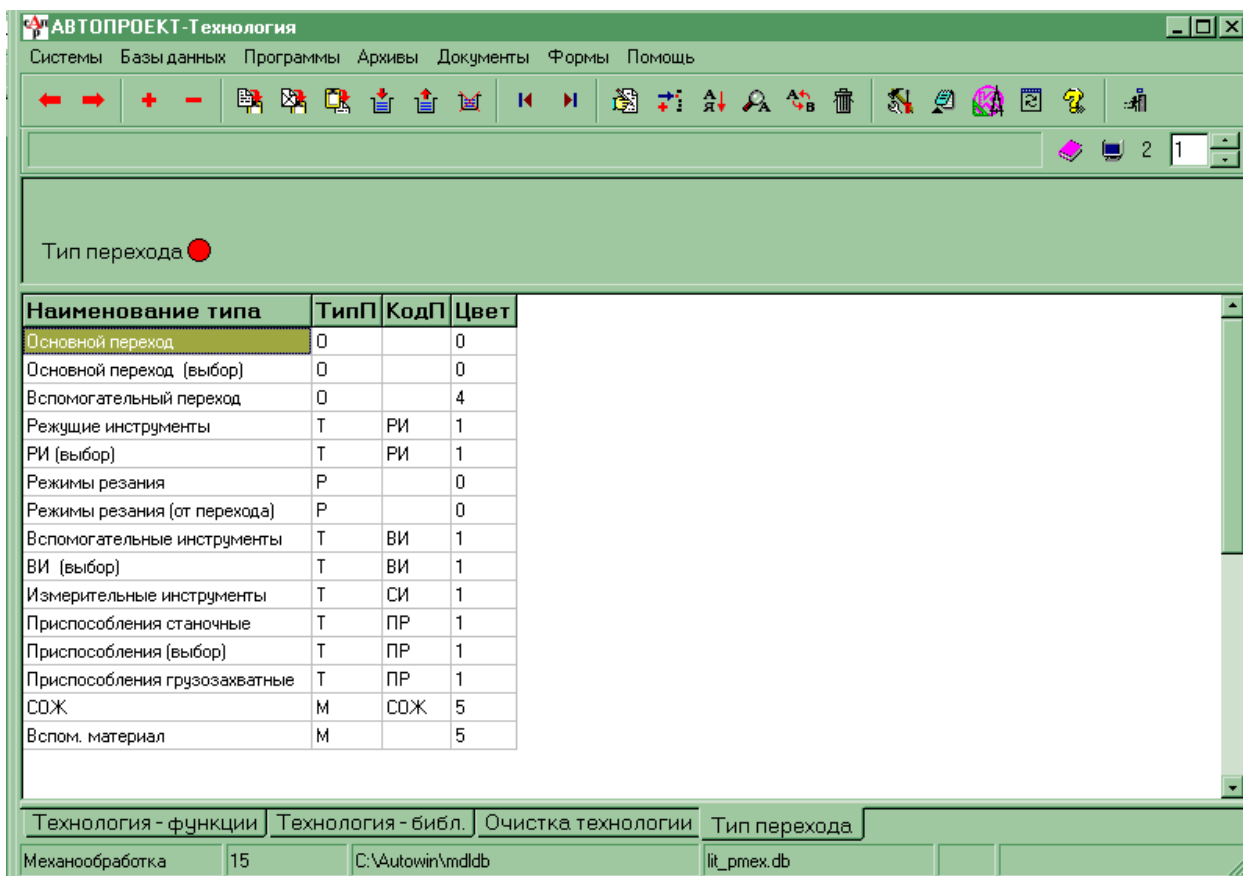


Рисунок 16. Список наименований доступных баз данных

Выделить курсором нужную БД и 2-м щелчком поместить ее в рабочее поле системы. Из загруженного справочника выбирать информацию, нажимая F12. При достижении последнего уровня все необходимые данные будут скопированы, и система вернется в форму редактирования записи таблицы "Переходы".

В зависимости от вида выбранной информации в форме меняются наименования полей. Так если были выбраны данные о режущем инструменте, поле с именем "Переход" изменит свое название на "Режущий инструмент", а поле "Код структуры" примет значение "ri\_mex" (для САПР "Механообработка"). Данный механизм реализуется с помощью специальных режимов управления логической структурой данных (F3).

Доступ к справочным базам данных можно осуществить в обход режима редактирования записи - F4. В таблице "Переходы" щелкнуть левой кноп-

кой мыши на поле “Тип” и нажать на появившуюся кнопку с тремя точками. Далее аналогично предыдущему режиму.

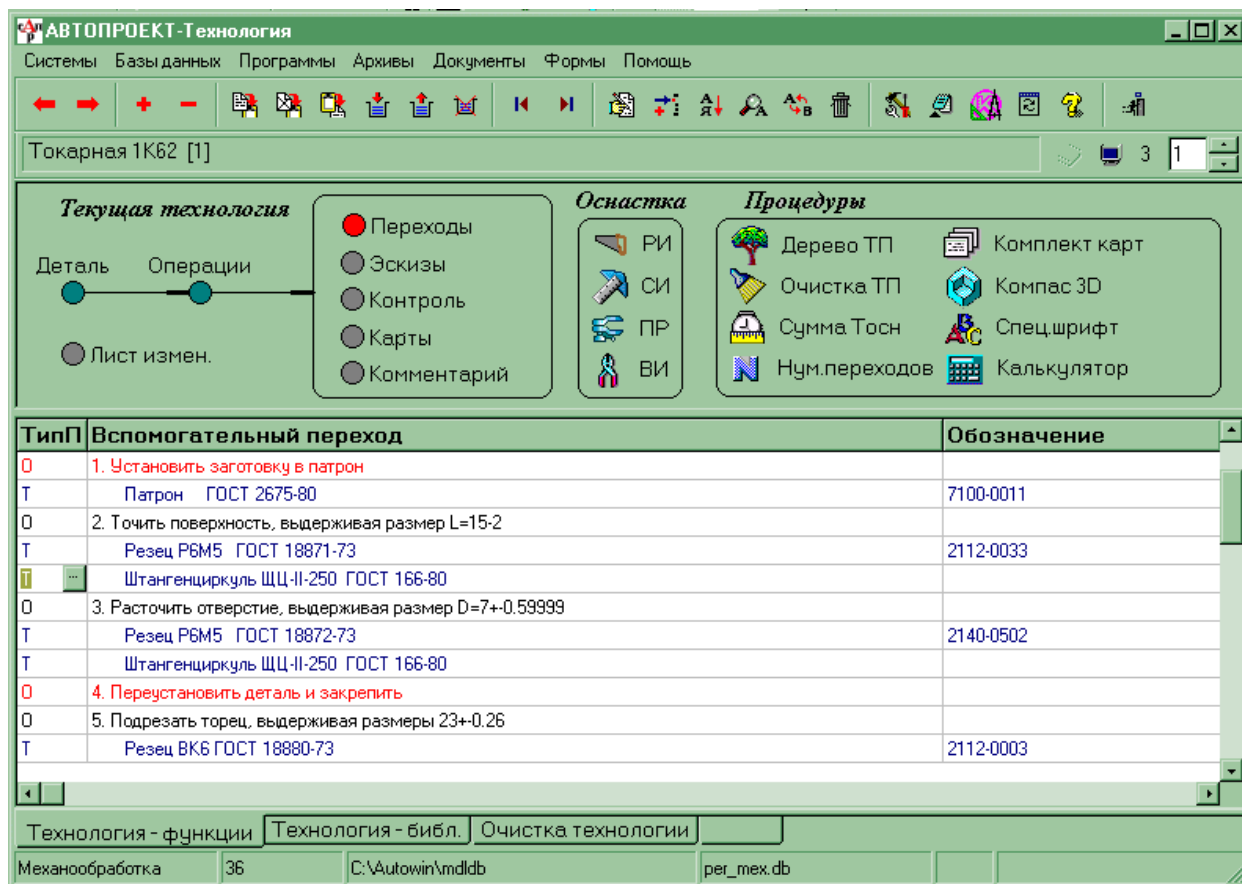


Рисунок 17. Доступ к базам данных в обход режима редактирования

Третий способ ввода информации в таблицу Переходы. В рабочем поле системы открыть новую страницу. Из блока "Базы данных" основного меню стартовать режим "Формирование переходов". На экран будет загружена таблица "Тип перехода", содержащая список доступных баз данных.

Порядок действий аналогичен предыдущему: выбирается строка с нужной БД, нажимается F12, осуществляется выбор требуемой информации клавишей F12. Отличие заключается в том, что данные копируются и выводятся не в форму редактирования, а в результирующую таблицу, накапливающую строки переходов. Возврат от результирующей таблицы к уровню "Тип перехода" осуществляется клавишей F12. Повторяя данную итерацию необходимое число раз, можно сформировать полный список переходов и оснастки для данной операции. После того как результирующая таблица будет сформирована, необходимо выделить все ее записи, нажав кнопку с пиктограммой на панели инструментов и переместить данные в буфер кнопкой с подсказкой "Переместить запись". Затем вернуться на страницу "Технология" и разгрузить буфер в указанном курсором месте кнопкой "Копировать из буфера" (F6).



Разработка технологий может вестись на основе объединения отдельных операций архивных техпроцессов. Этот режим применяется в том случае, когда невозможно подобрать техпроцесс-аналог на данную деталь или сборочную единицу. Последовательность действий следующая: очистить поле текущей технологии (ТТ), найти и извлечь из архива готовую технологию, поместить её в поле ДТ, используя механизм копирования записей в буфер и в накопитель, переместить отдельные операции и блоки переходов из ДТ в ТТ.

Для того что бы скопировать отдельную операцию с переходами в ТТ из ДТ, надо установить курсор на нужную операцию, нажать F5 (запись в буфер). Перейти на уровень "Переходы" по F12, выделить блок переходов клавишами Shift, стрелка вниз, стрелка вверх или "+", скопировать записи в накопитель - ^F5. Накопитель предварительно должен быть очищен - ^F8. Перейти в текущую технологию. На уровне "Операции" разгрузить буфер F6, установив курсор в нужную позицию. Перейти к таблице "Переходы", разгрузить накопитель - ^F6. При необходимости процедуру можно повторить. Далее в ДТ загрузить следующую технологию и повторить описанные выше действия. Необходимо следить за тем, чтобы номера операций не дублировались.

В поле ДТ могут помещаться как реальные, так и типовые технологические процессы. Доступ к реальным ТП осуществляется из режима "КТС" системы "Автопроект-Спецификации", доступ к типовым ТП из режима "Архив типовых технологий" в "Автопроект-Технология".

Технологический процесс (ТП) может быть разработан на основе библиотеки типовых операций. Последовательность действий, реализующих данный режим, может быть рассмотрена на примере проектирования ТП штамповки.

В САПР "Штамповка" из блока основного меню "Базы данных" стартовать режим "Технология-библ". На активную страницу многостраничного блокнота будет загружен следующий список.

В поле текущей технологии последовательно ввести информацию на уровнях "Деталь" и "Операции". С определённой строки на уровне "Операции" по F12 перейти к таблице "Переходы". Далее установить курсор на объект "Вид операции" и щелчком левой кнопки мыши перейти в таблицу оглавления библиотеки типовых операций по штамповке.

Выбрать необходимый раздел и ,нажатием F12, перейти на уровень "Содержание". В рабочем поле системы появится список переходов, выполняемых на данной операции:

Нажатием клавиш Shift, стрелка вниз или стрелка вверх выбрать необходимую комбинацию переходов. Нажать кнопку с подсказкой "В накопитель" на инструментальной панели или комбинацию клавиш ^F5. Выделенные записи будут скопированы в накопитель. Перед тем как это сделать, обязательно необходимо произвести очистку накопителя. Для этого нажать кнопку на инструментальной панели с подсказкой "Очистить накопитель" или ^F8.

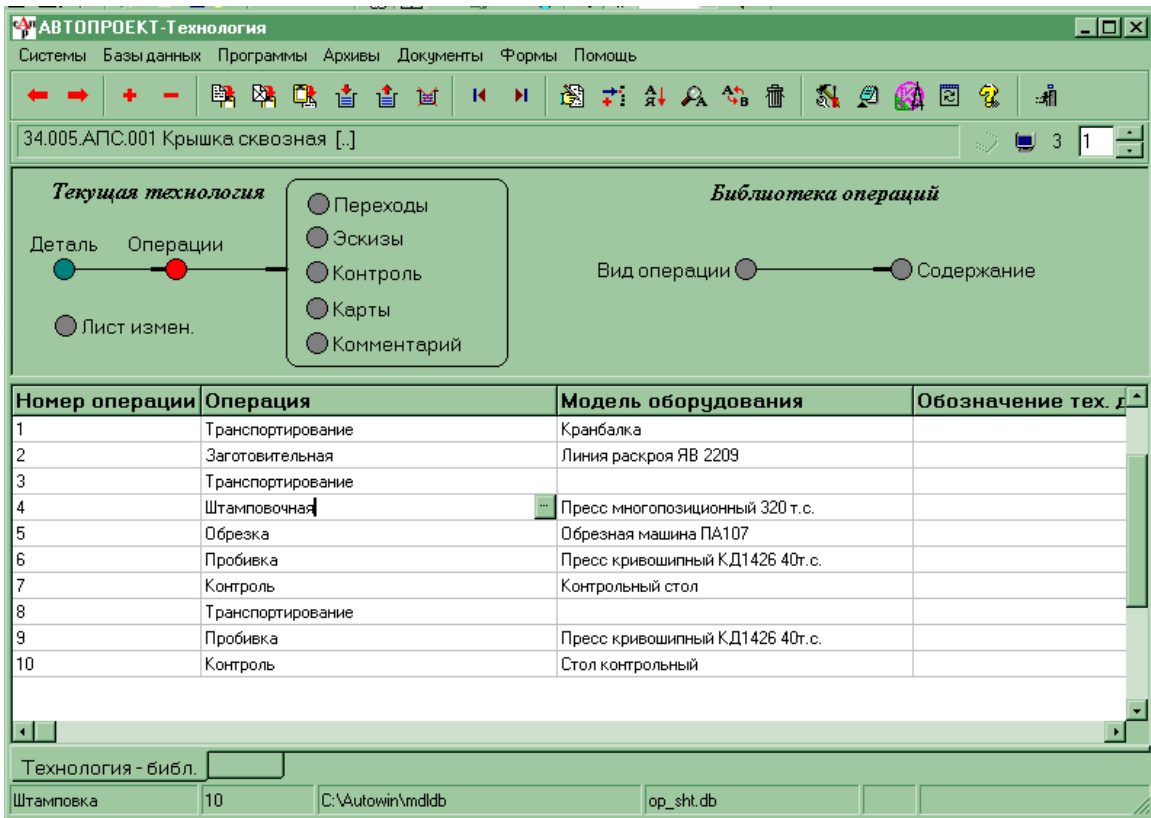


Рисунок 18. Режим «Технология-библи» уровень «Операции»

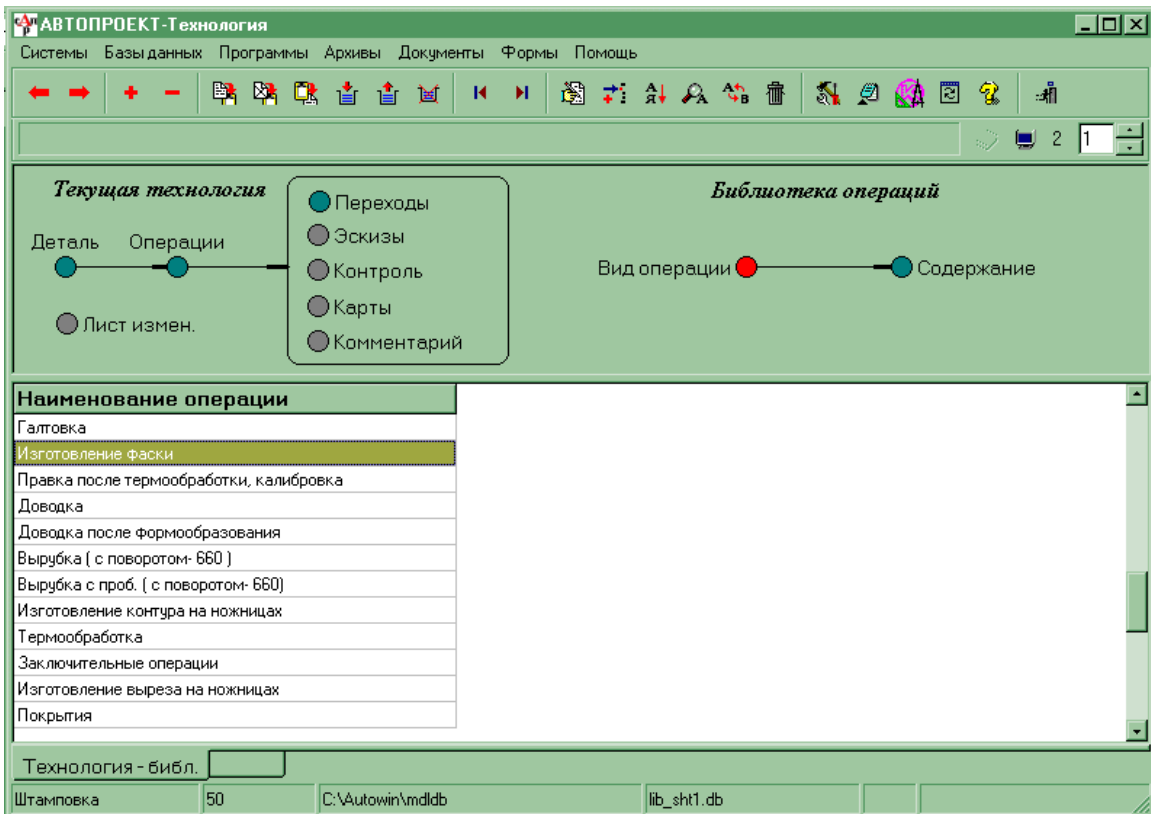


Рисунок 19. Таблица оглавления библиотеки типовых операций по штамповке

Далее, подняться на один уровень вверх (F11). Выбрать следующий раздел и снова по F12 перейти на уровень "Содержание", выделить переходы, нажать кнопку "В накопитель" и так далее. После завершения процедуры копирования необходимо вернуться в текущую технологию на уровень "Переходы" и нажатием кнопки с подсказкой "Из накопителя" или ^F6, выгрузить содержимое накопителя в таблицу "Переходы". Структуры двух таблиц "Переходы" и "Содержание" совпадают, поэтому между ними возможен обмен записями через буфер или накопитель. (В накопитель не могут помещаться строки из различных таблиц).

Возможна и обратная процедура, когда записи, содержащие переходы и технологическую оснастку из текущей технологии копируются в разделы библиотеки типовых операций. Аналогичные процедуры работают и в подсистемах: механообработка, сборка, сварка и т.д.. Библиотеки операций и переходов формируются пользователем на основе анализа имеющихся технологических процессов. Структура библиотеки (количество уровней) настраивается и может быть произвольной.

После того как первоначальный ввод данных на всех уровнях завершен введенную информацию можно просмотреть и отредактировать. Система позволяет свободно перемещаться по уровням вверх и вниз, используя соответствующие кнопки F11 и F12. Вносить необходимые корректировки, удалять, вставлять новые записи, копировать переходы из одной операции в другую по одному и блоками.

Когда технологический процесс в поле текущей технологии сформирован и отредактирован, можно переходить к разработке комплекта документации. Для этого необходимо из блока "Программы" основного меню стартовать режим "Формирование карт в Excel" и выбрать тот или иной вид карты.

## 9 РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДОВ

Данный режим применяется в том случае, когда необходимо сформировать относительно большой блок переходов и технологической оснастки на заданную операцию. Доступ к нему осуществляется из блока основного меню "Базы данных" в разделе "Формирование переходов".

Последовательность действий следующая. В рабочее поле системы на новую страницу блокнота загрузить текущую технологию (ТТ) из блока "Базы данных" режим "Технология". Если необходимо сформировать новый технологический процесс (ТП), то поле ТТ необходимо предварительно очистить – режим "Очистка технологии" из блока "Базы данных". Далее, ввести информацию на уровнях "Деталь" и "Операции". Установить курсор на определённую запись в таблице "Операции" и перейти на уровень "Переходы", нажав F12. На новую страницу блокнота загрузить режим "Формирование переходов". В рабочее поле системы будет загружен список компонентов ("Тип перехода"), из которых можно сформировать технологическую операцию.

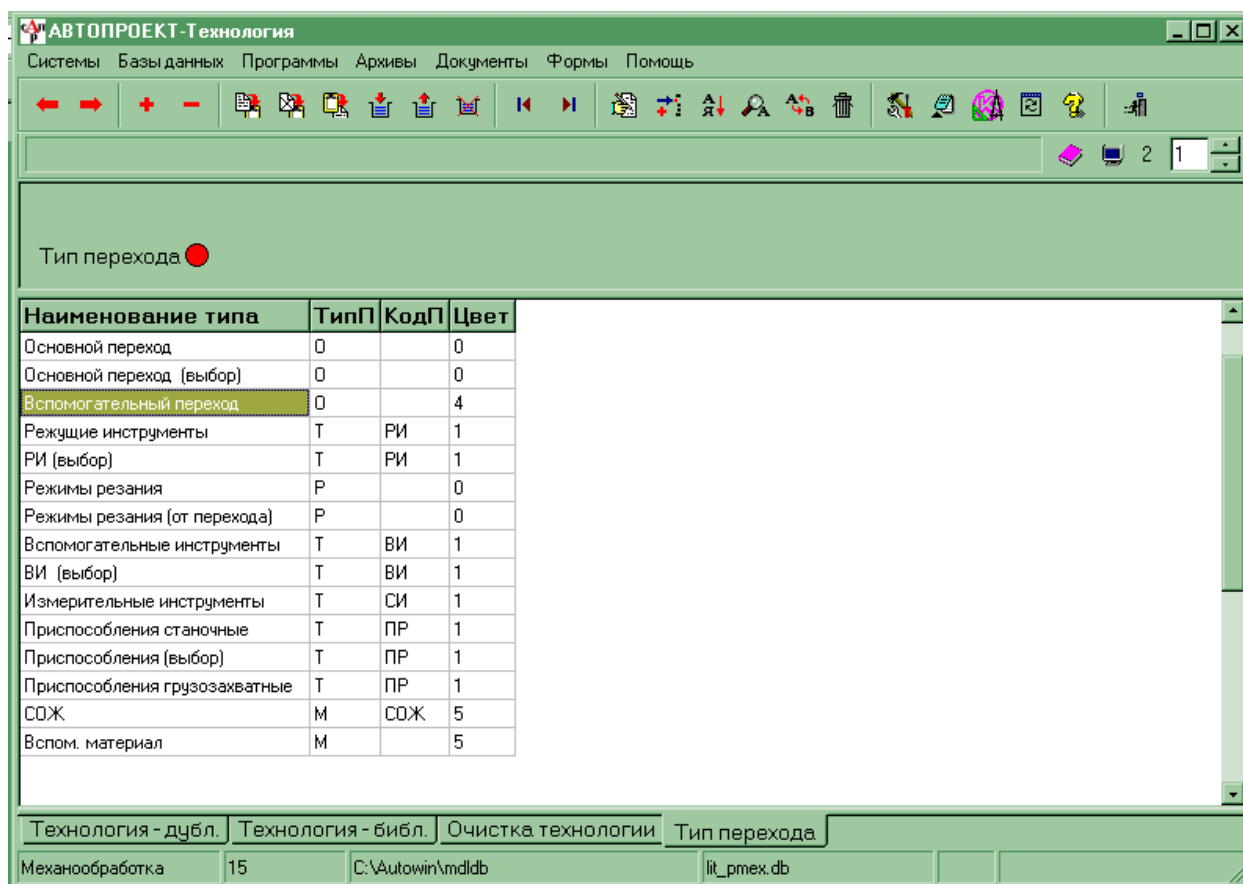


Рисунок 20. Список компонентов «Тип перехода»

Каждая строка данного списка содержит ссылку на определённую базу данных, для обращения к которой необходимо подвести курсор к нужной строке и нажать F12. К уровню "Тип перехода" (в режиме ADD) будет подстыкована соответствующая БД (добавлены новые уровни). Необходимо осуществить выборку данных, отметить нужные записи и переместится конец списка, нажатием клавиши F12. На последнем уровне расположена результирующая таблица, в которой будет автоматически накапливаться вся необходимая информация.

Возврат от результирующей таблицы к уровню "Тип перехода" осуществляется клавишей F12. Повторяя данную итерацию необходимое число раз, можно сформировать полный список переходов и оснастки для данной операции. После того как результирующая таблица будет сформирована, необходимо выделить все ее записи, нажав кнопку с пиктограммой "+" на панели инструментов и переместить данные в буфер кнопкой с подсказкой "Переместить запись". Затем вернуться на страницу "Технология" на уровень "Переходы" и разгрузить буфер в указанном курсором месте кнопкой "Копировать из буфера" (F6). Из блока "Программы" стартовать процедуру "Нумерация переходов", которая произведёт нумерацию переходов (глобально по всем операциям) и изменит внешний вид записей в таблице "Переходы".

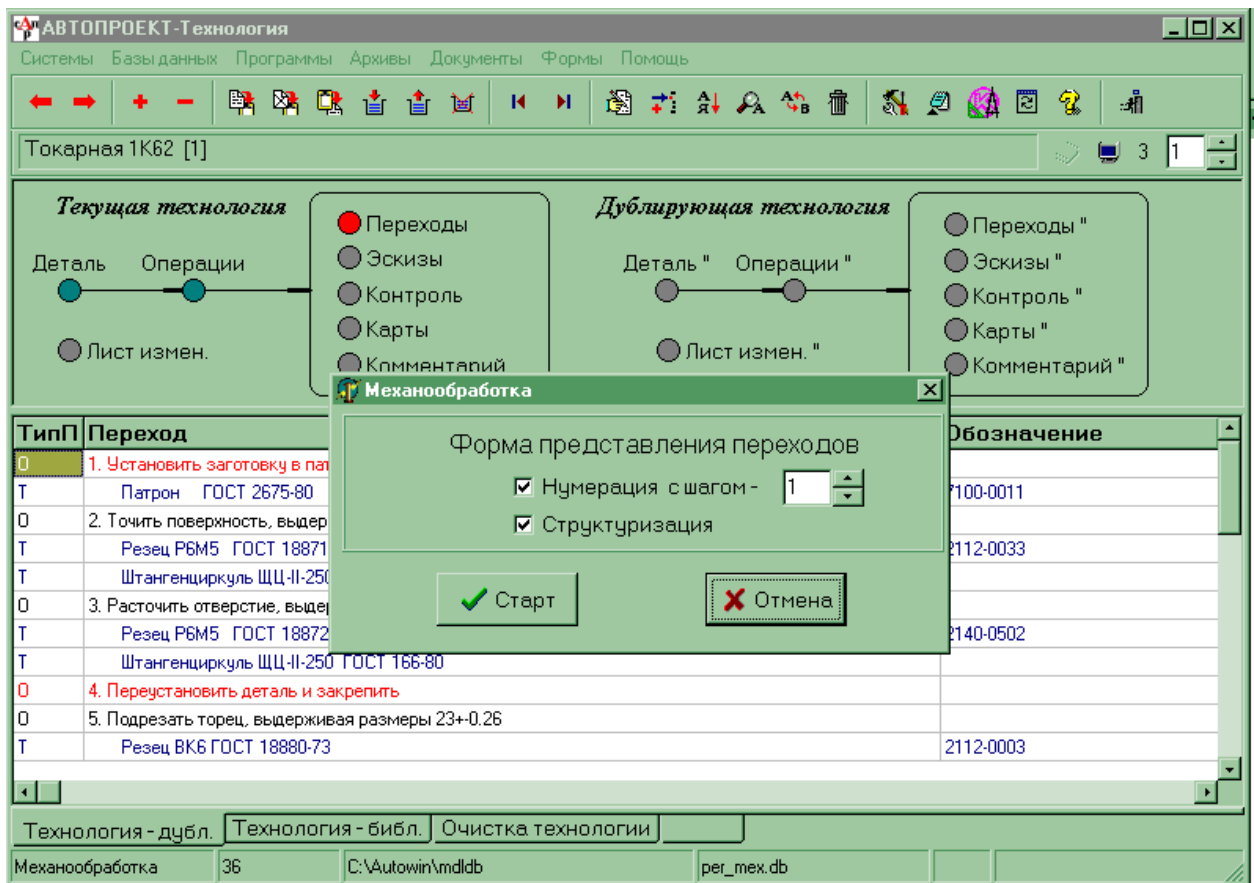


Рисунок 21. Запуск процедуры нумерации переходов

Обязательным условием работы данного режима - Формирование переходов является загрузка на одну из страниц блокнота текущей технологии, ввод информации об операции и перемещение на уровень "Переходы". Это необходимо сделать для того, чтобы система зафиксировала сведения об оборудовании и смогла бы применить их в качестве фильтра при выборе методов обработки и технологической оснастки. Нарушение данных условий приведёт к появлению сообщения: "Ошибка в SQL операторе".

В процессе формирования блока переходов не следует переключаться на другие страницы блокнота, т.к. это может привести к изменению параметров, используемых в качестве фильтра.

Особенностью данного режима является то, что уровни, расположенный за таблицей "Тип перехода": такие как "Переходы", "Режущие инструменты", "Вспомогательные инструменты", "Станочные приспособления", защищены от внесения изменений (степень защиты - "1" см. раздел "Защита данных"). При обращении к ним нельзя вставлять, удалять и редактировать записи. Нельзя отменять установленную защиту.

Список баз данных, расположенный на уровне "Тип перехода", может быть расширен самим пользователем. Для этого нужно добавить новую запись, ввести информацию о названии новой БД. В поле "Номер списка" указать номер подключаемой БД, под которым она зарегистрирована в каталоге баз данных системы. Для возможности копирования информации из этой БД

в результирующую таблицу, нужно добавить новый тип перехода в режиме редактирования структуры данных F3 (см. раздел Подключение новой базы данных к таблице переходы).

## 10 ВСТАВКА И ПРОСМОТР ЭСКИЗОВ ОПЕРАЦИЙ

Привязка эскизов к текущей технологии осуществляется на уровне "Операции". Каждая запись данной таблицы имеет поле "Файл эскиза". Чтобы увидеть полный список эскизов по всем операциям нужно выбрать соответствующую конфигурацию полей с помощью компонента UpDown, расположенного в правой верхней части формы:

В поле "Файл эскиза" заносятся имена соответствующих файлов, предварительно созданных в конструкторской САПР и сохранённых в каталоге, путь к которому указан в файле конфигурации системы autopro.ini в строке KatlGrafFile (Первоначальная настройка c:\autowin\eskiz). Поле "Файл эскиза" помечено символом "+" в колонке "G" в файле структуры op\_xxx.str. Чтобы просмотреть эскиз, необходимо подвести курсор на нужную операцию, убедиться, что в поле "Файл эскиза" присутствует имя файла, нажать кнопку на инструментальной панели с подсказкой "Просмотрщик Компас".

Запустится программа, имя которой указано в строке View (параметр в файле конфигурации - первоначальная настройка View:=C:\Program Files\Kompas 510\Bin\K5view.exe). Ей передаётся путь из строки KatlGrafFile + имя файла из поля "Файл эскиза".

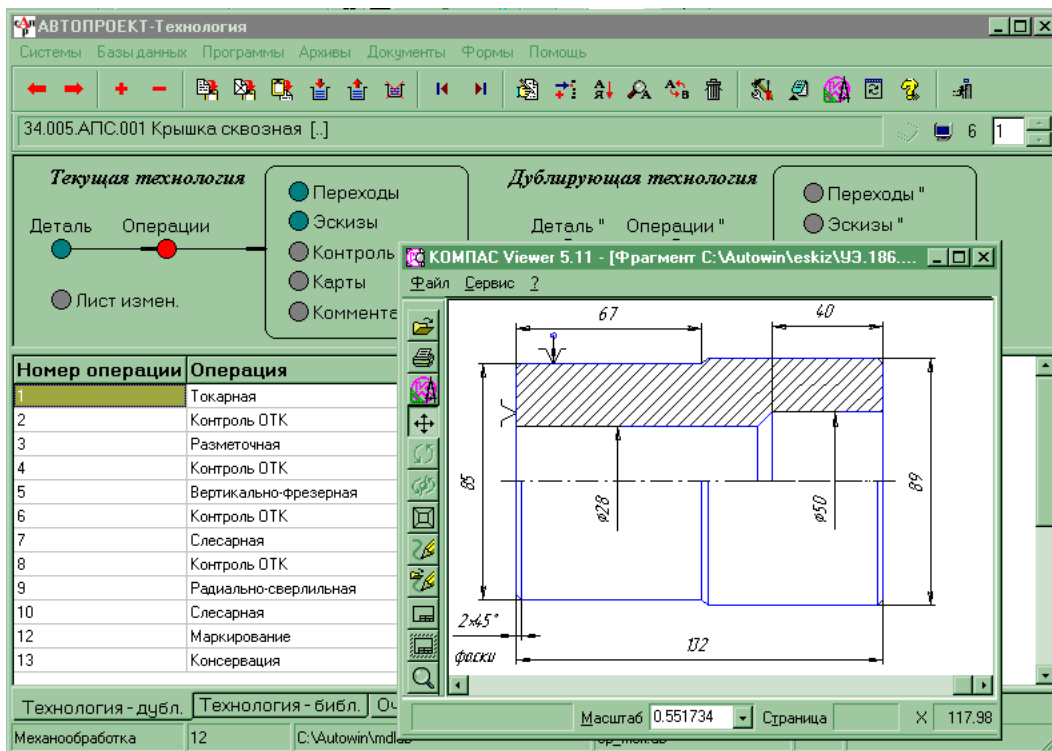


Рисунок 22. Привязка эскизов к текущей технологии

## 11 ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ В MS EXCEL

За формирование карт отвечает программа kart\_xls.exe, старт которой производится из блока основного меню “Программы”, режим “Формирование карт в Excel”. (Для правильной работы kart\_xls.exe необходимо установить на компьютере программу MS Excel). Модуль kart\_xls.exe выводит на экран форму, содержащую список технологических карт.

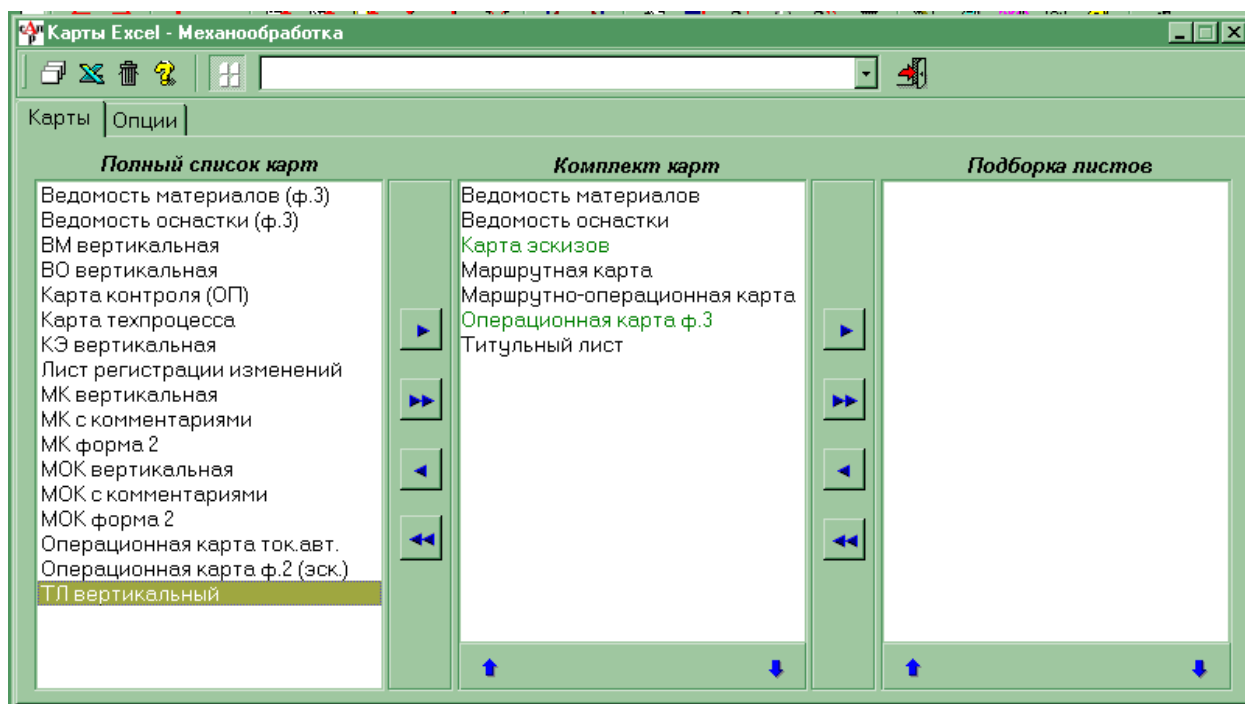


Рисунок 23. Список технологических карт

Необходимо из левого списка двойным щелчком мыши переместить в правый список требуемые карты. Далее нажать первую кнопку на инструментальной панели с подсказкой “Формирование комплекта”. Программа сформирует комплект карт и разместит их в книге с именем all.xls на отдельных листах. Карты можно корректировать и распечатывать.

Чтобы распечатать весь комплект карт необходимо стартовать режим печати в MS Excel с пометкой “Всю книгу”.

Просмотр уже сформированного комплекта карт осуществляется кнопкой с подсказкой “Просмотр комплекта”.

Кнопка с подсказкой “Удаление карт” удаляет все неактивные карты в текущем каталоге ...\\TP\\xxx\_XLS.

Для того чтобы сформировать одну карту, необходимо установить курсор на имени карты и нажать правую кнопку мыши. Из выпадающего списка выбрать режим “Формирование карты”.

Перечень имен карт из правого списка можно сохранить (в текстовом файле в текущем каталоге ...\\FORMA\\xxx\_XLS ) под определенным именем (кнопка с пиктограммой Дискета). Выбор сохраненного списка карт осу-

ществляется в компоненте, расположенном на инструментальной панели формы.

На закладке “Опции” можно задать некоторые параметры процедуры формирования технологических.

Нумерация операций:

Произвольная - номера операций берутся из таблицы “Операции” из поля “Номер операции”

Автоматическая - с заданного номера с определенным интервалом.

Шаг между операциями – число пустых строк в карте между операциями.

См. так же раздел Настройка карт Excel.

## 12 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Для того чтобы корректно произвести данный расчет необходимо в поле текущей технологии на уровне "Операции" задать "Тип операции" и "Модель станка". На уровне "Переходы" сформировать текст перехода, одновременно определив код перехода. Далее в режиме F4 подвести курсор к пиктограмме - красная книжка поля "Тип", двойным щелчком мыши загрузить справочную таблицу "Тип перехода. Стартовать процедуру "Расчет режимов резания". Если ввод информации осуществляется в режиме "Формирование переходов", то сначала нужно назначить переход, затем стартовать процедуру расчета из строки "Расчет режимов резания".

На экран будет загружена форма, содержащая информацию о паспортных данных станка : число ступеней, число оборотов, подачи : поперечные, продольные, вертикальные.

Исходными данными для расчета являются следующие реквизиты:

- Диаметр (Ширина) [D];
- Длина [L];
- Число проходов [i];

которые вводятся в соответствующих полях редактирования.

Для выбора подачи S и числа оборотов N необходимо произвести двойной щелчок в нужных полях таблицы паспортных данных станка.

При нажатии кнопки "Расчет" программа определит скорость резания "V" и основное время "To". Ключевым словом для определения формулы расчета является переход

1. Обточить, расточить, точить, проточить, подрезать, снять фаски, центровать, сверлить, рассверлить, зенкеровать, развернуть, зенковать, шлифовать, фрезеровать:

$$T_o = L * i / n * S; \quad V = P_i * D * n / 1000;$$

2. Строгать, долбить:

$$T_o = L * i / n * S; \quad V = 2 * L * n / 1000;$$

3. Отрезать:

$$T_o = L / n * S; \quad V = 2 * L * n / 1000;$$



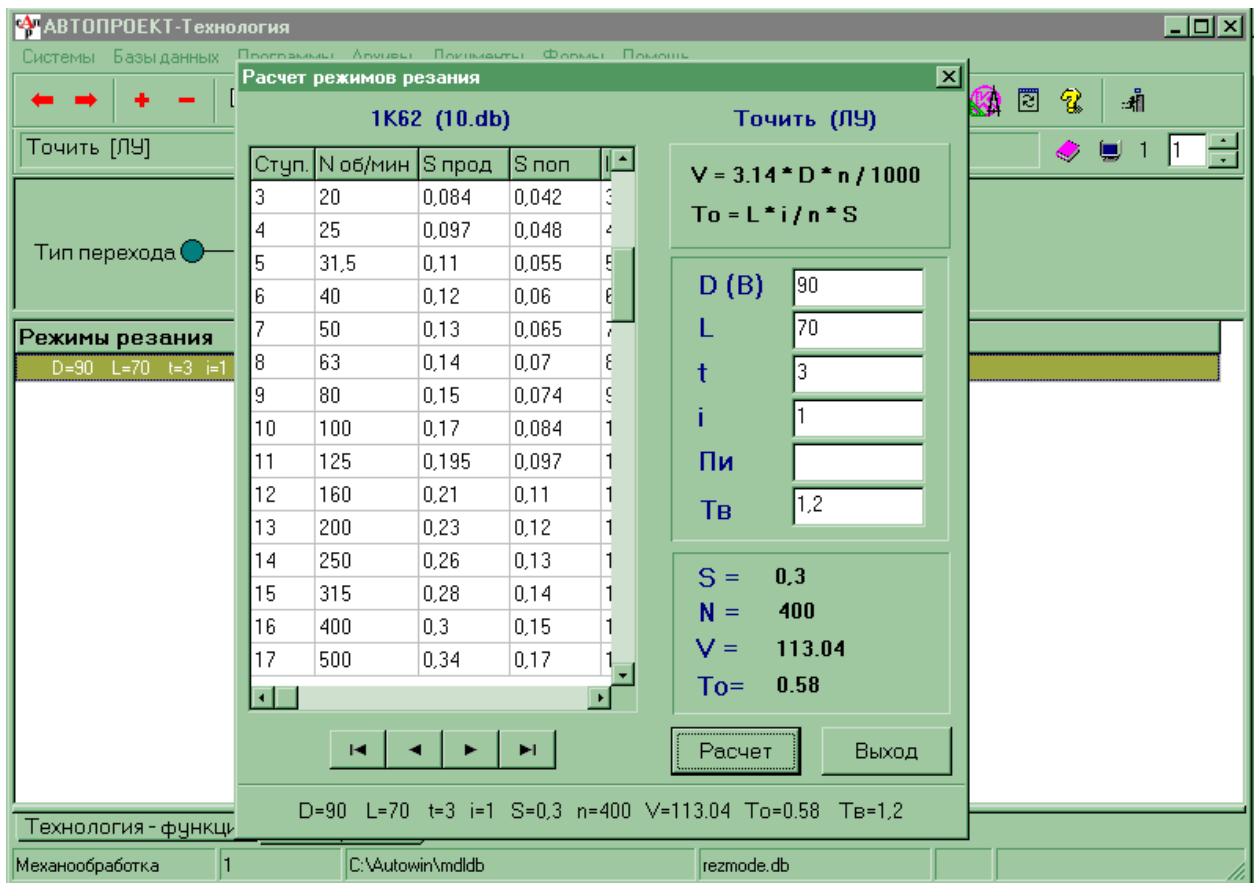


Рисунок 23. Расчет режимов резания.

Результаты расчета формируются в текстовую строку и переносятся в технологию.

### 13 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретическими вопросами, необходимыми для выполнения данной работы (Главы 1-12).
2. Получить задание – чертеж детали в электронном виде, ознакомиться, составить представление об объекте производства.
3. Разработать маршрут обработки и наметить содержание переходов технологических операций.
4. С помощью чертежно-конструкторского редактора КОМПАС-ГРАФИК разработать необходимые операционные эскизы в виде фрагментов, используя электронный чертеж детали. Разместить разработанные эскизы на жестком диске ПК.
5. Загрузить подсистему "АВТОПРОЕКТ-Технология" (модуль - autopro.exe), используя меню «ПУСК» - «Программы» - «КОМПАС-АВТОПРОЕКТ» - «autopro». Ознакомиться с интерфейсом подсистемы.
6. Очистить поле текущей технологии, перейдя на новую закладку и в блоке "Базы данных" основного меню загрузив режим "Очистка технологии". Далее двойным щелчком левой кнопки мыши на нужной записи стартовать процедуру очистки ТП.
7. Вернуться на закладку «Технология-библ» на уровень «Деталь» – ввести данные, используя клавишу F4 (Рис 12).
8. Перейти на уровень "Операции" нажатием кнопки "На один уровень вниз" или функциональной клавишей F12 или двойным щелчком на записи в таблице. При начальном вводе таблица "Операции" не содержит записей. Необходимо зарезервировать нужное количество строк клавишей Insert. Далее последовательно в каждую строку ввести информацию об одной технологической операции. Порядок следования операций в технологическом маршруте задается порядком расположения строк в таблице. Режим корректировки полей (F4) осуществляет загрузку формы редактирования.
9. Перейти на уровень "Переходы" нажатием кнопки "На один уровень вниз" или функциональной клавишей F12 или двойным щелчком на записи в таблице. При начальном вводе таблица "Переходы" не содержит записей. Необходимо зарезервировать нужное количество строк клавишей Insert. Система перейдет на следующий уровень и в рабочее поле системы будет загружена таблица «Переходы». Последовательно в каждую строку ввести информацию об одном технологическом переходе. Порядок следования переходов задается порядком расположения строк в таблице. Режим корректировки полей (F4) осуществляет загрузку формы редактирования.
10. Ввести в соответствующие конкретному переходу строки данные о приспособлении и инструменте, используя способ ввода информации в таблицу «Переходы». Из блока основного меню "Базы данных" запустить режим «Станочные приспособления» или «Резущие инструменты». На активную страницу многостраничного блокнота будет загружен соответствующий список доступных баз данных. Выбирается строка с нужной БД, нажимается F12, осуществляется выбор требуемой информации клавишей F12. Воз-

врат от результирующей таблицы к уровню «Тип перехода» осуществляется двойным щелчком правой клавиши мыши на соответствующем типоразмере оснастки или инструмента. Повторяя данную итерацию необходимое число раз, можно сформировать список оснастки и инструмента для каждого перехода.

11. Выполнить привязку эскизов к текущей технологии. Данная процедура осуществляется на уровне «Операции». Каждая запись данной таблицы имеет поле «Файл эскиза». В поле «Файл эскиза» заносятся имена соответствующих файлов, предварительно созданных в конструкторской САПР и сохранённых в каталоге. Чтобы просмотреть эскиз, необходимо подвести курсор на нужную операцию, убедиться, что в поле «Файл эскиза» присутствует имя файла, нажать кнопку на инструментальной панели с подсказкой «Просмотрщик Компас».

## 14 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

**Задание:** Разработать технологический процесс обработки детали «Втулка», оформить технологические карты.

Чертеж детали представлен на Рис 24.

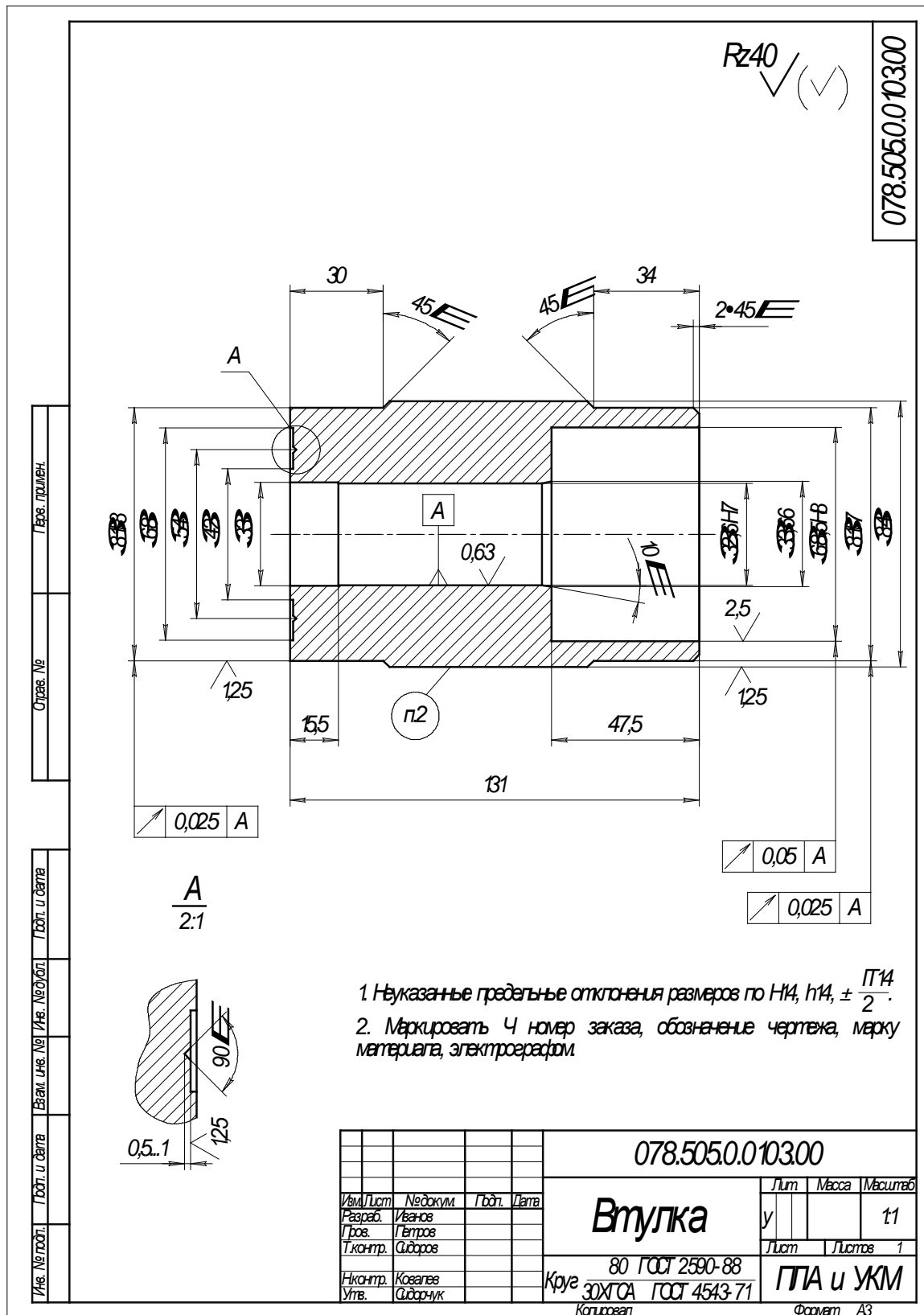


Рисунок 24. Чертеж детали «Втулка»

Разрабатываем маршрут обработки и намечаем содержание переходов технологических операций:

Операция 005 «Токарная». Оборудование: станок токарно-винторезный 1К62, приспособление патрон трехкулачковый.

Операция содержит следующие переходы:

- 1) Установить и закрепить деталь;
- 2) Подрезать торец напроход, инструмент – резец подрезной;
- 3) Точить поверхность вращения  $\varnothing 85$  мм на длину  $l=133,5$  мм, инструмент – резец проходной прямой  $\omega=458$ .
- 4) Точить поверхность вращения  $\varnothing 81$  мм на длину  $l=34$  мм, инструмент – резец проходной прямой  $\omega=458$ .
- 5) Точить фаску, выдерживая размеры 23458, инструмент – резец проходной прямой  $\omega=458$ .
- 6) Сверлить сквозное отверстие  $\varnothing 32$  мм, инструмент – сверло  $\varnothing 32$  мм.
- 7) Расточить поверхность, выдерживая  $\varnothing 68,5$  мм на длину  $l=47,5$  мм, инструмент – резец расточной.
- 8) Расточить отверстие, выдерживая размеры  $\varnothing 33,6f8$  мм на проход, инструмент – резец расточной.
- 9) Точить фаску, выдерживая угол 108 от  $\varnothing 33,66$  мм, инструмент – резец расточной.
- 10) Отрезать деталь в размер  $l=133,5$  мм, инструмент – резец отрезной.
- 11) Снять деталь и уложить деталь в тару.

Операционный эскиз для данной операции представлен на Рис 25.

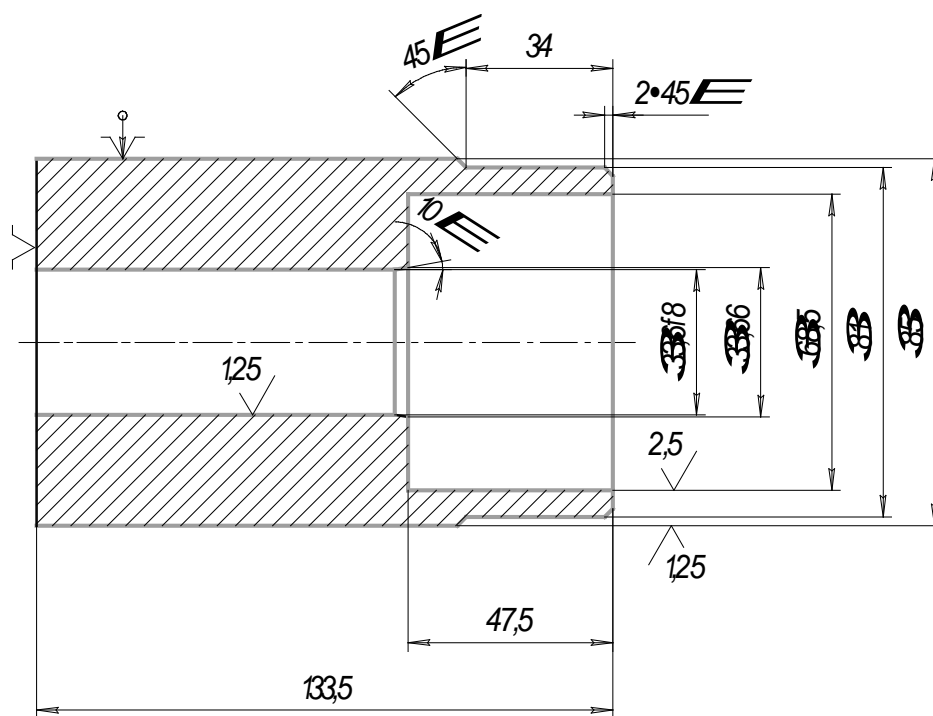


Рисунок 25. Эскиз для операции 005 «Токарная»

Операция 010 «Токарная». Оборудование: станок токарно-винторезный 1К62, приспособление патрон трехкулачковый.

Операция содержит следующие переходы:

- 1) Установить и закрепить заготовку;
- 2) Подрезать торец напроход, инструмент – резец подрезной;
- 3) Расточить отверстие, выдерживая  $\varnothing 33$  мм на длину  $l=15,5$  мм, инструмент – резец расточной.
- 4) Прорезать канавку на торцевой поверхности от  $\varnothing 42$  мм до  $\varnothing 68$  мм на глубину 1 мм, инструмент - резец канавочный, специальный.
- 5) Прорезать канавку на торцевой поверхности на  $\varnothing 54$  мм на глубину 0,5...1 мм, инструмент - резец канавочный, специальный,  $\omega=908$ .
- 6) Снять деталь и уложить в тару.

Операционный эскиз для данной операции представлен на Рис 26.

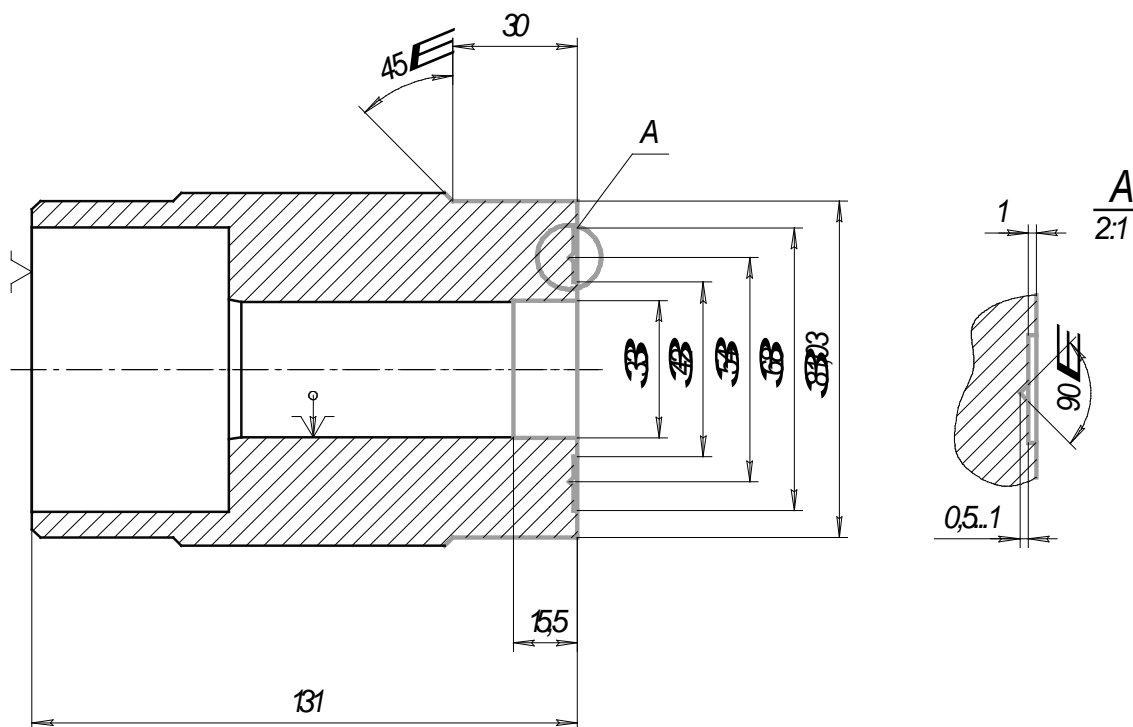


Рисунок 26. Эскиз для операции 010 «Токарная»

Далее загружаем подсистему "АВТОРОЕКТ-Технология" (модуль - autorgo.exe)

Очищаем поле текущей технологии, перейдя на новую закладку и в блоке "Базы данных" основного меню загрузив режим "Очистка технологии".

Запускаем из главного меню «Базы данных» режим «Технология функ.» и на уровне «Деталь» – вводим соответствующие форме редактирования данные о детали, используя клавишу F4 в режиме редактирования записи (Рис 27). По окончании ввода информации закрываем режим редактирования.

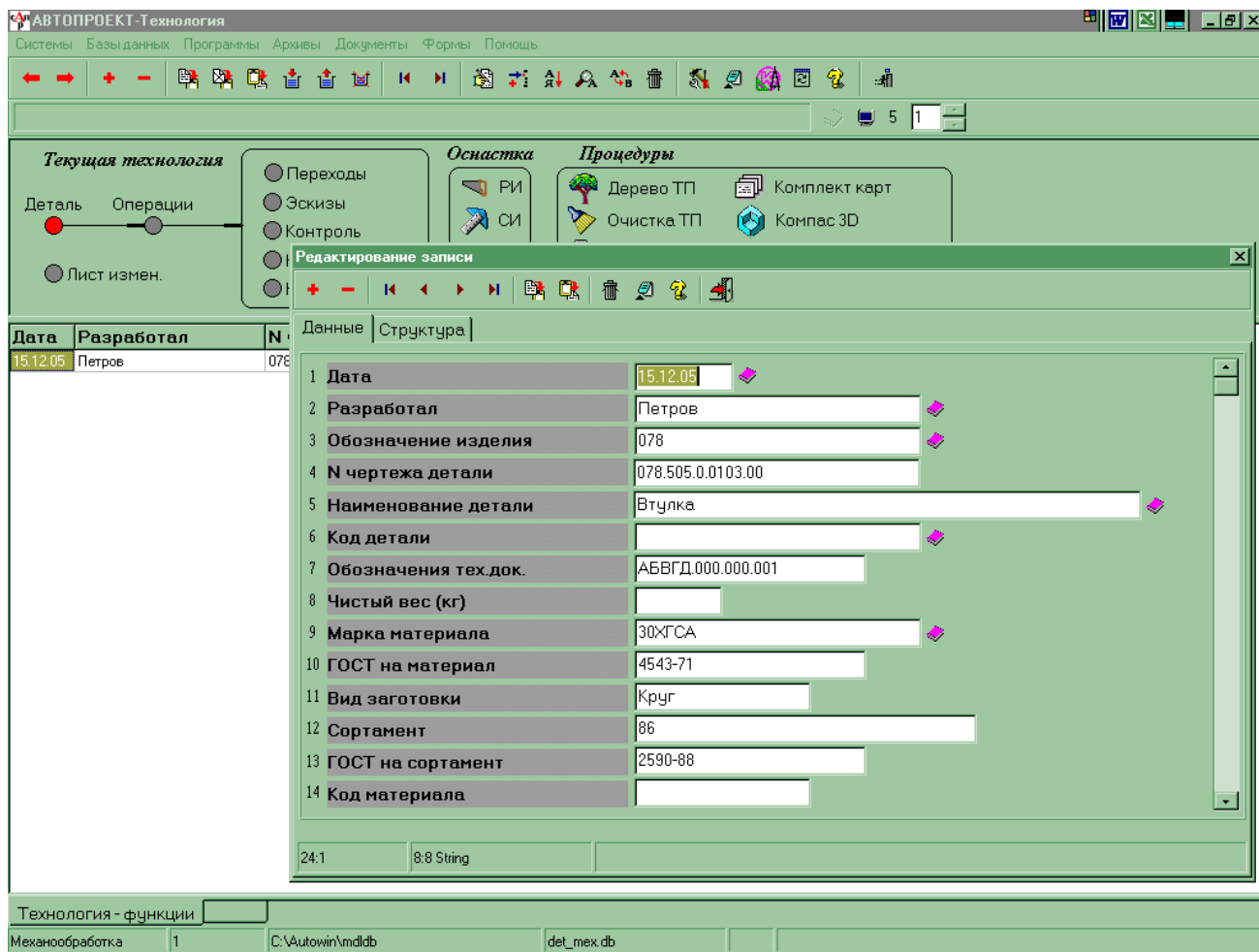


Рисунок 27. Режим заполнения и редактирование записи на уровне «Деталь»

Переходим на уровень "Операции" нажатием кнопки "На один уровень вниз" или функциональной клавишей F12 или двойным щелчком на записи в таблице. При начальном вводе таблица "Операции" не содержит записей. Необходимо зарезервировать нужное количество строк клавишей Insert. Далее последовательно в каждую строку ввести данные об одной технологической операции. Порядок следования операций в технологическом маршруте задается порядком расположения строк в таблице. Режим корректировки полей (F4) осуществляет загрузку формы редактирования (Рис 28). В данном режиме осуществляем ввод данных об операции (Оборудование, код операции, содержание операции, СОЖ, № цеха, № участка, № ИОТ и других данных в соответствии с формой редактирования). По окончании ввода информации закрываем режим редактирования.

Переходим на уровень "Переходы" нажатием кнопки "На один уровень вниз" или функциональной клавишей F12 или двойным щелчком на записи в таблице. При начальном вводе таблица "Переходы" не содержит записей. Необходимо зарезервировать нужное количество строк клавишей Insert. Ввести в соответствующие конкретному переходу строки данные о содержании перехода, о приспособлении и инструменте, используя способ ввода информации в таблицу «Переходы».

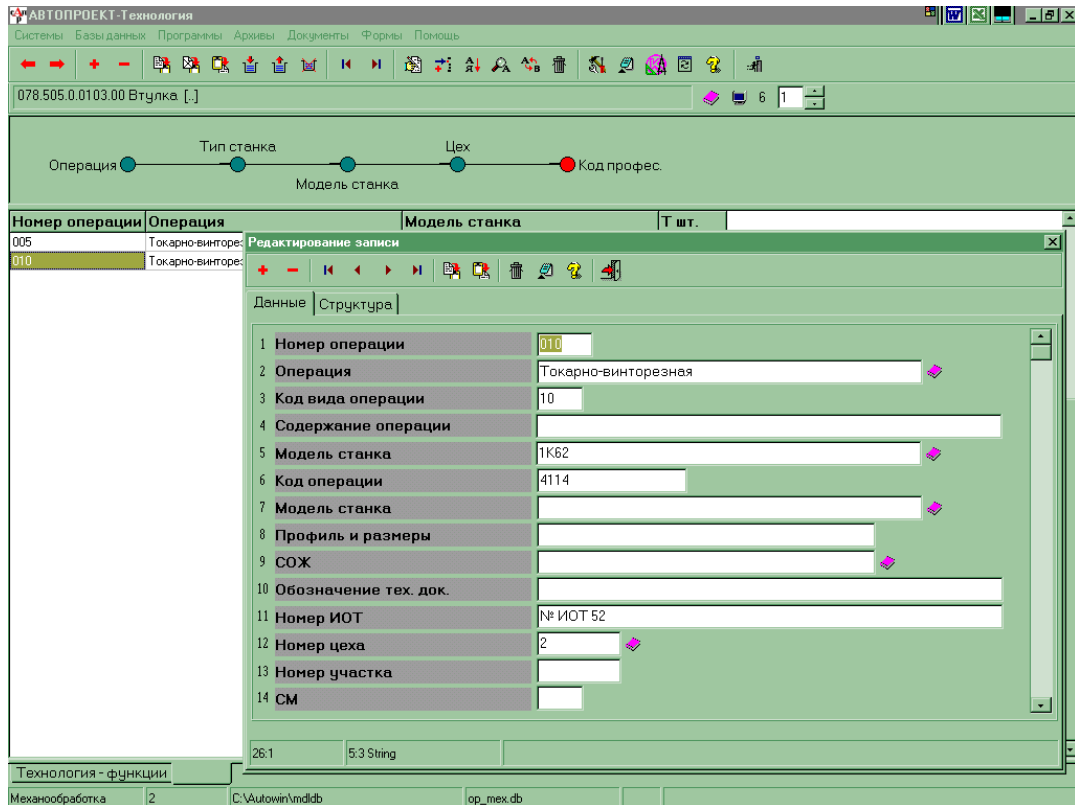


Рисунок 28. Режим заполнения и редактирование записи на уровне «Операция»

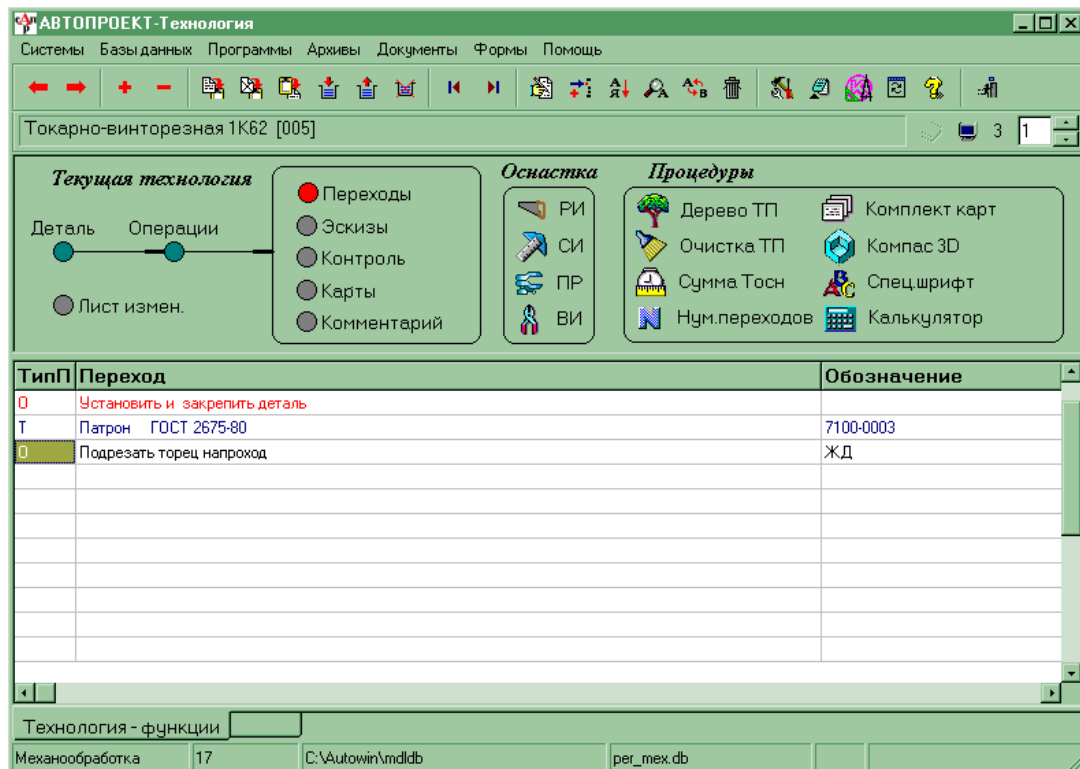


Рисунок 29. Режим заполнения и редактирование записи на уровне «Переходы»



Для этого в соответствующей строке таблицы дважды щелкнуть левой кнопкой мыши. На активную страницу многостраничного блокнота будет загружен соответствующий список доступных баз данных «Тип перехода» из которого можно войти в режим доступа к базам «Вспомогательный переход», «Основной переход», «Станочные приспособления», «Режущие инструменты» и т.д. (Рис 30).

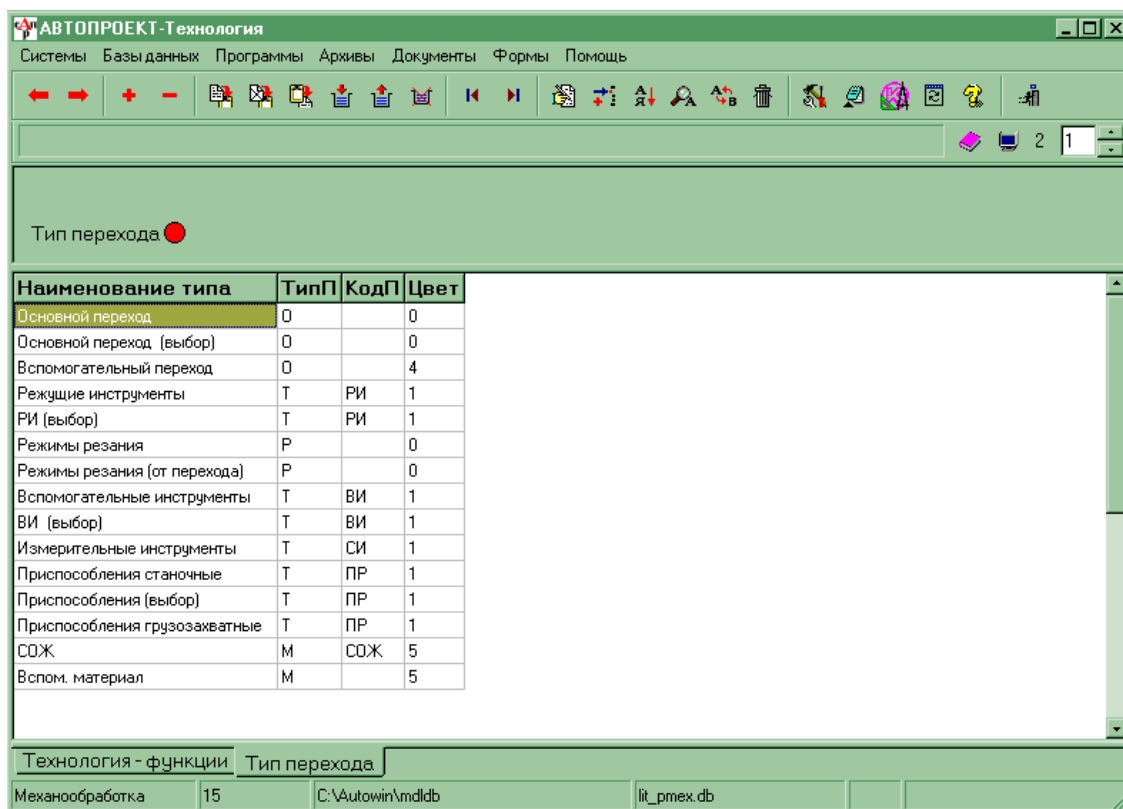


Рисунок 30. Список доступных баз данных «Тип перехода»

Выбирается курсором строка с нужной БД, нажимается F12, осуществляется выбор требуемой информации клавишей F12, например содержание базы данных о режущем инструменте, которая представлена на Рис 31. Возврат от результирующей таблицы к уровню «Переходы» осуществляется двойным щелчком правой клавиши мыши на соответствующем типоразмере оснастки или инструмента или нажатием клавиши F12. При этом необходимая информация заносится в соответствующую строку записи на уровне «Переходы». Повторяя данную итерацию необходимое число раз, можно сформировать содержание, наименование и обозначение необходимой оснастки, инструмента и т.п. для каждого перехода.

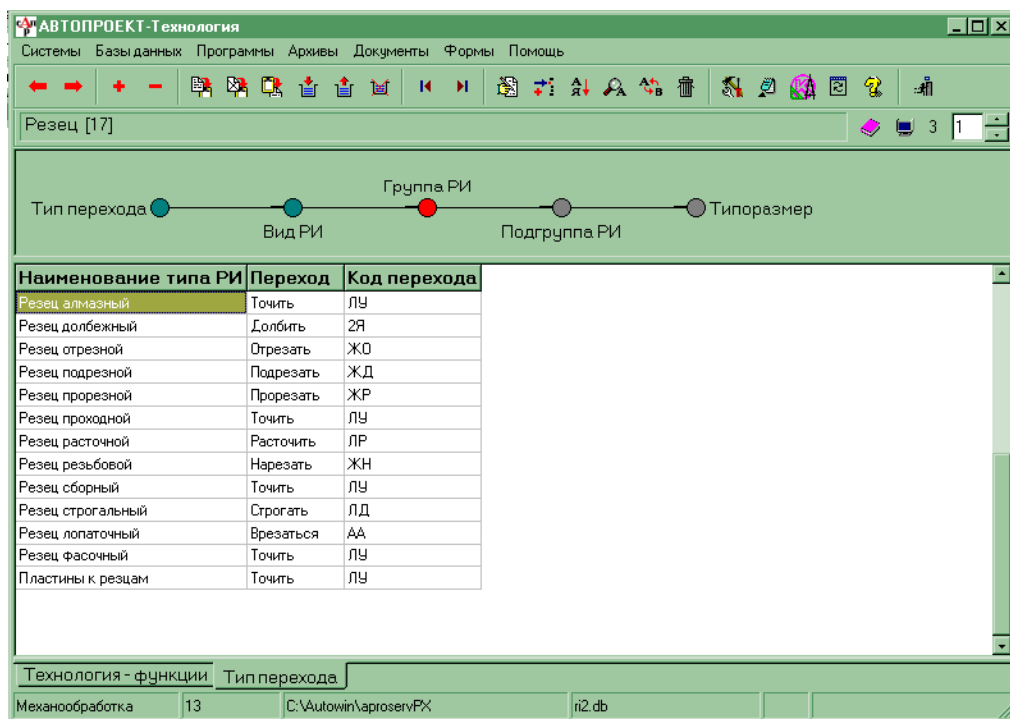


Рисунок 31. Структура доступных баз данных «Тип перехода» на примере базы данных «Режущий инструмент»

Заполненная таблица уровня «Переходы» для операции 005 «Токарная», включающая данные о содержании перехода, данные о технологической оснастке и режущем инструменте представлена на Рис 32. Аналогичным образом заполняем таблицы уровня «Переходы» для всех операций, входящих в разрабатываемый технологический процесс.

АВТОПРОЕКТ-Технология

Системы Базы данных Программы Архивы Документы Формы Помощь

Токарно-винторезная 1К62 [005]

**Текущая технология**

Деталь — Операции

● Лист измен.

**Переходы**

- Переходы
- Эскизы
- Контроль
- Карты
- Комментарий

**Оснастка**

- RI
- СИ
- ПР
- ВИ

**Процедуры**

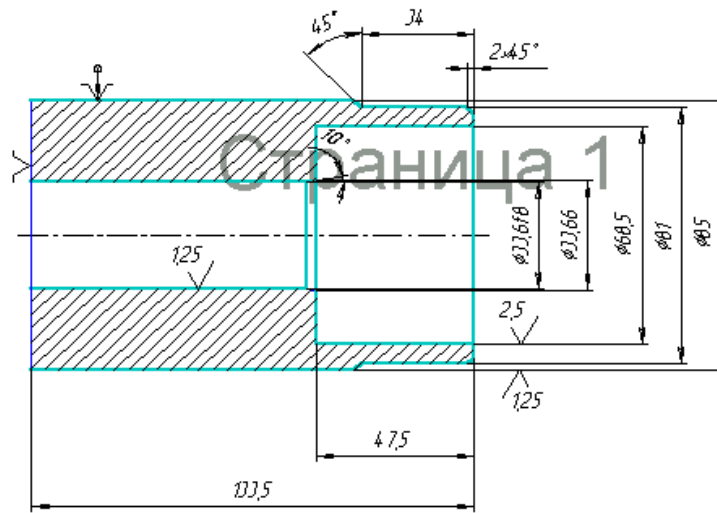
- Дерево ТП
- Очистка ТП
- Сумма Тосн
- Нум.переходов
- Комплект карт
- Компас 3D
- Спец.шрифт
- Калькулятор

ТипП	Режущий инструмент	Обозначение РИ
0	Установить и закрепить деталь	
T	Патрон ГОСТ 2675-80	7100-0003
0	Подрезать торец напроход	ЖД
T	Резец ГОСТ 18871-73	2112-0035
0	Точить поверхность вращения ,выдерживая D=85 мм на длину 133,5 мм	ЛУ
T	Резец ВК6 ГОСТ 18878-73	2100-0213
0	Точить поверхность вращения ,выдерживая D=81 на длину 34 мм	ЛУ
T	Резец ВК6 ГОСТ 18878-73	2100-0409
0	Точить фаску ,выдерживая размеры 2 на 45 градусов	ЛУ
T	Резец ВК6 ГОСТ 18878-73	2100-0409
0	Сверлить отверстие сквозное D= 32 мм	ЖЯ
T	Сверло ГОСТ 10903-77	2301-3683
0	Расточить отверстие ,выдерживая D=68,5 мм на длину 47,5 мм	ЛР
T	Резец ВК4 ГОСТ 18883-73	2141-0057
0	Точить фаску ,выдерживая угол 10 градусов от D=33,66 мм	ЛУ
T	Резец ВК4 ГОСТ 18882-73	2140-0005
0	Расточить сквозное отверстие ,выдерживая размеры D=33,618	ЛР
T	Резец ВК4 ГОСТ 18882-73	2140-0005
0	Отрезать деталь в размер l=133,5 мм	ЖО
T	Резец ВК6 ГОСТ 18884-73	2130-0009
0	Снять деталь и уложить в тару	

Рисунок 32. Заполненная таблица уровня «Переходы» для операции 005 «Токарная», включающая данные о содержании перехода, данные о технологической оснастке и режущем инструменте



				ГОСТ 3.1105-84 , форма 7			
Дубл.							
Взам.							
Губл.							
						1	1
Разраб.	Петров		16.12.06	СГАУ	078.505.0.0103.00	078	АБВГД.000.000.001
				Втулка			
Н.контр.							005



<b>КЭ</b>	Карта эскизов	1
-----------	---------------	---

## 1. ВВЕДЕНИЕ. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Особенностью современного этапа развития авиаракетостроения в России является создание новой технологической среды, в основе которой лежит полное электронное определение изделий и цифровое производство, требующее информационной интеграции на базе CALS (ИПИ)-технологий.

Важнейшее место в этой среде отводится технологической подготовке производства. Тенденции развития машиностроения в этом плане выглядят следующим образом (см. [рис.1](#) [1]).



Рис.1 Тенденции развития машиностроения

Если к концу прошлого столетия чертежи на бумажных носителях и аналоговые технологии сосуществовали с цифровыми технологиями и электронными носителями информации, то в настоящее время завершается переход к машиностроению с полным электронным определением изделий и компьютерным технологиям V поколения. Реализация цифрового проектирования в технологической подготовке производства требует как постоянного переоснащения современными программно-техническими комплексами, оборудованием с ЧПУ, так и средствами контроля, включая бесконтактные и контактные методы оцифровки деталей и узлов. Для авиастроения Национальный институт авиационных технологий (НИАТ) разработал концепцию стратегии развития производства на базе информационных технологий и цифровой подготовки производства как единой проектно-производственной среды ([рис.2](#), [3](#), [4](#) [1]). Согласно этой стратегии дальнейшей перспективой развития цифровых технологий является постепенный переход от 3D-моделей деталей, оснастки и процессов к построению 3D-моделей участков, цехов, производств на основе гибких реконфигурируемых систем.

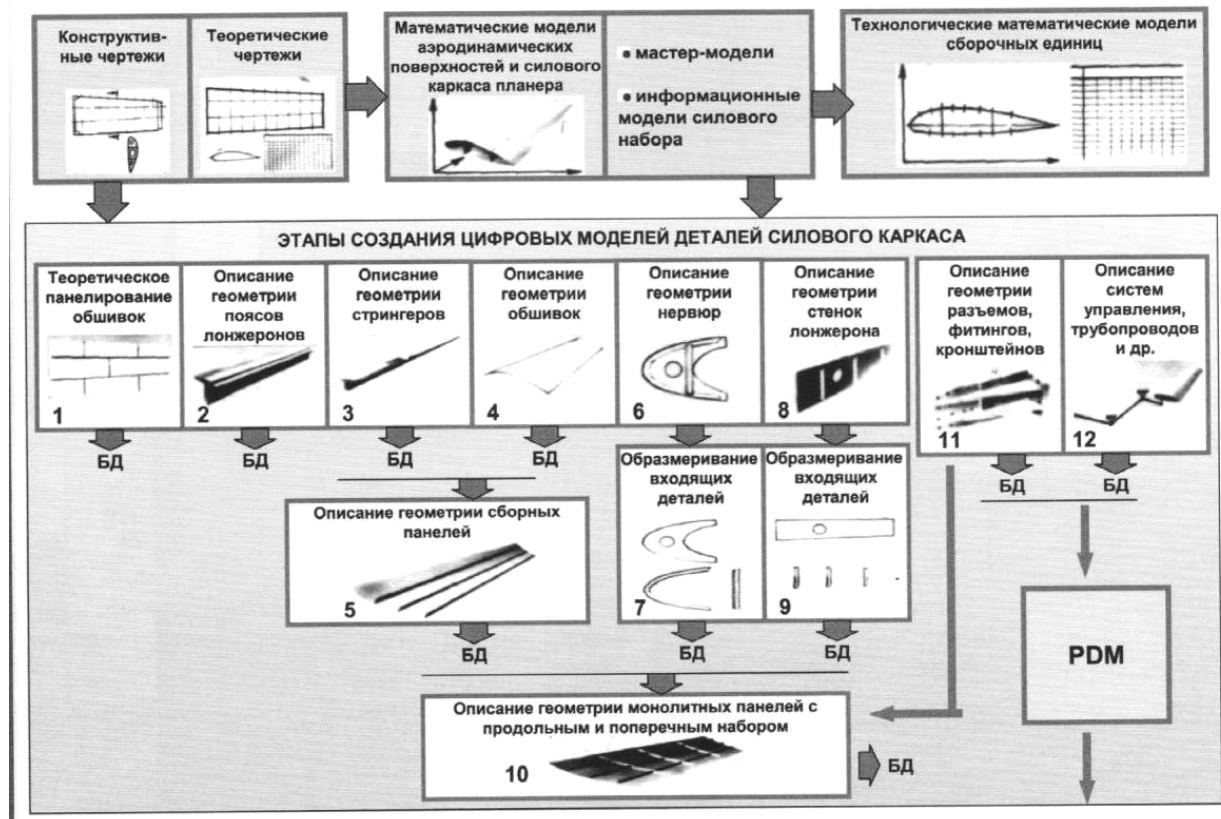


Рис.2. Конструкторско-технологическая подготовка производства на базе мастер-моделей при переходе от плазово-шаблонного метода к цифровому

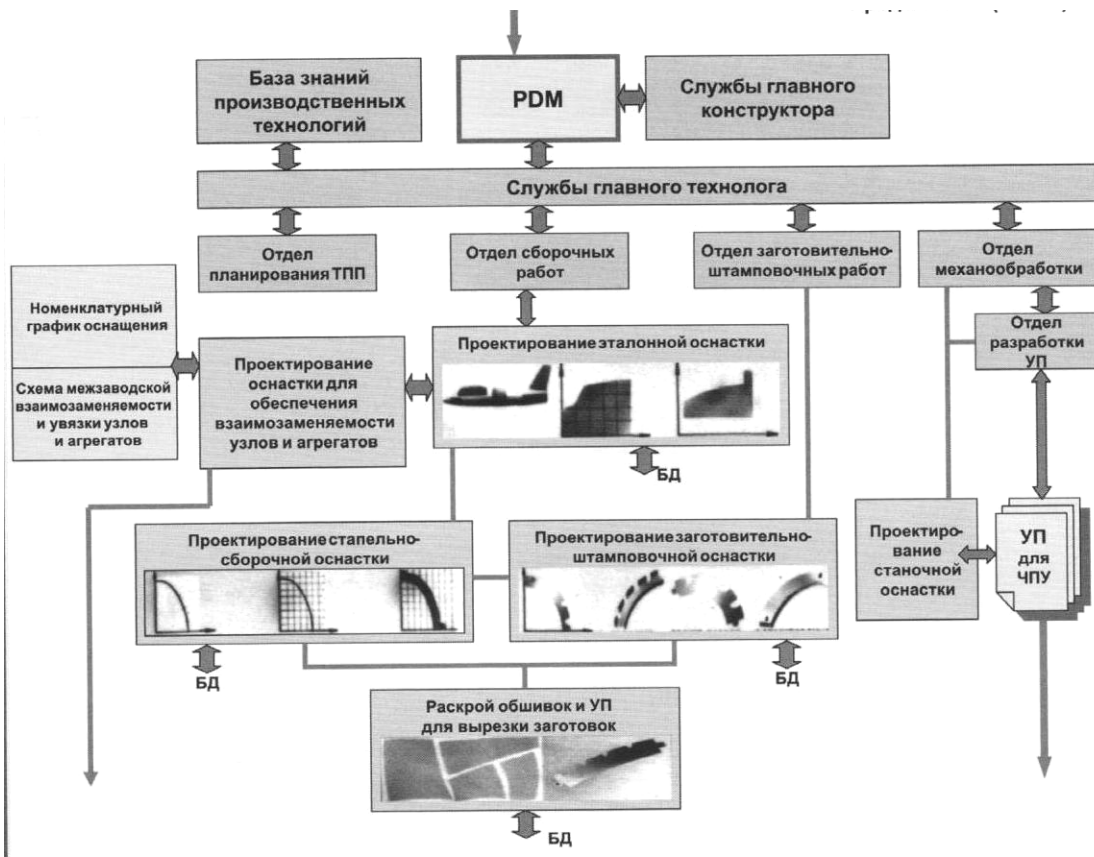


Рис.3. Конструкторско-технологическая подготовка производства в условиях ИПИ-технологий





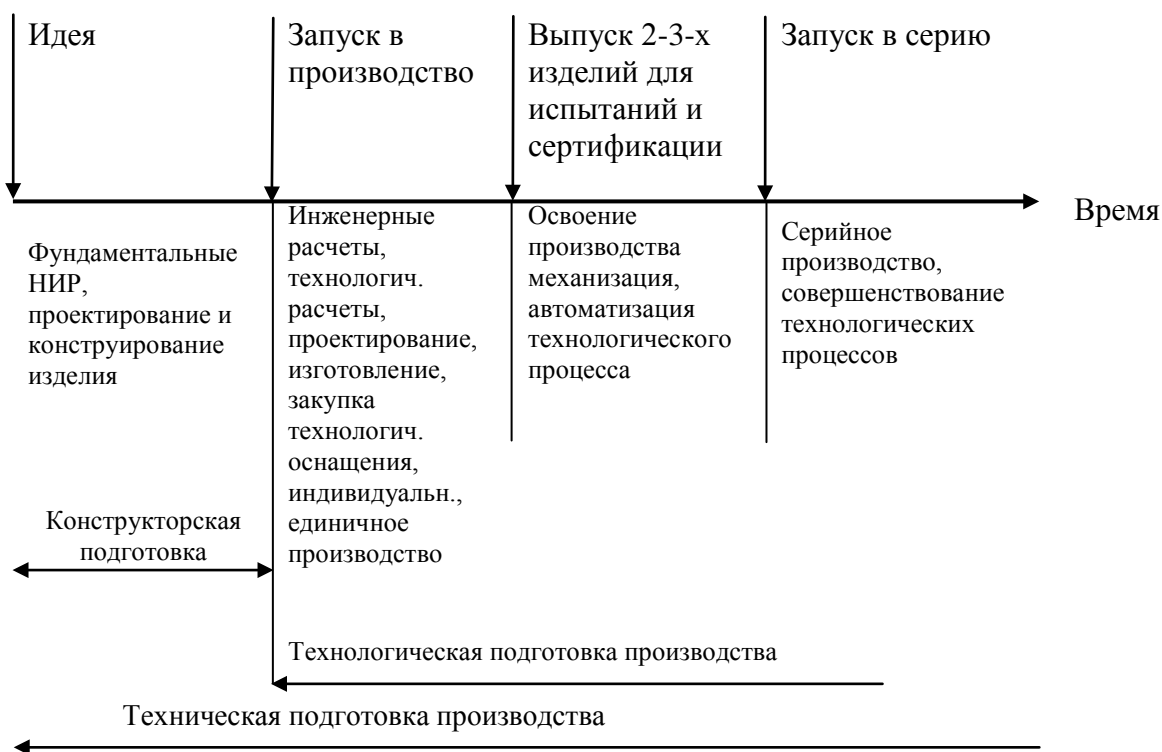


Рис.5. Этапы создания самолетов

Таким образом, технологическая подготовка производства начинается, когда первые элементы конструкции приобретают свой окончательный вид на экранах компьютеров, и продолжается в течение всего срока производства изделия.

Технологическая подготовка производства является высокоавтоматизированным процессом и подразумевает на стадии, предшествующей изготовлению специального технологического оснащения и непосредственно элементов изделий, использование разнообразных программных продуктов. Автоматизированная система технологической подготовки производства – АС ТПП – состоит из подсистем (рис. 6):

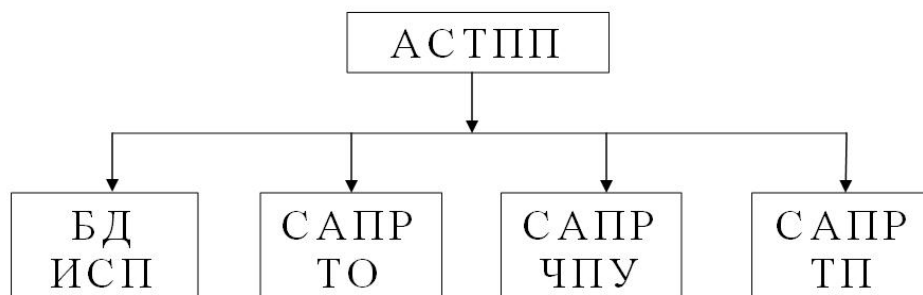


Рис.6. Структура автоматизированной системы технологической подготовки производства

- информационно-поисковой системы (ИПС), являющейся базой данных (БД) для работы остальных подсистем;
- системы автоматизированного проектирования технологического оснащения (САПР ТО), предназначенной для разработки конструкции ступелей, штампов, кондукторов, спецфрез и т.д.;
- системы автоматизированного расчета управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением (САПР ЧПУ), применяющегося при изготовлении как технологического оснащения, так и элементов конструкции изделий;
- системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) для разработки маршрутных технологий, операционных технологий, оформления карт, ведомостей и другой технологической документации.

Работы в области автоматизации проектирования технологических процессов (АПТП) или, что то же самое, в области разработки систем автоматизации проектирования технологических процессов (САПР ТП) начались вместе с появлением средств вычислительной техники. Целями автоматизации такого проектирования были и остаются разгрузка технолога от рутинной работы по оформлению документов, ускорение разработки технологической документации, повышение качества разработки ТП, повышение престижности работы технолога. В авиааракетостроении, для которого характерна мелкосерийность и частая сменяемость продукции, разработка технологических процессов в большей степени сводится к тиражированию известных технических решений с небольшими корректировками, что вызывается постоянными видоизменениями конструкции изделий, ее совершенствованием.

В условиях ручной разработки техпроцессов технолог занимается зачастую переписыванием имеющейся технологической документации, превращая ее в новую для новой продукции, которая, как правило, является аналогом старой без коренных изменений. Творческая составляющая деятельности технолога появляется лишь изредка при освоении производства новых оригинальных изделий.

С появлением новых компьютерных технологий такая рутинная работа и была автоматизирована в первую очередь. При этом на характер разработок в области автоматизации большое влияние, естественно, оказывало развитие средств вычислительной техники, ее возможности.

Укрупненно разработки по автоматизации проектирования технологических процессов можно разделить на несколько основных направлений в хронологическом порядке:

- 1 – автоматизация расчетов и проектных решений отдельных составных частей технологического процесса;
- 2 - автоматизация проектирования технологических процессов на основе классификационных признаков деталей и сборочных единиц;
- 3 – автоматизация проектирования технологических процессов с применением инвариантных автоматизированных систем;
- 4 – автоматизация проектирования технологических процессов в условиях безбумажной технологии (CALS-технологии, или ИПИ-технологии).

Первое направление развивалось в начале появления средств вычислительной техники. Небольшие возможности техники в тот период позволяли решать задачи автоматизации расчетов раскроя листа на заготовки в холодной штамповке, режимов резания, межоперационных и общих припусков на механическую обработку резанием, норм времени в сборке и другие подобные задачи типа «расчет». Эта автоматизация решения отдельных задач сыграла свою роль, освободив инженеров-технологов от нетворческих операций, несмотря на неудобства эксплуатации техники, вызванные сложностью ввода-вывода информации и другими несовершенствами тогдашних электронно-вычислительных машин.

Второе направление автоматизации проектирования технологических процессов получило развитие на основе использования классификационных признаков объектов производства – деталей и сборочных единиц. Идея такого подхода к проектированию техпроцесса состоит в использовании имеющихся в некоторой базе данных готового, разработанного ранее и сохраненного техпроцесса на похожее изделие. Этот имеющийся техпроцесс отыскивается информационно-поисковой системой на основе сравнения конструкции новой детали (изделия) с конструкцией деталей (изделий), техпроцессы которых хранятся в условно-постоянной памяти. Далее следует превращение найденного прототипа в новый техпроцесс, что может осуществляться либо автоматизировано, либо технологом-оператором путем видоизменения состава или последовательности использования структурных составляющих исходной технологии. Конечно, такой подход применим лишь для типовых конструкций, оригинальные объекты производства подходящих прототипов не имеют, но именно типовые технологические процессы и составляют неприятную рутинную часть деятельности технолога, т.е. этот недостаток не

имеет существенного значения. Более существенный недостаток заключается в том, что информационная база, сформированная или накопленная на одном типе изделий, почти не применима для других, она не универсальна, а привязана к определенному классу деталей и сборочных единиц. Таким образом, ее тиражирование, распространение, продажа ограничены весьма узким кругом заинтересованных пользователей.

С этой точки зрения и началось развитие третьего направления – автоматизация проектирования технологических процессов с применением инвариантных автоматизированных систем, не зависящих от типа конструкции изделия. Разработчикам этого направления удалось в значительной мере автоматизировать процесс проектирования технологий только лишь для обработки резанием, другие виды обработки как сравнительно менее распространенные не были охвачены этой процедурой. Разработанные для резания системы не нашли широкого применения и распространения в силу сложности моделирования решения логических задач типа «выбор» в условиях неопределенности исходных данных и многовариантности результатов. Однако за счет снижения автоматизации проектирования до приемлемого уровня путем передачи трудноформализуемых процедур решения задач выбора на откуп технолог-оператору удалось выйти из этого положения. Такие подходы полуавтоматизированного проектирования оказались удобными, а соответствующие разработки программных продуктов нашли достойное распространение.

Сегодняшнее (четвертое) направление развития автоматизации проектирования технологических процессов в условиях CALS (ИПИ)-технологий предусматривает существование информационных моделей объектов производства (деталей, сборочных единиц, изделий) как конструкций, разработанных в какой-либо CAD-системе, например, Компас-3D, либо в CAD-модуле тяжелой системы типа CATIA. Находясь в едином информационном пространстве с конструкторами изделий, технолог пользуется этой информацией для решения технологических задач в какой-либо CAPP-системе, например, Компас-Вертикаль, или CAM-системе, CAM-модуле тяжелой системы. Эти решения в дальнейшем используются другими участниками единого информационного пространства (они же – участники жизненного цикла изделия), как входящими в состав АС ТПП – автоматизированной системы технологической подготовки производства, так и производственными подразделениями, реализующими спроектированные технологические процессы. Таким образом, это современное направление сводится к органическому встраиванию систем автоматизации проектирования технологических процессов в общую цепочку этапов жизненного цикла изделий в соответствии с идеологией CALS (ИПИ)-технологий.

## 2. Элементы математики, использующиеся в САПР

При разработке систем автоматизации проектирования техпроцессов, при моделировании решения технологических задач, при описании программных продуктов, предлагаемых к применению в технологическом проектировании, используются специфические разделы математики. Как в древности появилась геометрия для обслуживания землеизмерения, далее появились символы и правила арифметики, позволяющие формализовать часто выполняемые человеком действия по сложению чего-либо, разделению на части и так далее, как в средние века человечество определилось с интегральным исчислением, как изучение напряжений и деформаций в механике привело к тензорам, так использование электронно-вычислительных машин стимулировало развитие вычислительной математики, дискретной математики.

Элементы этой современной математики в самом простейшем изложении, достаточном для понимания моделей решения основных технологических задач, можно свести к следующему.

Теория множеств. Множеством называется совокупность некоторых объектов – элементов множества.

Принадлежность какого-либо элемента к какому-либо множеству обозначается символом  $\in$ :

- $b \in D$  – элемент  $b$  принадлежит множеству  $D$ ;
- $b \notin A$ , или  $b \notin C$  – элемент  $b$  не принадлежит множеству  $A$  или множеству  $C$ .

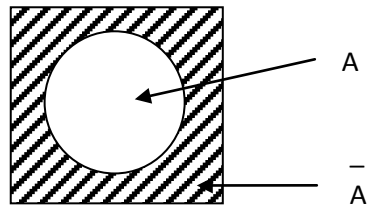
Множество задается либо перечислением элементов, либо описанием их свойств, например, множество студентов группы 1501 СГАУ (описание свойств) может быть задано также их списком (перечисление элементов). Причем, если этот список составлен по алфавиту, то это множество называется кортежем, так как кортеж – это множество, в котором имеет смысл порядок следования элементов.

Множество в силу каких-то причин может остаться без элементов, такое множество, не содержащее элементов, называется пустым и обозначается нулём ( $\emptyset$ ).

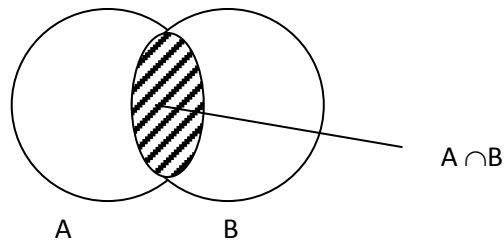
Множества бывают равными.

По определению множество  $A$  равно множеству  $B$  ( $A = B$ ), если все элементы множества  $A$  принадлежат множеству  $B$  ( $a_i \in B$ ) и все элементы множества  $B$  принадлежат множеству  $A$  ( $b_j \in A$ ).

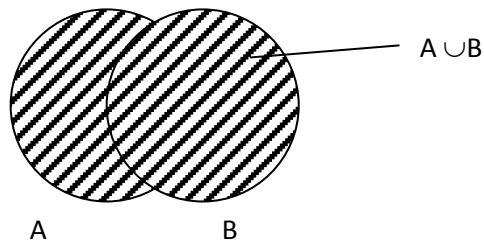
Отрицанием (дополнением) множества  $A$  называется множество, состоящее из элементов, не принадлежащих множеству  $A$ , оно обозначается символом  $\complement A$  или  $\bar{A}$ .



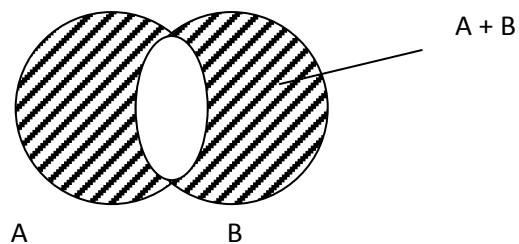
Пересечением множеств  $A$  и  $B$  называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих одновременно и множеству  $A$ , и множеству  $B$ . Эта операция имеет обозначение  $A \cap B$ .



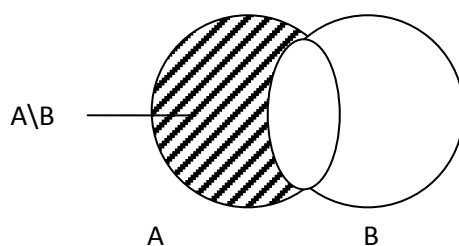
Объединение множеств  $A$  и  $B$  – это множество, состоящее из элементов, принадлежащих хотя бы одному из этих множеств. Символ объединения множеств  $A \cup B$ .



Дизъюнктивная сумма множеств  $A$  и  $B$  – это множество, состоящее из элементов множества  $A$  и множества  $B$ , не принадлежащих их пересечению.



Разность множеств  $A \setminus B$  – множество, состоящее из элементов множества  $A$ , не принадлежащих множеству  $B$ .



Мощность множества  $A$  обозначается символом  $|A|$ , это количество элементов множества.

Теория графов. Графом называется множество вершин на плоскости, которое не пусто, и множество связей между ними, которое может быть пустым:

$$G = (A, R)$$

где  $A$  – множество вершин,  $R$  – множество связей.

В технологическом приложении граф – это схема взаимосвязи каких-либо технологических объектов. Например, схема сборки изделия есть последовательность соединения деталей ( $A_i$ ) в узлы ( $B_j$ ), узлы – в агрегаты  $C_k$ ) и т.д. (рис.7).

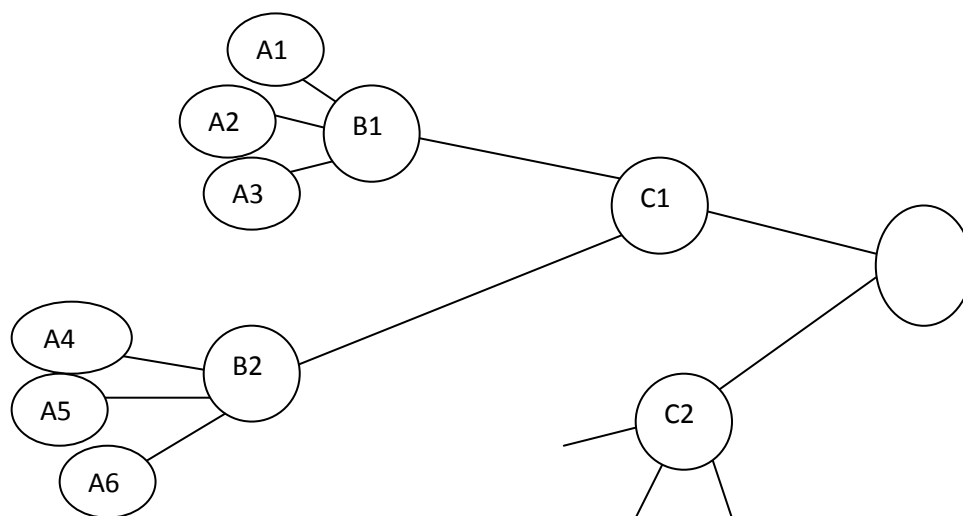


Рис.7. Граф сборки изделий

Такой граф называется деревом, у него наблюдаются ассоциации со стволом, ветвями, побегами и листьями.

Или, например, граф размерных связей показывает, какие поверхности детали связаны размерами с другими поверхностями (рис.8).

Для корпусных деталей с десятками поверхностей такие графы много сложнее, из их анализа можно формально сделать вывод об очередности обработки поверхностей, исходя из известного принципа: чем больше размерных связей у какой-либо поверхности,

тем раньше она должна обрабатываться, так как она является базовой поверхностью для большего числа поверхностей. Самый простой по структуре граф называется простой цепью. Например, это последовательность операций ( $O_i$ ) в конкретном техпроцессе (рис.9).

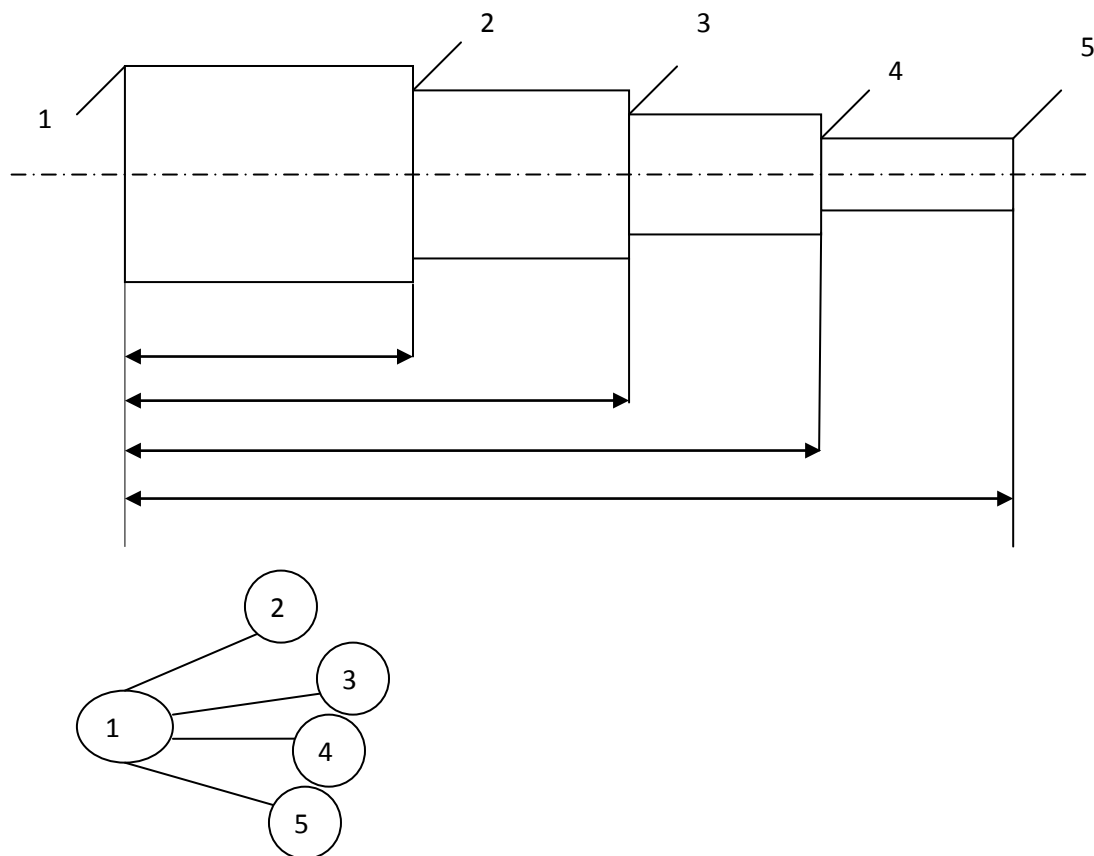


Рис.8. Деталь и граф размерных связей поверхностей

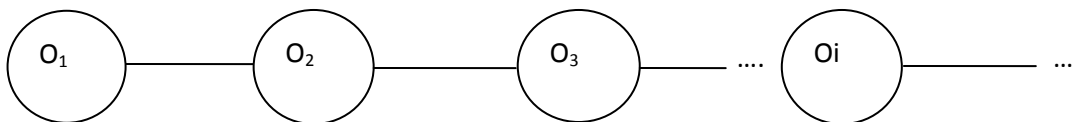


Рис.9. Граф – простая цепь очередности операций в техпроцессе

Сложные графы имеют обратные связи, т.е. циклы, несвязанные вершины и группы вершин и т.д. Связи между вершинами графа могут иметь веса (размер, длину...) и направления, которые обозначаются стрелками.

Графы весьма наглядны и удобны для иллюстраций, комментирования, принятия решений, коллективного обсуждения технических вопросов. Но для машинной обработки информации, имеющейся на графе, их требуется перевести в матричный вид, т.е. в матрицы, столбцами и строками которых выступают вершины или связи. Эти матрицы отражают существование вершин и связей, направление связей, вес, пути достижения одной вершины из другой и т.д. Анализ матриц проводится по известным отлаженным алгоритмам. На рис.10 представлена матрица смежности для графа, изображенного на рис.8. При наличии связи между вершинами графа на пересечении соответствующих строк и столбцов ставится «1» (да), в противном случае ставится «0» (нет).

Решаемые таким образом задачи сводятся к ранжированию вершин по количеству связей, отысканию путей достижения одной вершины из другой, оптимизации этих путей и т.д.



	1	2	3	4	5
1	0	1	1	1	1
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0

Рис.10. Матрица смежности графа размерных связей на рис.8.

Алгебра высказываний. Высказыванием называется любое повествовательное предложение, про которое можно сказать, истинное оно или ложное. В технике такие повествовательные предложения зачастую сводятся к сравнению чисел:  $=$  ;  $\neq$  ;  $\geq$  ;  $<$  . Истинность чаще всего обозначается «1» (да), ложность обозначается «0» (нет). При моделировании и разработке программного обеспечения используются блок-схемы алгоритмов, где очень популярным блоком является блок сравнения, который называется решением и выглядит как ромб с двумя выходами: если «да» – одно продолжение действий, если «нет» – другое (рис.11).

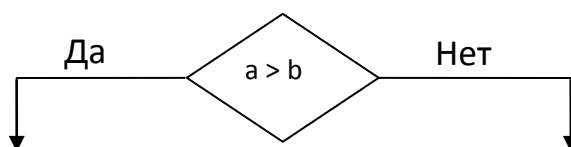


Рис.11. Символ сравнения (решения) блок-схем алгоритмов

При этом впоследствии в алгоритме вполне возможны другие аналогичные сравнения. Различные сочетания этих сравнений являются операциями Буля, разработавшего свою алгебру логики задолго до появления ЭВМ, но тем не менее эта алгебра считается основой функционирования цифровых компьютеров. И, конечно, при моделировании каких-либо процедур очень удобно записывать логику некоторыми символами, означающими содержание операции.

Пусть даны два высказывания  $x$  и  $y$ . Отрицанием высказывания  $x$  называется высказывание, которое истинно тогда, когда  $x$  ложно, и наоборот, его называют «не  $x$ », обозначают символами  $\neg x$  или  $\bar{x}$ .

Конъюнкцией двух высказываний  $x$  и  $y$  называется высказывание, которое истинно тогда, когда истинны оба высказывания  $x$ , и  $y$ , её называют «логическим и» (по другому «и одновременно») и обозначают, как  $x \wedge y$ .

Дизъюнкцией двух высказываний  $x$  и  $y$  называется высказывание, которое истинно тогда, когда истинно хотя бы одно из высказываний или  $x$ , или  $y$ , её называют «логическим или» иногда с добавлением «неразделительно» и обозначают, как  $x \vee y$ .

Импликацией двух высказываний  $x$  и  $y$  называется высказывание, которое ложно тогда, когда  $x$  истинно, а  $y$  ложно:  $x \rightarrow y$  (« $x$  влечет  $y$ », «если  $x$ ..., то  $y$ ...»).

Эквиваленцией двух высказываний  $x$  и  $y$  называется высказывание, которое истинно тогда, когда значения  $x$  и  $y$  совпадают:  $x \leftrightarrow y$  («равносильно»).

Разделительной дизъюнкцией двух высказываний  $x$  и  $y$  называется высказывание, которое истинно тогда, когда истинно одно из высказываний  $x$  и  $y$ , но не сразу оба:  $x \nabla y$  («или разделительно»).

Перечисленные операции можно свести в таблицу (таблица 1).

Обозначение логических операций

$X$	$y$	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$x \wedge y$	$x \vee y$	$x \rightarrow y$	$x \leftrightarrow y$	$x \nabla y$
1	1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0	1
0	0	1	1	0	0	1	1	0

Следует отметить, что для обозначения операций могут использоваться и другие символы: + взамен  $\vee$ ,  $\equiv$  взамен  $\leftrightarrow$  и др.

Алгебра предикатов. В моделировании и автоматизации проектирования технологических процессов под предикатом в узком смысле слова принято понимать высказывание, записанное в общем виде. Строго говоря, в блоке сравнения на рис.11 записано не высказывание, а предикат. Если в предикат поставить конкретные значения (величину) аргументов, получится высказывание, которое или истинно, или ложно. Про предикат нельзя заранее говорить, что он истинен или ложен, пока аргументы по величине (значению) не определены. Конечно, если при любых аргументах предикат ложен или истинен, можно сказать и заранее, но с добавлением – тождественно истинен (тождественно ложен).

Операции над предикатами те же, что и над высказываниями: дизъюнкция, конъюнкция... Кроме них в алгебре предикатов имеется распространенная операция навешивания кванторов. Кванторы навешиваются на аргументы, от которых зависит предикат, при этом может оговариваться множество, к которому аргумент принадлежит.

Существует два квантора:

- квантор общности, обозначаемый символом  $\forall$ ;
- квантор существования, обозначаемый символом  $\exists$ .

Пусть дан предикат  $R(x_1, x_2, \dots)$ . Навешивание квантора общности на аргумент  $x_1$  записывается в виде  $\forall x_1 R(x_1, x_2, \dots)$  и означает, что для любых  $x_1$  справедлив предикат  $R$ .

Навешивание квантора существования, например, на аргумент  $x_2$ , принадлежащий множеству  $M$ , записывается в виде  $\exists_M x_2 R(x_1, x_2, \dots)$  и означает, что существует такой аргумент  $x_2$  из множества  $M$ , при котором справедлив предикат  $R$ .

Так, например, комментарий к рис.8 об очередности обработки поверхностей можно выразить, как

$$\forall_{N^x} \exists_W y (y < x)$$

Эта запись означает, что для любой поверхности  $x$  из множества поверхностей  $N$  некоторой детали существует поверхность  $y$ , принадлежащая множеству  $W$ , такая, что она является по отношению к  $x$  базовой, т.е. её обработка предшествует обработке поверхности  $x$  или, что то же самое,  $x$  следует за  $y$  (символ следования или предшествования  $y < x$ ). Здесь множество поверхностей деталей разделено на  $N$  и  $W$ , которые отличаются друг от друга на одну первую базовую поверхность, принадлежащую только множеству  $W$ .

Таким образом, с помощью высказываний и предикатов можно символично записывать логику, т.е. разрабатывать математические модели логических процедур в виде зависимостей, формул, для чего, собственно говоря, и существует математика вообще.

### 3. Моделирование решения технологических задач

#### 3.1 Методы автоматизированного проектирования технологических процессов

Под проектированием технологических процессов понимается разработка процедуры производства или изготовления какого-либо продукта из заготовки, полуфабриката или комплектующих единиц. Конечным результатом такого проектирования является комплект технологической документации в электронном или бумажном исполнении. При этом в качестве основных документов, как правило, выступают текстовые маршрутная карта и операционная карта. Эти текстовые документы, как известно, содержат сведения о действиях исполнителей в хронологической последовательности, используемом оборудовании, технологическом и контрольно-измерительном инструменте, режимах работы оборудования, профессии исполнителей, нормах времени и др. При составлении этих документов необходимо решить некоторые задачи, множество которых сводится к трем типам: задача типа «расчет», задача типа «выбор», задача типа «определение порядка» (имеется ввиду порядок следования в пространстве или времени). Как можно составить такие текстовые документы и решить при этом такие задачи с помощью средств вычислительной техники?

Различают несколько методов машинного проектирования техпроцессов, во многом соответствующих направлениям развития автоматизации технологического проектирования:

- метод аналогий;
- метод адресации;
- метод синтеза;
- метод диалога.

Метод аналогий основан на использовании готовых решений на уровне технологических процессов за счет заимствования информации о выполненных ранее разработках технологической документации. Схема проектирования техпроцесса, например, для детали, выглядит следующим образом:  $D \rightarrow D-A \rightarrow TP_{D-A} \rightarrow TP_D$ . Для реализации этого метода необходимо иметь развитую информационно-поисковую систему, в базе данных которой накапливаются информационные модели деталей и их технологические процессы. При необходимости спроектировать новый техпроцесс для некоторой новой детали  $D$  с помощью информационно-поисковой системы в базе данных отыскивается подходящая (похожая) деталь-аналог  $D-A$ . Техпроцесс этой детали-аналога  $TP_{D-A}$ , также отыскиваемый в базе данных по признакам детали-аналога, используется как исходный вариант новой проектируемой технологии. Откорректировав этот вариант с помощью какого-либо редактора, можно получить техпроцесс для новой детали  $TP_D$ , который вместе с информационной моделью детали  $D$  пополнит базу данных.

Главным достоинством этого метода, помимо упрощения и ускорения процесса проектирования технологии, является возможность повторного использования готового технологического оснащения. Имеется ввиду оснастка, инструмент, спецоборудование и т.д., применяющиеся в техпроцессе детали-аналога. В худшем случае можно использовать проекты этого технологического оснащения также в качестве аналога, а в лучшем случае это оснащение может участвовать без доработки непосредственно в новом технологическом процессе.

Для метода аналогий характерны также и некоторые недостатки, трудности реализации и проблемы. Так, поскольку разрабатываемый техпроцесс базируется на случайной основе, то он может оказаться структурно не оптимальным. Т.е. потребуется высокая квалификация при переходе от ТП<sub>Д-А</sub> к ТП<sub>Д</sub>, который к тому же итак является ручным, т.е. малоавтоматизированным.

Хранение и поиск детали-аналога в базе данных затруднены тем, что это весьма сложные в информационном отношении объекты. В этом случае удобной является информационно-поисковая система с базой данных индивидуального пользования.

В этом случае оператор-технолог сам решает, к какой детали обратиться как к аналогу, потому что помнит все свои накопления. Однако такая база, которая уместается в памяти человека, не может быть большой, она ограничена по объему и не всегда сможет предоставить свои услуги в виде хорошего аналога. Большая база данных должна быть коллективного пользования с тем, чтобы ее можно было предоставлять многим операторам-технологам, в том числе и сторонних организаций. Но при этом появляется проблема автоматизации поиска нужной информации. Поиск по большому подробному количеству признаков может дать очень хороший похожий аналог, но может и не дать ничего. Поиск по небольшому количеству признаков общего характера даст много аналогов, но они будут мало похожи на то, что требуется. Здесь вступают в традиционный конфликт полнота и точность поиска информации. Процедура поиска информации может быть проиллюстрирована схемой, представленной на рис.12.

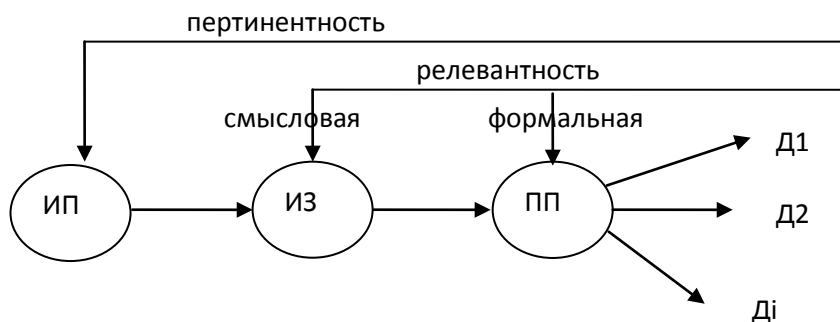


Рис.12. Связь терминов информационного поиска

Возникшая информационная потребность (ИП) должна быть как-то сформулирована потребителем, что делается в виде информационного запроса (ИЗ), который, в свою очередь, требует переформулировки в соответствии с инструкцией пользования информационно-поисковой системой в поисковое предписание (ПП). Поисковое предписание может выглядеть, например, как набор ключевых слов. В данном случае, когда речь идет о поиске детали-аналога, правила составления поискового предписания встречают определенные вышеуказанные трудности.

Найденные детали ( $D_i$ ) могут отвечать потребности (запросу, предписанию), а могут и не отвечать. Соответствие найденной информации, а в данном случае деталей, информационной потребности называется пертинентностью, а соответствие информационному запросу и поисковому предписанию – релевантностью, смысловой (для ИЗ) и формальной (для ПП).

Чаще всего то, что релевантно, то и пертинентно, однако все же не всегда, так как возможно искажение смысла в формулировках и переформулировках.

Эффективность поиска характеризуется полнотой и точностью. Если обозначить множество релевантной информации, что имеется в базе данных, символом  $P$ , а множество выданной информации – символов  $B$  да еще и измерить объем информации в каких-либо единицах, то полноту поиска можно определить как отношение мощности пересечения множеств  $P$  и  $B$  к мощности множества  $P$ :

$$\Pi = \frac{|P \cap B|}{|P|}$$

а точность – как отношение мощности пересечения множеств  $P$  и  $B$  к мощности множества  $B$ :

$$T = \frac{|P \cap B|}{|B|}$$

Пересечение множеств  $P$  и  $B$  есть множество полезной информации из всей выданной или множество выданной информации из всей, которая подходит по запросу (поисковому предписанию).

Конечно, желаемой величиной полноты и точности является 100%. На практике, в частности, при поиске детали-аналога при стремлении к максимальной точности приходится жертвовать полнотой и наоборот, для увеличения полноты – жертвовать точностью. А зависит полнота и точность от подробности информационных моделей деталей в базе данных и подробности задания на поиск, т.е. подробности сравнения поискового предписания с поисковыми образами.

Метод адресации рассмотрен подробно в разделе 3.2, метод синтеза на примере синтеза состава операций и общие сведения о методе диалога изложены в разделе 3.3.

### 3.2 Алгоритм проектирования технологических процессов методом адресации

Метод адресации основан на применении унифицированных технологических процессов, т.е. техпроцессов, являющихся универсальными для множества изделий (деталей) определенного типа. Такой типовой техпроцесс требует конкретизации применительно к определенной детали (изделию), и эта конкретизация призвана быть автоматизированной, но может быть и ручной. Этот метод по идеологии восходит к так называемой групповой технологии, известной в мелкосерийном производстве как оптимальная в смысле организации производства.

Схема проектирования техпроцесса имеет вид:

$$Д \rightarrow КД \rightarrow УТП \rightarrow РТП.$$

При необходимости разработки техпроцесса на некоторую деталь  $Д$  (или узел изделия, если речь идет о сборке) следует обратиться к комплексной детали  $КД$ , представляющей из себя виртуальное множество конструктивных элементов и технических данных некоторой группы похожих друг на друга деталей. Технологический процесс этой  $КД$  будет универсальным, унифицированным (УТП), пригодным с запасом для любой детали данного типа. Его необходимо превратить в рабочий процесс данной детали РТП путем отбора характерных для

нее операций и переходов, исключения ненужных, конкретизации оборудования, приспособлений, инструмента и т.д.

Все эти процедуры данный метод подразумевает как автоматизированные, осуществляемые по определенным алгоритмам и моделям. Например, одна из моделей – выборка операций – выглядит следующим образом. В начале создания системы автоматизации проектирования техпроцессов деталей, узлов, сборочных единиц, изделий (далее – деталей) имеющаяся номенклатура деталей классифицируется по конструктивно-технологическим признакам, сходные детали группируются. Далее внутри каждой группы создается виртуальная комплексная деталь, для чего к самой сложной детали добавляются оригинальные элементы других деталей. Для этих комплексных деталей разрабатываются техпроцессы, которые будучи также виртуальными, являются универсальными внутри своих групп, избыточными относительно каждой конкретной детали. В сущности эти УТП являются объединением множеств маршрутов отдельных технологий деталей, входящих в группу:

$$УТП = \bigcup_{i=1}^n M_i$$

при этом для удачно сгруппированных деталей  $|\bigcap_{i=1}^n M_i| \rightarrow \max$ , а  $|\bigcup_{i=1}^n M_i| \rightarrow \min$ .

Унифицированный технологический процесс разрабатывается аналогично комплексной детали: к самой сложной технологии добавляются оригинальные структурные составляющие других техпроцессов деталей данной группы.

Далее формулируются условия, от которых зависит выбор операций для включения в конкретный технологический маршрут. Эти условия отражают конструкцию и технические условия, т.е. то, что является чертежом или информационной моделью детали. Фрагмент такого списка условий представлен в таблице 2 в качестве примера.

Таблица 2

Условия выбора операций обработки ступенчатых валов

Код условия	Формулировка условия
A <sub>1</sub>	Материал – сталь
A <sub>2</sub>	Материал – алюминиевый сплав
...	...
A <sub>10</sub>	Заготовка – круглый прокат
A <sub>11</sub>	Заготовка – штамповка
...	...
A <sub>70</sub>	термообработка – улучшение



$A_{71}$	Термообработка – закалка
...	...
$A_{103}$	Отношение $L/D > 12$
...	...

Для каждой операции УТП определяются условия ее выбора, условия включения ее в проектируемый новый технологический процесс.

Пусть, например, в унифицированном техпроцессе существует такая операция: «Токарная. В патроне и люнете. Подрезать торцы в размер и править центровые фаски согласно эскизу». Эта операция используется для изготовления ступенчатых валов при отношении длины детали к ее диаметру  $L/D > 12$  (условие  $A_{103}$ ) после термообработки – улучшения (условие  $A_{70}$ ). Предикат, определяющий выбор этой операции, является конъюнкцией  $A_{70} \wedge A_{103}$ . Эта же операция нужна и после закалки, чтобы кодировать деталь после коробления, т.е. операция выбирается и при конъюнкции  $A_{71} \wedge A_{103}$ . Таким образом, условием использования операции будет дизъюнкция конъюнкции  $(A_{70} \wedge A_{103}) \vee (A_{71} \wedge A_{103})$ . В общем случае дизъюнкций и конъюнкций может быть несколько, поэтому для выбора каждой отдельной операции, т.е. условием включения ее в проектируемый техпроцесс будет некоторая функция

$$f = \bigvee_{i=1}^n \left( \bigwedge_{j=1}^m A_j \right)_i$$

называемая функцией включения.

Проектирование нового техпроцесса для новой детали начинается с поиска подходящей комплексной детали – с адресации к КД. Для развития САПР ТП со множеством КД процедура адресации может состоять из двух этапов (рис.13):

- сравнение по общим характеристикам;
- сравнение по составу элементов.

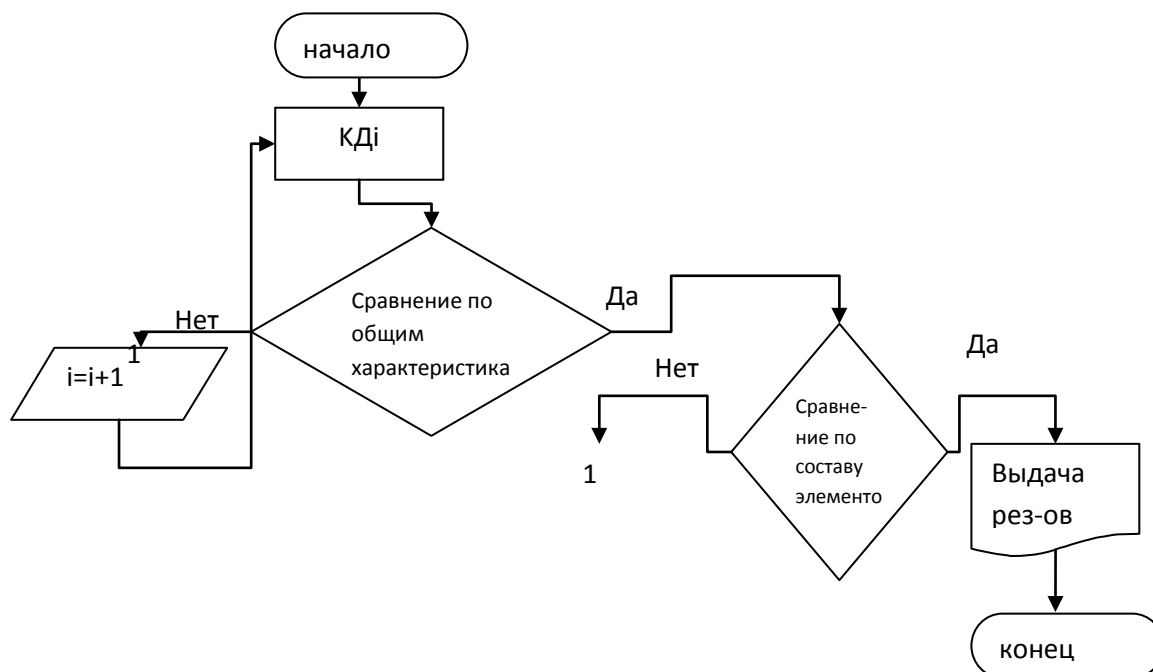


Рис.13. Блок-схема ... поиска комплексной детали

Первое сравнение проводится по критерию, который в общем виде выглядит как

$$F = \bigwedge_{j=1}^n (x_{dj} R_j x_{kj})$$

где  $x_{dj}$  и  $x_{kj}$  –  $j$ -ая характеристика детали и комплексной детали;  $R_j$  – отношение порядка  $j$ -ой характеристики ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ , ...). В качестве общих характеристик могут выступать коды деталей по ЕСКД, материал, вид заготовки и т.д.

Второе сравнение подразумевает анализ совпадения конструктивных элементов, который можно провести с помощью коэффициента адресации

$$K_A = \begin{cases} \frac{|K_c|}{|K_{\kappa\delta}|}, |K_n| = 0 \\ -\frac{|K_n|}{|K_\delta|}, |K_n| \neq 0 \end{cases}$$

где  $K_d$  – множество конструктивных элементов детали;  $K_{кд}$  – множество конструктивных элементов комплексной детали;  $K_c$  – множество совпадающих конструктивных элементов;  $K_n$  – множество несовпадающих конструктивных элементов детали.

Коэффициент адресации может изменяться в пределах  $-1 \leq K_A \leq 1$  (рис.14).

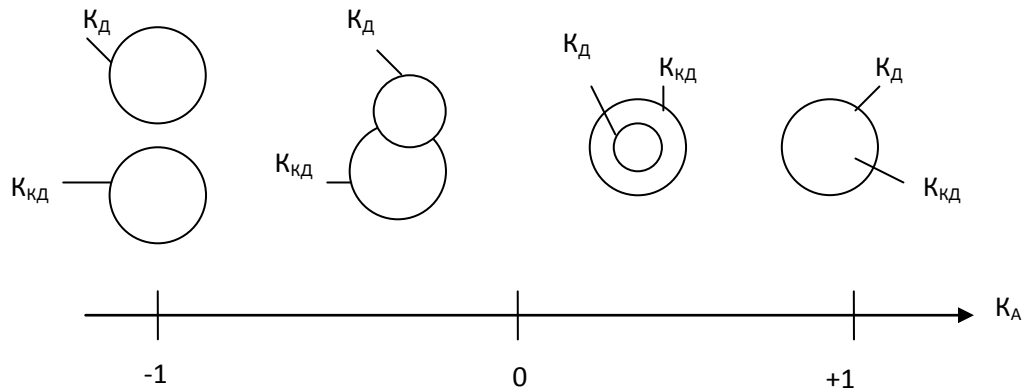


Рис.14. Диапазон изменения  $K_A$

При этом  $K_A = -1$  означает полное несовпадение множеств  $K_d$  и  $K_{кд}$ , если  $-1 < K_A < 0$ , то эти множества пересекаются, при  $0 < K_A < 1$  множество  $K_d \in K_{кд}$ , и при  $K_A = 1$  наблюдается совпадение множеств  $K_d \in K_{кд}$ . Подходящей комплексной деталью считается та, для которой  $K_A > 0$ .

Следует отметить, что такой подход к формированию развитых САПР ТП с большим количеством КД в базе данных был характерен для школы профессора С.П. Митрофанова (Ленинградский институт точной механики и оптики). Реально системы с адресацией к комплексной детали (изделию) могут содержать один унифицированный технологический процесс и искать его, соответственно, нет необходимости. После обращения к УТП необходимо выделить из него те операции, которые необходимы в проектируемом техпроцессе для новой детали. Исходными данными для выделения операции в индивидуальный маршрут являются логические условия, описывающие деталь, т.е. ее информационная модель, которая

представляет собой конъюнкцию этих условий 
$$L = \bigwedge_{k=1}^l B_k.$$
 Эти условия либо формируются

оператором по инструкции пользователя и сообщаются системе, либо выбираются системой из оцифрованного чертежа. Для каждой операции унифицированного техпроцесса существует

функция включения  $f = \bigvee_{i=1}^n \left( \bigwedge_{j=1}^m A_j \right)_i$ . Для отдельных операций эта функция может

представлять более простые наборы условий (одну дизъюнкцию, одну конъюнкцию...) либо вообще одно условие без дизъюнкций и конъюнкций. Есть также и такие операции, которые присутствуют во всех технологиях независимо от конструкции детали и технических требований к ней. Чаще всего это операции входного и выходного контроля, операции охраны труда, техники безопасности и другие. Пусть для таких операций функция включения  $f = 1$ .

Для решения вопроса о необходимости выбора какой-либо операции УТП для включения ее в проектируемый индивидуальный техпроцесс система должна сравнить функцию включения этой операции  $f$  с моделью детали  $L$ . Такое сравнение нужно провести для всех операций унифицированного техпроцесса и выбрать для включения те, для которых либо функция включения  $f = 1$ , либо среди ее конъюнкций найдется такая, которая принадлежит информационной модели детали.

$$(f = 1) \vee \left\{ \exists \left( \bigwedge_{j=1}^m A_j \right)_i \left[ \left( \bigwedge_{j=1}^m A_j \right)_i \in \left( L = \bigwedge_{k=1}^l B_k \right) \right] \right\}$$

Блок-схема алгоритма этой процедуры представлена на рисунке 15. Блоки 1 и 2 предусматривают вызов унифицированного техпроцесса УТП и информационной модели

детали, для которой требуется сформировать новый технологический процесс  $L = \bigwedge_{k=1}^l B_k$ .

Далее (блок 3) осуществляется вызов очередной операции УТП, начиная с первой.

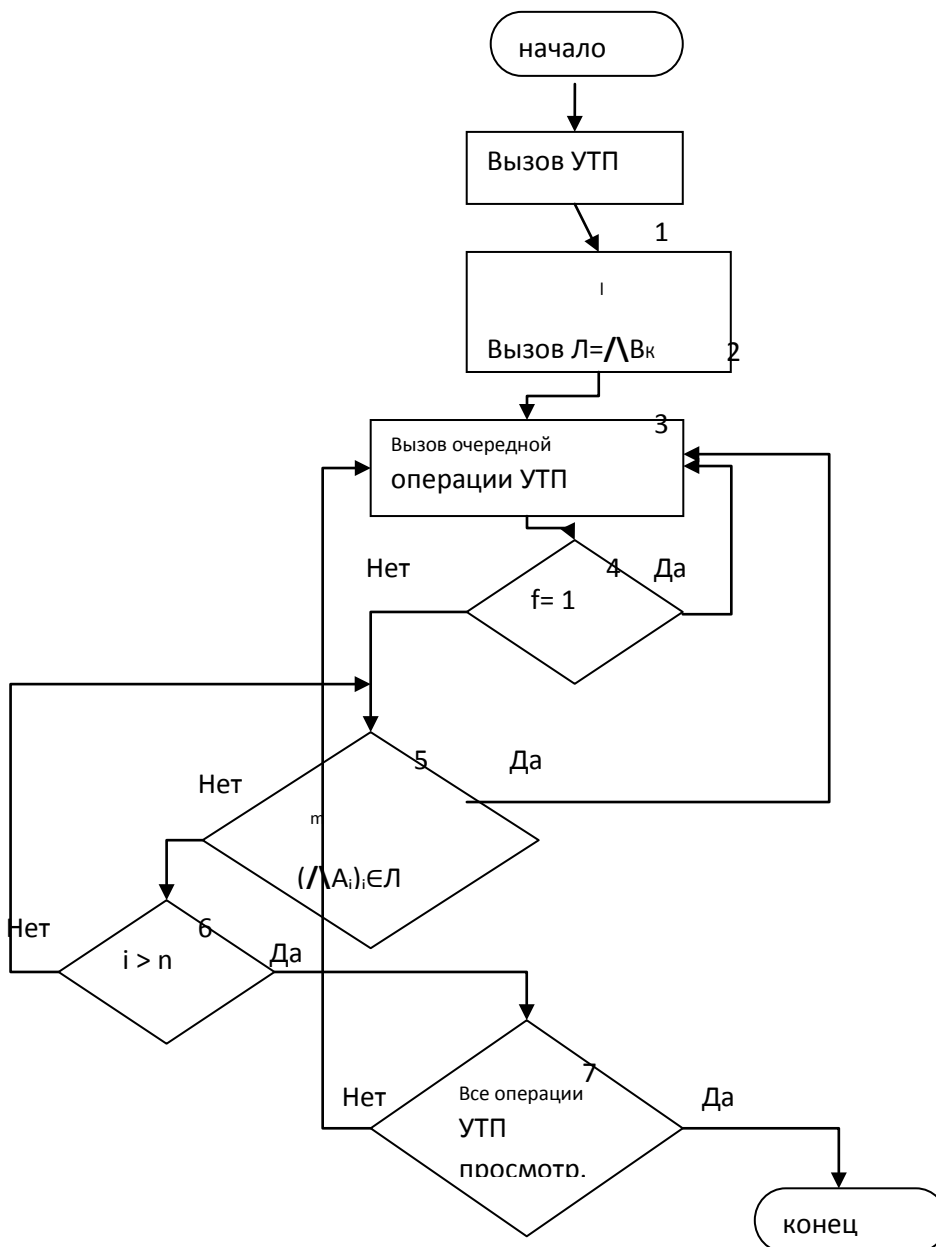


Рис.15. Блок-схема алгоритма построения индивидуального техпроцесса из унифицированного

Её функция включения должна быть проанализирована, а именно, если  $f = 1$  (блок 4), то операция включается в проектируемый техпроцесс как обязательная без сравнения с моделью детали и производится возврат к блоку 3 для вызова следующей операции УТП. Если  $f \neq 1$ , то каждая конъюнкция логических условий из функции включения сравнивается с множеством (конъюнкцией) логических условий, описывающих деталь, т.е. с информационной моделью  $l$   
 $L = \bigwedge B_k$  (блок 5). Если хотя бы одна конъюнкция из  $f$  принадлежит множеству  $L$ , то  $k = 1$  анализируемая операция включается в новый техпроцесс и вызывается следующая операция УТП. В блоке 6 проверяется, вся ли функция включения просмотрена, т.е. все ли конъюнкции сравнены с  $L$ , если «да», то в блоке 7 проверяется, все ли операции УТП просмотрены: если «нет», то вызывается очередная операция, если «да» – процедура завершена.

Так выглядит процедура выбора операций. Для каждой операции необходимо свое оборудование. Аналогично для всех видов оборудования, эксплуатация которого предусматривается данной САПР ТП, составляются логические условия использования  $\lambda_j^{об}$ . При этом подразумевается, что для любой операции ОП из унифицированного ТП найдется хотя бы одна единица оборудования такая, что ее логические условия  $\lambda_j^{об}$  будут тождественны одному из логических условий, описывающих деталь, т.е. принадлежащих информационной модели

$$L = \bigwedge_{k=1}^l B_k$$

$$\forall_{УТП} ОП \exists \lambda_j^{об} (\lambda_j^{об} \equiv B_k).$$

Достоинством метода адресации являются невысокие требования к квалификации пользователей-технологов. Недостатком – ограниченность применения, так как проектируются только типовые техпроцессы данного предприятия, такие системы автоматизации проектирования называют иногда объектно-ориентированными, т.е. зависимыми от объекта производства.

### 3.3 Моделирование решения задачи типа «выбор»

Известные системы автоматизации проектирования техпроцессов методом синтеза касаются мехобработки резанием. Разработка состава операций базируется на основе анализа состояния поверхностей заготовки и детали. Типовые промежуточные состояния поверхностей от грубых (заготовка) до качественных (деталь) ставятся в соответствие определенным видам обработки – операциям и переходам. Очередность обработки поверхностей устанавливается путем их ранжирования по количеству размерных связей. Предусматривается оптимизация ввиду возможности многовариантных решений. Достоинством такого подхода к проектированию ТП является возможность разработки нетиповых технологий для деталей любой конструкции. САПР ТП такого типа называют инвариантными к объекту производства, не зависимыми от конструкции изделия. Вместе с тем возможность многовариантности имеет негативную сторону, ввиду сложности моделирования.

Иллюстрацией к методу синтеза может послужить следующая модель решения задачи типа «выбор» применительно к назначению операций механической обработки.

Существует много способов мехобработки, зависящих прежде всего от конечной точности и шероховатости поверхности детали, формы этой поверхности, материала, а также исходной точности и шероховатости поверхности заготовки, а также ряда других менее существенных факторов, которые в данной модели не рассматриваются для упрощения восприятия, доступности понимания модели. Например, если требуется получить классное отверстие в стальной детали, то могут быть использованы следующие кортежи операций: (сверление (Св)  $\wedge$  зенкерование (Зен)  $\wedge$  развертывание (Раз)  $\wedge$  развертывание чистовое (Раз.ч))  $\vee$  (сверление  $\wedge$  растачивание (Рт)  $\wedge$  растачивание тонкое (Рт.т))  $\vee$  (сверление, растачивание, шлифование (Ш), хонингование (Х))  $\vee$ ... Каждый из этих видов обработки позволяет получить некоторую точность и шероховатость поверхности отверстия, некоторый их диапазон. Как говорилось выше, в методе синтеза используются типовые промежуточные состояния обрабатываемых поверхностей. К этим типовым промежуточным состояниям в порядке улучшения качества относятся: 1 – состояние заготовки, 2 – состояние после черновой обработки (точность 12...13 квалитеты, шероховатость  $R_z$  20...30 мкм, 3 – состояние после

чистовой обработки (точность 10...11 квалитеты, шероховатость  $R_a$  2,5...5 мкм), 4 – состояние после тонкой обработки (точность 8...9 квалитеты, шероховатость  $R_a$  1,25...2,5 мкм), 5 – состояние после отделочной обработки (точность 6...7 квалитеты, шероховатость  $R_a$  0,63...1,25 мкм).

Можно составить граф этих промежуточных состояний со связями в виде методов обработки (рис.16).

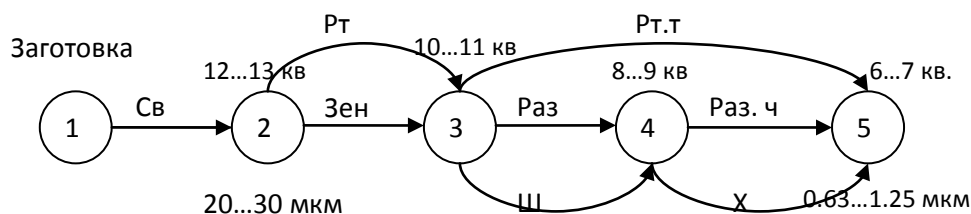


Рис.16. Граф типовых промежуточных состояний поверхности отверстия

Представленный упрощенный граф содержит некоторую информацию, достаточную для ручного пользования при проектировании техпроцессов. Более подробный граф и аналогичные графы для плоскостей, резьб, зубчатых колес и т.д., учитывающие материал и другие факторы, представляют из себя модели решения задачи выбора методов мехобработки. Однако для машинной обработки информации, содержащейся на графе, необходимо свести ее в таблицу определенной структуры, удобной для машинного использования (таблица 3).

Таблица 3

База данных для выбора методов мехобработки

I	ФI	MI	$T_{\min I}$	$T_{\max I}$	$R_{\min I}$	$R_{\max I}$	ОП	KI
1								
2								
...								
58	2	1	6	7	0,63	1,25	хонингование	59
59	2	1	8	9	1,25	2,5	шлифование	60
60	2	1	10	11	2,5	5	расточивание	61
61	2	1	12	13	20	30	сверление	0
...								

В таблице использованы обозначения: I – номер строки, ФI – код формы поверхности детали (ФI = 1 – плоскость, ФI = 2 – цилиндрическое отверстие, ...), MI – код материала детали

( $M_I = 1$  – сталь, ...),  $T_{\min}I$  – качество точности обработки (лучшая граница диапазона),  $T_{\max}I$  – качество точности (худшая граница диапазона),  $R_{\min}I$  – шероховатость поверхности (лучшая граница диапазона),  $R_{\max}I$  – шероховатость поверхности (худшая граница диапазона), ОП – операция обработки, КИ – ссылка на строку предшествующей операции.

Подразумевается, что в таблице 3, которая является базой данных для машинного выбора методов мехобработки, содержатся сведения об обработке различных поверхностей деталей из различных материалов. Пусть, например, в строках с  $I = 58$  по  $I = 61$  находится один из вариантов обработки отверстия согласно графу на рис.16.

Исходными данными для использования этого массива, т.е. для выбора методов мехобработки, являются сведения об обрабатываемой заготовке и детали: ФД – код формы поверхности детали (ФД = 1 – плоскость, ФД = 2 – цилиндрическое отверстие, ...), МД – код материала детали (МД = 1 – сталь, ...), ТД – качество точности поверхности детали, РД – шероховатость поверхности детали, TZ – качество точности поверхности заготовки, RZ – шероховатость поверхности заготовки.

Поиск кортежа операций ведется в следующем порядке. Начиная с первой строки необходимо провести сравнение информации в строке с исходными данными. В случае положительного результата сравнения в столбце ОП находится конечная операция обработки. Положительным результатом считается совпадение кодов ФИ и ФД, а также МИ и МД, кроме того еще и попадание ТД в диапазон между  $T_{\min}I$  и  $T_{\max}I$  при условии, что РД не меньше, чем  $R_{\min}I$ , либо попадание РД в диапазон между  $R_{\min}I$  и  $R_{\max}I$  при условии, что ТД не меньше, чем ТД. Это сравнение можно записать в виде предиката

$$P_1 = (\Phi D = \Phi 1) \wedge (M D = M 1) \wedge [(T D \geq T_{\min} I) \wedge (T D \leq T_{\max} I) \wedge (R D \geq R_{\min} I)] \vee \vee [(R D \geq R_{\min} I) \wedge (R D \leq R_{\max} I) \wedge (T D \geq T_{\min} I)]$$

Если из предиката  $P_1$  для  $I$ -ой строки следует истинное высказывание, то ОП является искомой конечной операцией обработки. Если результат сравнения отрицателен, т.е. высказывание ложно, необходимо обратиться к следующей строке, нарастив индекс  $I$  на единицу. Нарастивание индекса означает циклическую процедуру, которая должна иметь конец. Для выхода из цикла необходимо после нарастивания индекса проверить его величину, а именно сравнить с номером последней строки массива  $I_{\max}$ . Если массив закончен, а об этом свидетельствует выполнение условия  $(I + 1) > I_{\max}$ , то процесс поиска прекращается.

После того, как найдена окончательная (последняя) операция обработки в соответствии с предикатом  $P_1$ , необходимо провести поиск предшествующих черновых операций. Как следует из таблицы 3, предшествующая черновая (предпоследняя) операция записана в строке, на которую указывает ссылка КИ. Например, если последней операцией выбрано шлифование, что записано в строке 59, то ссылка КИ = 60 указывает на строку 60, где записана искомая предшествующая операция растачивания. Ссылка КИ = 0 означает, что предшествующей операции не предусмотрено, например, перед сверлением предшествующей черновой обработки не бывает. Найденная по ссылке предшествующая черновая операция выбирается в качестве таковой в том случае, если заготовка по точности или шероховатости хуже по сравнению с точностью или шероховатостью, которые получаются в результате этой обработки. Если же заготовка от такой обработки не улучшается, то такая черновая предшествующая операция не нужна.

Таким образом, поиск предшествующей операции ведется по предикату



$$P_2 = (KI \neq 0) \wedge [(TZ > T_{max}KI) \vee (RZ > R_{max}KI)]$$

Если из предиката  $P_2$  следует истинное высказывание, то в строке  $I = KI$  в колонке ОПИ записана искомая черновая операция, которая включается в проектируемый техпроцесс. После этого производится обращение к ссылке  $KI$ , приведенной в этой новой строке для поиска еще более черновой, еще более предшествующей операции по предикату  $P_2$ , и так далее в цикле до ложности высказывания из предиката  $P_2$ . По завершении выбора всех операций необходимо продолжить поиск по массиву до его конца с целью получения других возможных вариантов обработки в соответствии с исходными данными.

Блок-схемы алгоритмов поиска по предикатам  $P_1$  и  $P_2$  представлены на рис.17 и рис.18, причем алгоритм поиска по предикату  $P_2$  является продолжением алгоритма поиска по предикату  $P_1$ , и, соответственно, рис.18 – это продолжение рис.17, поэтому блоки алгоритма имеют сквозную нумерацию. В блоке 1 сравниваются код формы поверхности детали и код формы, записанный в анализируемой строке. Если коды не совпадают, наращивается индекс строки (блок 6), после чего производится проверка, не закончился ли массив информации, проиллюстрированный таблицей 3. Если в блоке 7 выясняется, что в результате увеличения номера строки он превысил максимально возможное его значение, т.е. номер последней строки массива, то процесс прекращается, так как весь массив становится просмотренным. В противном случае очередная строка анализируется, начиная с кода формы. Положительный результат сравнения кодов формы говорит о приемлемости этой строки по данному параметру. В этом случае происходит переход к сравнению кодов материала (блок 2), из которого аналогично имеется два выхода: «нет» – на наращивание номера строки (блок 6), «да» – для продолжения сравнения по параметрам предиката  $P_1$ . В блоке 3 ветка «нет» означает, что качество точности детали выше (по абсолютному значению – меньше), чем лучший диапазон возможностей операции, записанной в рассматриваемой строке. Т.е. эта операция не подходит, как грубая по точности обработки, и необходимо обращение к следующей строке (переход к блоку 6). Ветка «да» блока 3 совместно с веткой «да» блока 4 означает, что данная строка содержит приемлемую по точности обработки операцию. Выход «нет» из блока 4 говорит о том, что операция дает точность лучше, чем того требует деталь, операция слишком хороша по точности, избыточно хороша, что не экономно. Но отвергать эту операцию пока не следует, она может быть необходимой по чистоте обработки, по величине шероховатости. Эту необходимость оценивают блоки 8 и 9, выход «да» из которых означает, что эта строка подходит по шероховатости, хотя и слишком хороша по точности, т.е. операция этой строки есть искомая операция окончательной обработки. Такой же результат получается при выходе «да» из блока сравнения 5: по точности операция ОПИ необходима, а по шероховатости она достаточна. Выход «нет» из блока 5 требует перехода к новой строке, так как операция ОПИ хотя и дает нужную точность, но по шероховатости она грубая для данной детали. «Нет» из блока 8 характеризует операцию также как недостаточную по чистоте обработки, хотя по точности она даже излишне качественная. Стрелка «нет» из блока 9 также приводит поиск к новой строке, так как ОПИ этой строки излишне качественна и по точности, и по шероховатости обработанной поверхности. Достаточно и более грубой обработки.

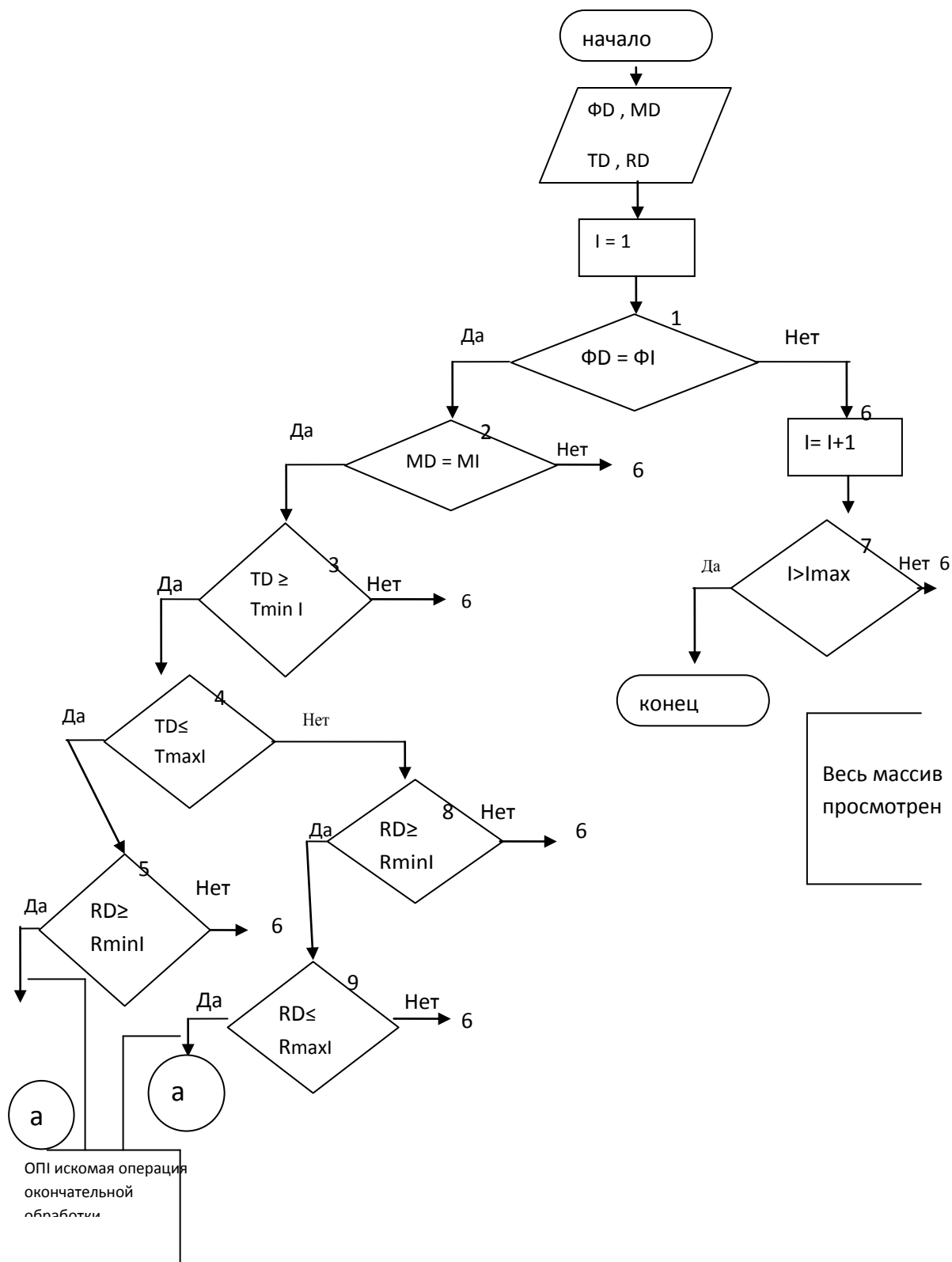


Рис.17. Блок-схема алгоритма поиска операции окончательной обработки

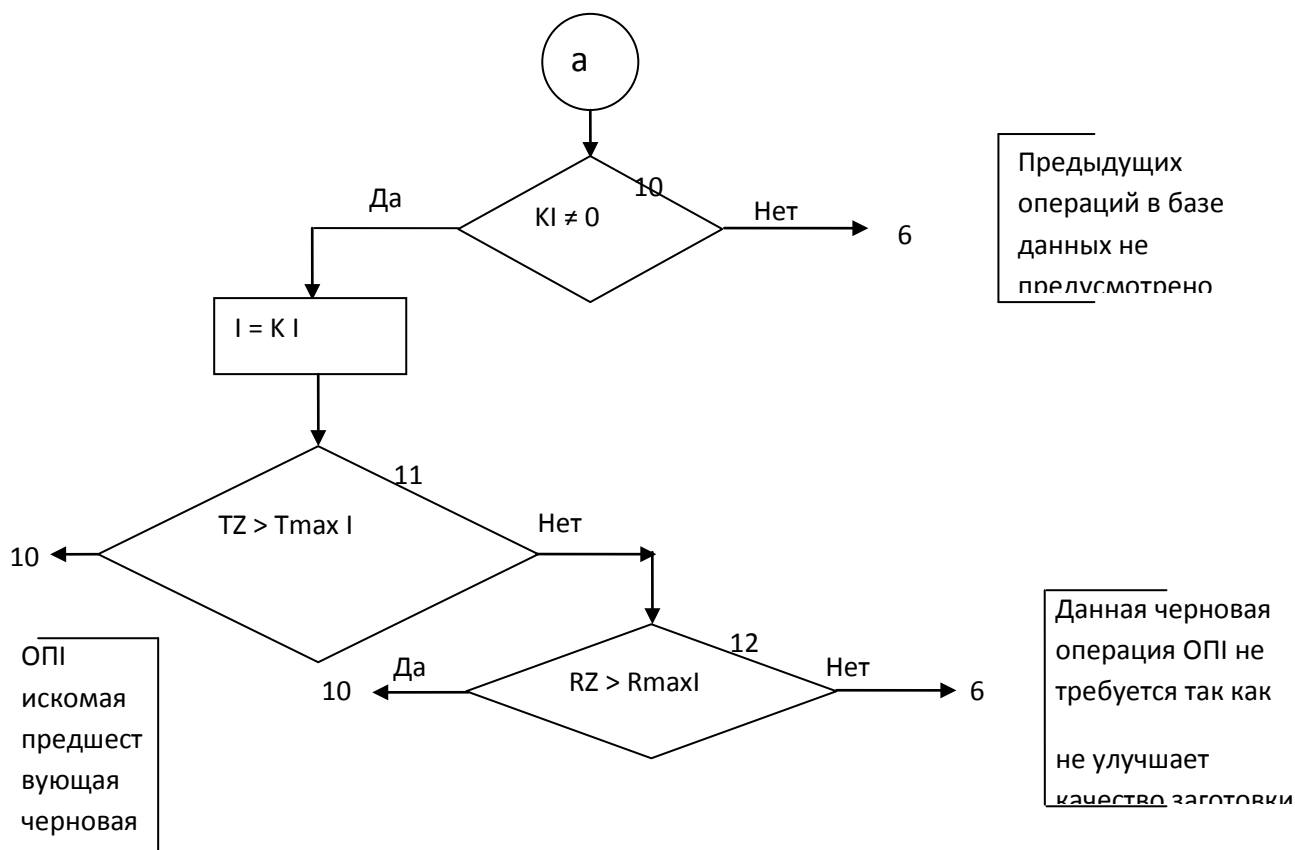


Рис.18. Блок-схема алгоритма поиска черновых операций обработки заготовки

После определения вида окончательной обработки («да» из блока 5 или 9) производится выбор предшествующей черновой обработки в соответствии с предикатом  $P_2$  и алгоритмом рис.18. Если в строке  $I$ , где найдена окончательная операция ОПИ, записана ссылка  $KI \neq 0$  («да» из блока 10), то необходимо обратиться к строке  $I = KI$ , где записана возможная черновая операция. Эта операция назначается в качестве предшествующей, если заготовка либо по точности (блок 11), либо (дизъюнкция) по шероховатости (блок 12) будет улучшена этой операцией. В этом случае в этой новой строке следует снова посмотреть ссылку  $KI$  и так далее, пока не произойдет выход из цикла по «нет» блока 10, что означает отсутствие в базе данных других еще более черновых операций, либо и по точности («нет» блок 11) и по шероховатости («нет» блок 12) заготовка этой черновой операцией не сможет быть улучшена, т.е. операция для данной заготовки слишком груба и в ней нет необходимости. За этими результатами следует переход к блоку 6 для поиска других вариантов маршрута обработки.

Изображенные на рис.17 и рис.18 блок-схемы алгоритмов в сущности являются развернутыми предикатами  $P_1$  и  $P_2$ , поэтому их можно свернуть и представить в сокращенном виде (рис.19).

На этом рисунке в блоках сравнения показаны высказывания  $P_1^1$  и  $P_2^1$ , вытекающие, соответственно, из предикатов  $P_1$  и  $P_2$  для конкретных значений аргументов.

Как было сказано выше, таблица 3 имеет определенную удобную структуру, т.е. ее структура отражает алгоритм ее использования. Подобные таблицы широко применяются для решения задач типа «выбор», они являются одновременно и частью информационного обеспечения, и частью методического обеспечения, и частью математического обеспечения систем автоматизации проектирования технологических процессов и называются табличными алгоритмами. Так, например, для выбора прессового оборудования может быть предложен табличный алгоритм, представленный в таблице 4.

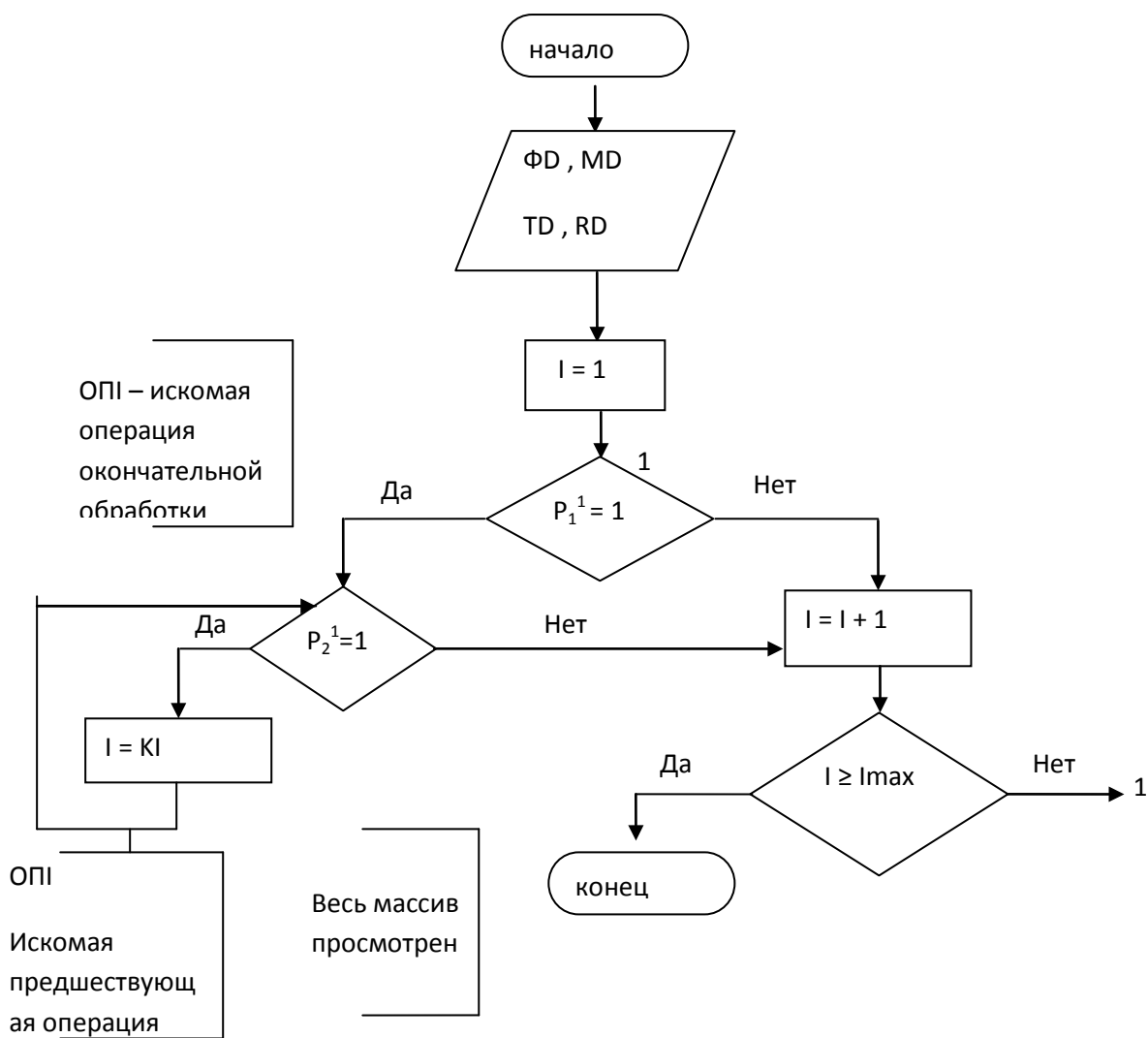


Рис.19. Блок-схема алгоритма поиска операций обработки

Таблица 4

## Фрагмент табличного алгоритма выбора прессов

Факторы Марка пресса	Усиление кН				Открытая высота, мм				Ход, мм		
	до 100	до 200	до 300	...	до 500	до 600	до 700	...	до 400	до 500	...
П6320Б	1	0	0	...	1	1	0	...	1	0	...
П6326Б	1	1	1	...	1	1	1	...	1	1	...
П6328Б	1	1	0	...	1	1	1	...	1	1	...

Для табличных алгоритмов существует специальная терминология. Факторы, от которых зависит выбор (шапка в таблице 4), называются областью отправления или входным вектором, искомая информация (левая колонка в таблице 4) – областью прибытия или выходным вектором, зона с 1 и 0 («да» и «нет», соответственно) – таблицей соответствия или таблицей применимости.

Различия в структуре табличных алгоритмов могут заключаться в отсутствии таблицы применимости, содержании области отправления, ранжировании выходного вектора по предпочтительности, расположении входного вектора в наименованиях строк и столбцов, а выходного – на их пересечении и т.д.

Метод диалога. Недостатком метода синтеза является большое многообразие трудноформализуемых задач, автоматизированное решение которых предусматривает этот метод.

Например, при решении задач типа «выбор» оператор-технолог зачастую без компьютера может неформально, интуитивно определить оптимальный вариант, тогда как для машинного выбора потребуется модель решения в условиях неопределенности исходных данных. Проблемы моделирования, алгоритмизации, программирования решения подобных задач, коих в проектировании неординарных технологических процессов великое множество, привели к трансформированию метода синтеза в метод диалога.

В этом случае компьютеру отводится менее ответственная роль подсказчика решений. Система выбирает возможные варианты и предоставляет оператору право окончательного выбора. САПР ТП располагает развернутым меню, предлагает разнообразную помощь и подсказки с уточняющими вопросами в режиме диалога, с использованием которых оператор принимает директивные решения при неоднозначной исходной информации. При этом во многих случаях при условии однозначности, определенности исходных данных система сама выполняет решение задачи выбора. Но о полной автоматизации проектирования, что подразумевает метод синтеза, речь не идет, нестандартные ситуации отслеживает оператор, система ему помогает, обеспечивая разнообразной информацией, в том числе и по диалоговому запросу, и берет на себя оформление технической документации в принятом стандартом виде. Такой

подход к автоматизированному проектированию техпроцессов в диалоговом режиме является более приемлемым и удобным по сравнению с методами адресации и аналогий, которые тем не менее также используются в популярных программных продуктах.

### 3.4. Виды моделей проектирования технологических процессов

Модели решения технологических задач могут быть представлены формулами, системами уравнений, графами, матрицами, блок-схемами алгоритмов и т.д. При этом решения задач типа «расчет» моделируются преимущественно явными зависимостями либо уравнениями, логические задачи выбора решаются с помощью табличных алгоритмов, определение порядка производится с использованием графов и матриц. Таким образом, при технологическом проектировании находят применение разнообразные модели, которые подразделяются на функциональные и структурно-логические математические модели.

Функциональные модели отражают физические процессы, протекающие в технологических системах: оборудование – оснастка – инструмент – полуфабрикат. По форме связей между выходными, внутренними и внешними параметрами при обработке или сборке различают модели в виде систем уравнений и в виде явных зависимостей. Эти модели применяют в основном в проектных процедурах расчета, анализа, оптимизации. Наиболее распространенными, типичными задачами для этого вида моделей являются определения технологических усилий, режимов обработки, напряжений и деформаций, норм времени. Например, решение распространенной в холодной листовой штамповке задачи раскроя листа на заготовки выглядит следующим образом.

Пусть необходимы заготовки в виде прямоугольных карточек размером  $a \times b$  для последующей штамповки из них некоторых деталей. Для этого требуется нарубить на гильотинных ножницах полосы из листа стандартного типоразмера  $A_i \times B_i$ , а из полос – заготовки  $a \times b$ . Следует рассмотреть два варианта раскроя листа на полосы (см. рис.20) с целью минимизации отхода. При раскрое по варианту I число полос из листа

$$m_I = \frac{B_i}{b},$$

где  $m_I$  – целое число с округлением в меньшую сторону.

Число деталей из полосы

$$n_I = \frac{A_i}{a},$$

где  $n_I$  – целое число с округлением в меньшую сторону.

Коэффициент использования материала

$$K_I = \frac{abm_I n_I}{A_i B_i}.$$

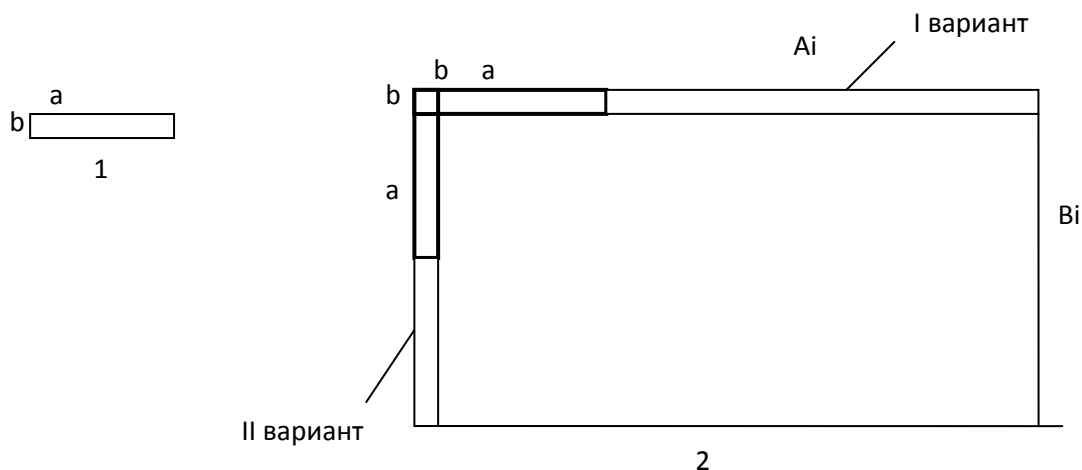


Рис.20. Раскрой листа на заготовки: 1 – заготовка; 2 – варианты раскроя листа

Аналогично по варианту II число полос

$$m_{II} = \frac{A_i}{b},$$

число деталей из полосы

$$n_{II} = \frac{B_i}{a},$$

коэффициент использования материала

$$K_{II} = \frac{abm_{II}n_{II}}{A_iB_i}.$$

Отдавая преимущество варианту с большим  $K$ , следует перебрать все имеющиеся в наличии стандартные типоразмеры листов  $A_i \times B_i$  и выбрать оптимальные с наибольшим коэффициентом использования материала или, что то же самое, с минимальным отходом.

Структурно-логические модели отличаются большим разнообразием по сравнению с функциональными и решают задачи типа «выбор» и «определение порядка» (очередности следования чего-либо в пространстве и времени). В зависимости от их собственной сложности и возможностей они подразделяются на табличные, сетевые и перестановочные. Кроме того, все разнообразие видов моделей проектирования техпроцессов разбивается на 12 классов в зависимости от четырех условий, определяющих техпроцесс.

Пусть  $F_1$  есть условие, определяющее маршрут техпроцесса, причем  $F_1 = 1$ , если граф, описывающий проектируемый маршрут, является простой цепью, и  $F_1 = 0$  – в противном случае.

Пусть  $F_2$  – условие, определяющее техпроцесс по количеству элементов техпроцесса и  $F_2 = 1$ , если количество элементов в проектируемых вариантах техпроцесса постоянно,  $F_2 = 0$ , если оно изменяется.

Пусть  $F_3$  – условие, учитывающее отношение порядка элементов проектируемых техпроцессов,  $F_3 = 1$ , если отношение порядка не меняется,  $F_3 = 0$ , если порядок следования операций, переходов может быть разным.

Пусть  $F_4$  – условие, которое учитывает состав (характер) элементов вариантов техпроцесса.  $F_4 = 1$ , если состав элементов одинаков,  $F_4 = 0$ , если модель предусматривает разработку вариантов, например, с заменой строгальных операций на фрезерные, фрезерного раскроя листа на лазерный, гибку на листогибочных прессах на гибку эластомером на гидропрессах и т.д.

Если обозначить классы моделей как  $S_i$ , где  $i = 1 \dots 12$ , то определенному сочетанию условий  $F_j$  будет соответствовать некоторый класс  $S_i$ , как показано в таблице 5.

Модели класса  $S_1$  называются табличными. В табличных моделях каждому набору исходных условий соответствует единственный вариант проектируемого техпроцесса. Такие модели используют в основном для поиска стандартных, типовых проектных решений.



Таблица 5

## Классы моделей

Условия, определяющие ТП				Классы $S_i$	Вид модели
$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$		
1	1	1	1	$S_1$	Табличная
1	1	1	0	$S_2$	Сетевая
1	1	0	1	$S_3$	Перестановочная
1	1	0	0	$S_4$	Перестановочная
1	0	1	0	$S_5$	Сетевая
1	0	0	0	$S_6$	Перестановочная
0	0	1	1	$S_7$	Сетевая
0	1	1	0	$S_8$	Сетевая
0	1	0	1	$S_9$	Перестановочная
0	1	0	0	$S_{10}$	Перестановочная
0	0	1	0	$S_{11}$	Сетевая
0	0	0	0	$S_{12}$	Перестановочная

Сетевые и перестановочные модели применяют для получения как типовых, так и индивидуальных, оригинальных технологических процессов. Возможность варьирования элементами проектируемого техпроцесса обеспечивает многовариантность технологий, что позволяет оптимизировать проектные решения.

Модели классов  $S_2, S_5, S_7, S_8, S_{11}$  являются сетевыми. Сетевые модели описывают множество вариантов техпроцесса, отличающихся количеством и составом операций.

Структура этих моделей описывается ориентированным графом без ориентированных циклов, в котором содержится несколько вариантов проектируемого техпроцесса, однако во всех вариантах сохраняется неизменным отношение порядка между входящими элементами, например, порядок следования операций остается неизменным.

Модели классов  $S_3, S_4, S_6, S_9, S_{10}, S_{12}$  называются перестановочными. Отношение порядка между элементами проектируемого технологического процесса в перестановочных моделях задается с помощью графа, содержащего ориентированные циклы, причем варианты техпроцесса, проектируемого с помощью перестановочных моделей, различаются отношением порядка входящих в них элементов.

Примеры табличной, сетевой и перестановочной моделей.

### 1. Табличная модель класса $S_1$ .

Классическим примером является проектирование техпроцессов методом адресации, когда каждому сочетанию исходных данных о детали (изделии) соответствует единственный набор операций обработки ( сборки), осуществляемый выборкой из унифицированного техпроцесса.

Пусть имеется комплексная деталь КД, состоящая из поверхностей  $\Pi_i$  (рис.21).

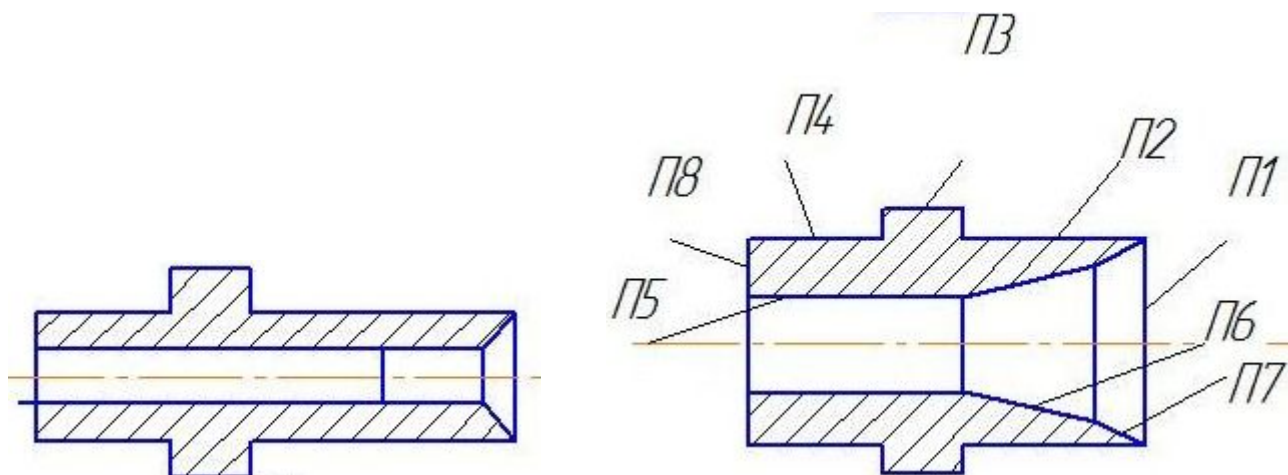


Рисунок 21. Комплексная деталь

Её обработка, т.е. унифицированный технологический процесс представляет собой кортеж операций:

- $O_1$  – подрезка правого торца  $\Pi_1$ ,
- $O_2$  – точение цилиндрической поверхности  $\Pi_2$ ,
- $O_3$  – точение цилиндрической поверхности  $\Pi_3$ ,
- $O_4$  – точение цилиндрической поверхности  $\Pi_4$ ,
- $O_5$  – сверление цилиндрического отверстия  $\Pi_5$ ,
- $O_6$  – зенкерование конусного отверстия  $\Pi_6$ ,
- $O_7$  – зенкование фаски  $\Pi_7$ ,
- $O_8$  – подрезка левого торца  $\Pi_8$ .

Граф очередности операций представляет собой простую цепь (рис.22).

Табличная модель в виде матрицы, содержащей обозначения операций  $O_i$  и поверхностей  $\Pi_i$ , показана в таблице 6.

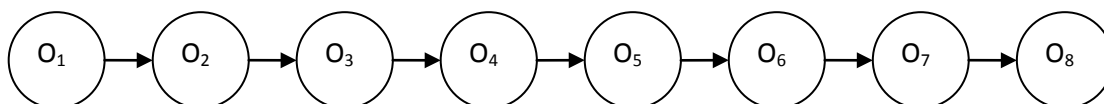


Рисунок 22. Граф унифицированного техпроцесса

Таблица 6

Матрица унифицированного техпроцесса

$O_i \backslash \Pi_j$	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	$\Pi_4$	$\Pi_5$	$\Pi_6$	$\Pi_7$	$\Pi_8$
$O_1$	1							
$O_2$		1						
$O_3$			1					
$O_4$				1				
$O_5$					1			
$O_6$						1		
$O_7$							1	
$O_8$								1

Для простоты примера в первом приближении функцией включения каждой из операций унифицированного техпроцесса можно считать наличие в конструкции детали соответствующей поверхности.

Пусть необходимо спроектировать техпроцессы для деталей  $D_1$  и  $D_2$  (рис.23), входящих во множество, охватываемое комплексной деталью.

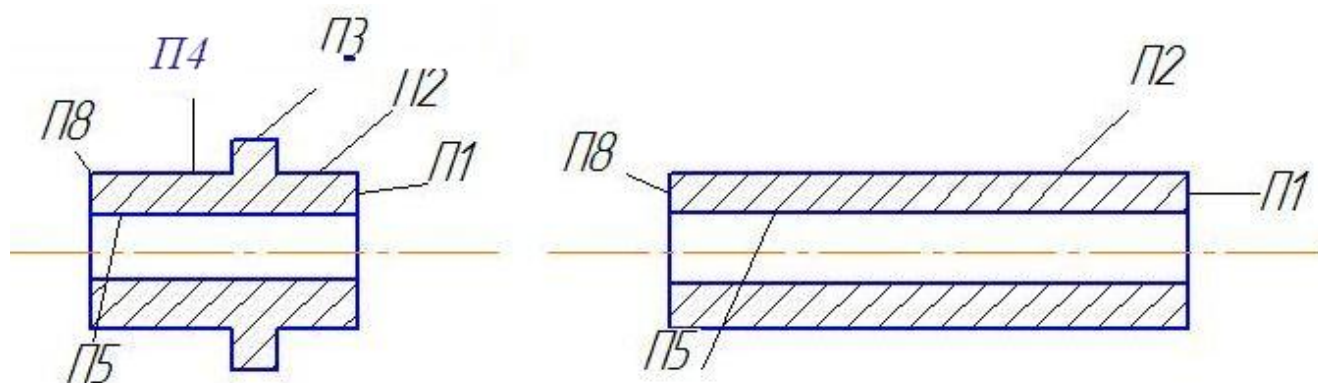


Рисунок 23. Детали для разработки индивидуальных техпроцессов

В соответствии с формулировкой функций включения, графом (рис.22) и матрицей (таблица 6) кортежи операций обработки деталей  $D_1$  и  $D_2$  могут быть представлены графами в виде простых цепей (рис.24) и матрицами (таблица 7).

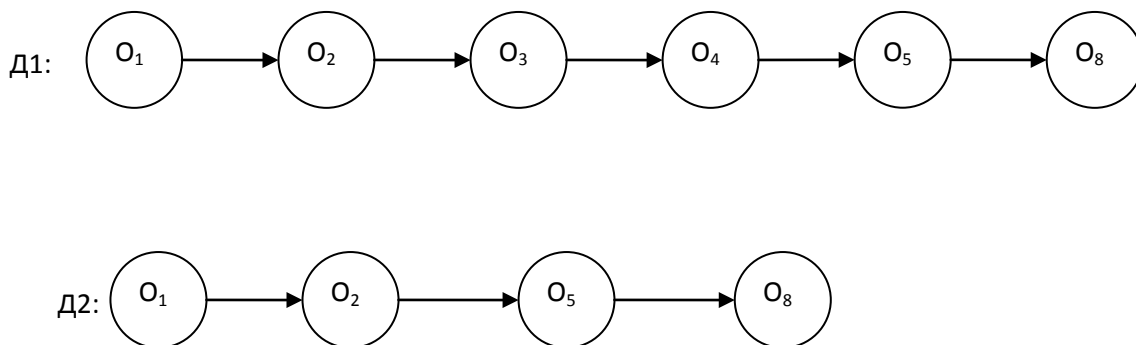
Рисунок 24. Графы операций обработки деталей  $D_1$  и  $D_2$ 

Таблица 7

Матрицы операций

$O_i \backslash D_i$	$D_1$	$D_2$
$O_1$	1	1
$O_2$	1	1
$O_3$	1	0
$O_4$	1	0
$O_5$	1	1
$O_6$	0	0
$O_7$	0	0
$O_8$	1	1

Таким образом, существует единственный вариант обработки каждой из деталей, что по определению соответствует табличным моделям проектирования техпроцессов.

## 2. Сетевая модель техпроцесса изготовления зубчатого колеса.

Технология изготовления зубчатых колес разнообразна и в общем случае предусматривает черновую обработку, получистовую, чистовую и отделку после термообработки. Все эти виды обработки могут осуществляться различным инструментом на соответствующем оборудовании. Общая модель проектирования техпроцесса таким образом должна предусматривать замену оборудования и операций, но для упрощения примера такая возможность в данном случае не рассматривается.

На рис. 2.5 показано зубчатое колесо и обозначены его поверхности: П1 – базовое отверстие со шпоночным пазом, П2 – поверхности контура, П3 – эвольвентная поверхность зубьев.

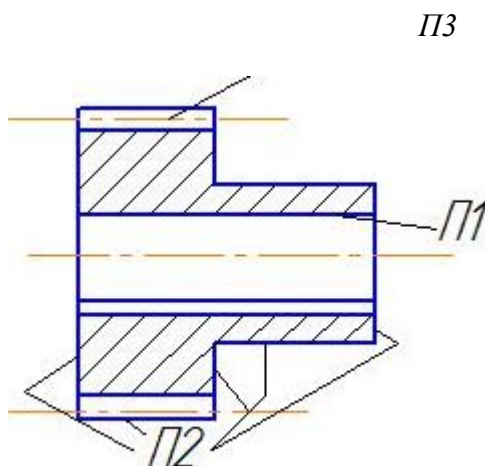


Рисунок 25. Поверхности зубчатого колеса

Техпроцесс должен содержать следующие операции:

- О<sub>1</sub> – получение заготовки,
- О<sub>2</sub> – протягивание базового отверстия,
- О<sub>3</sub> – черновое обтачивание контура,
- О<sub>4</sub> – чистовое обтачивание контура,
- О<sub>5</sub> – черновое нарезание зубьев,
- О<sub>6</sub> – получистовое нарезание зубьев,
- О<sub>7</sub> – чистовое нарезание зубьев,
- О<sub>8</sub> – термообработка,
- О<sub>9</sub> – отделка базового отверстия,
- О<sub>10</sub> – шлифование зубьев,
- О<sub>11</sub> – притирка зубьев,
- О<sub>12</sub> – мойка,
- О<sub>13</sub> – контроль.

Матрица сетевой модели, ставящая в соответствие поверхности и операции, представлена в таблице 8.

Таблица 8

Матрица сетевой модели техпроцесса

$O_i \backslash P_j$	П1	П2	П3
$O_1$	1	1	0
$O_2$	1	0	0
$O_3$	0	1	0
$O_4$	0	1	0
$O_5$	0	0	1
$O_6$	0	0	1
$O_7$	0	0	1
$O_8$	1	1	1
$O_9$	1	0	0
$O_{10}$	0	0	1
$O_{11}$	0	0	1
$O_{12}$	1	1	1
$O_{13}$	1	1	1

В зависимости от конкретных технических условий на зубчатое колесо и условий производства кортеж операций может содержать все 13 операций. Но, например, черновое обтачивание контура может быть исключено в зависимости от качества заготовки-полуфабриката либо вследствие применения резцов Колесова. Также может быть исключена и промежуточная получистовая обработка поверхности зубьев. Точностные требования также могут повлиять на необходимость отделки базового отверстия и так далее. С учетом перечисленного ориентированный граф операций должен содержать соответствующие связи, исключаящие из техпроцессов некоторые структурные составляющие, и дающий, таким образом, несколько вариантов состава операций (рис.26).

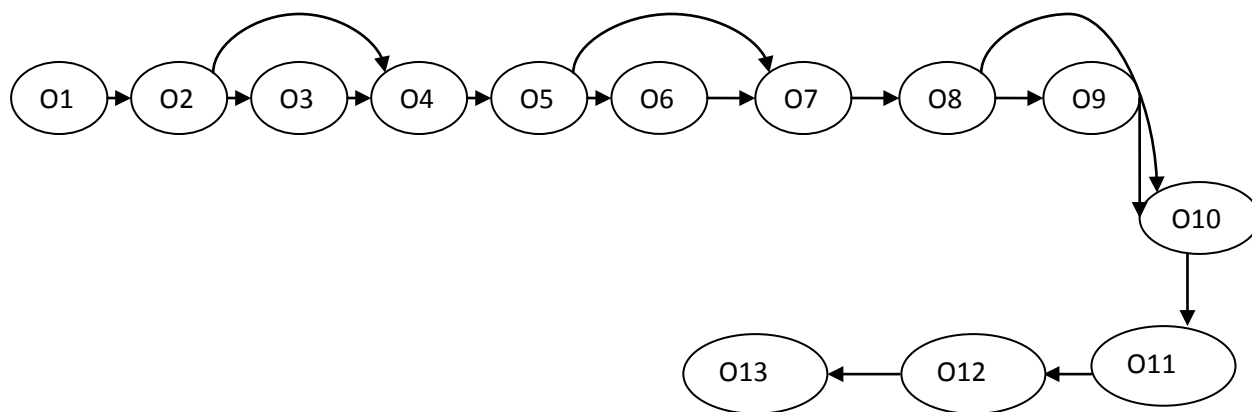


Рисунок 26. Граф сетевой модели техпроцесса изготовления зубчатого колеса

### 3. Перестановочная модель.

Перестановочные модели характерны прежде всего для технологических процессов сборки, отличающейся весьма значительной многовариантностью последовательности подачи элементов конструкции в стапель или сборочное приспособление для механосборки. Так, например, механосборка узла передачи крутящего момента, показанного на рисунке 27, может осуществляться в различной последовательности, насчитывающей около 10 вариантов.

Узел состоит из 7 конструктивных составляющих: 1 – шпоночный вал, 2 – стопорное кольцо левое, 3 – подшипник левый, 4 – подшипник правый, 5 – зубчатое колесо, 6 – стопорное кольцо правое, 7 – шпонка. Технология сборки должна предусматривать следующие операции:  $O_1$  – установка вала в приспособлении;  $O_2$  – постановка стопорного кольца 2,  $O_3$  – напрессовка подшипника 3,  $O_4$  – напрессовка подшипника 4,  $O_5$  – установка зубчатого колеса 5,  $O_6$  – постановка стопорного кольца 6,  $O_7$  – вставка шпонки 7.

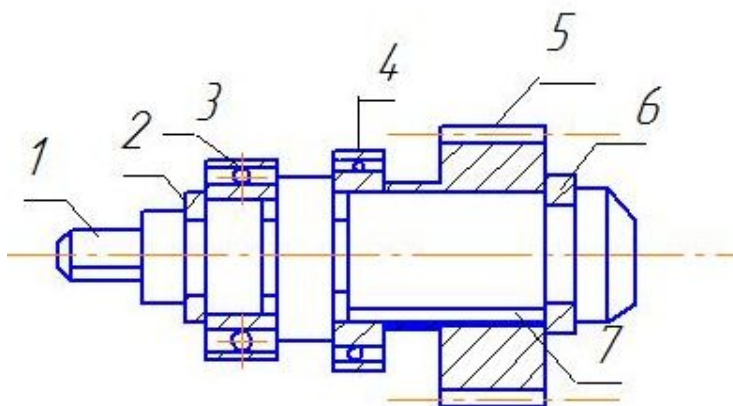


Рис.27. Узел передачи крутящего момента

Ориентированный граф перестановочной модели технологических процессов сборки должен предусматривать все возможные варианты последовательности сборки, т.е. содержать множество циклов (рис.28).

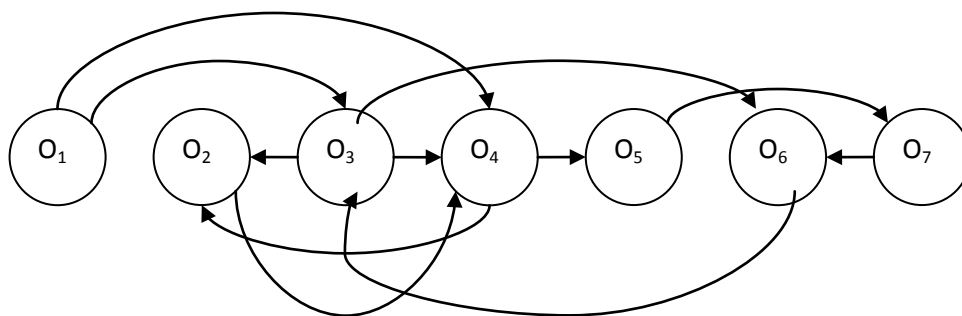


Рис.28. Граф перестановочной модели техпроцесса сборки узла передачи крутящего момента

Частичные графы, т.е. графы, содержащие заданные связи и их вершины, иллюстрируют возможные варианты техпроцесса, вытекающие из графа перестановочной модели (рис.29).



По сложности табличные, сетевые и перестановочные модели ранжируются, естественно, следующим образом: самыми сложными являются перестановочные модели, самыми простыми – табличные. Однако нельзя сказать, что сетевые модели принадлежат множеству перестановочных, да и вообще множества табличных, сетевых и перестановочных моделей не пересекаются.

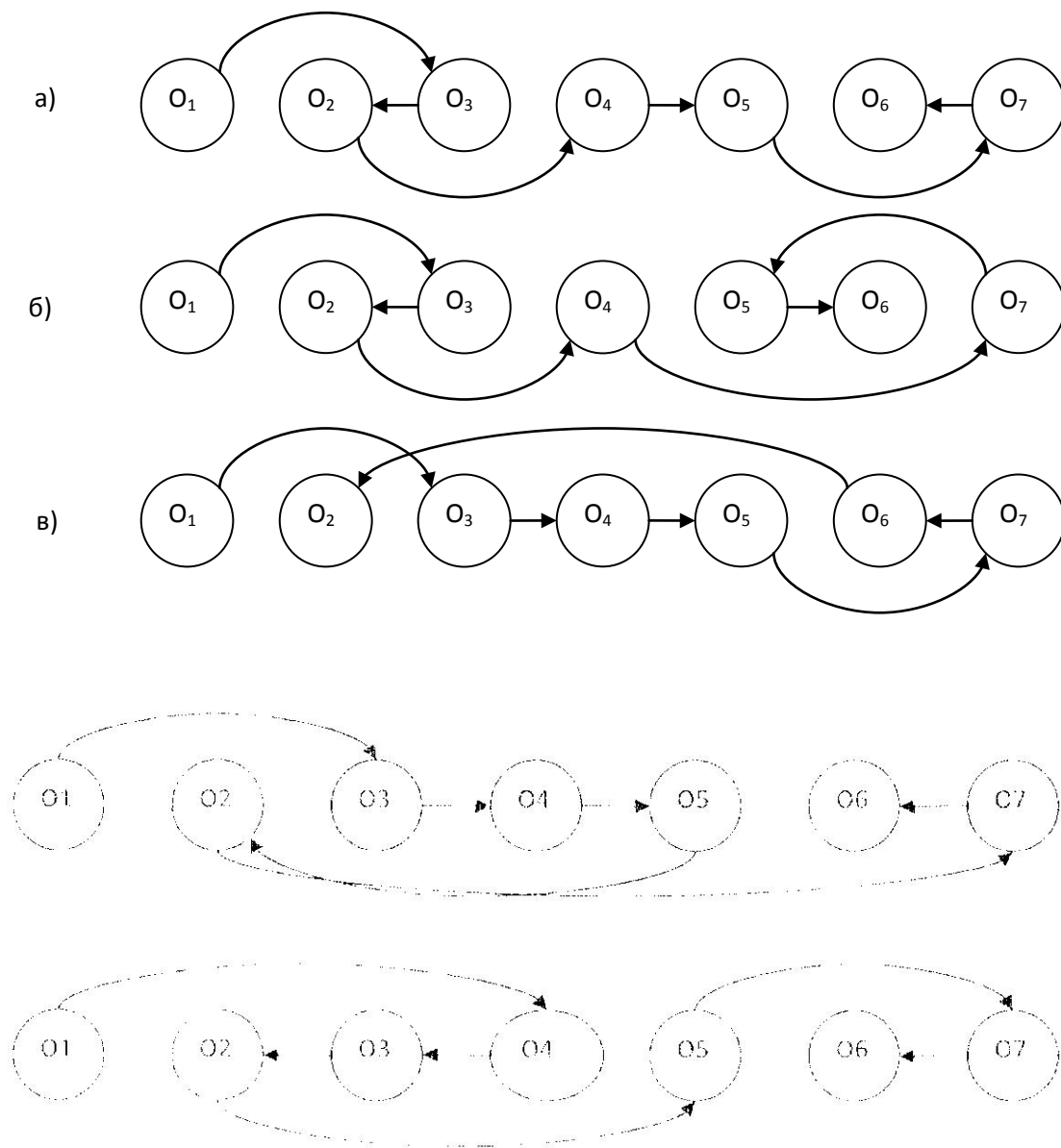


Рис.29. Некоторые частичные графы вариантов последовательности сборки узла передачи крутящего момента.

## 4. ОБЗОР ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ САПР

### 4.1 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ САПР ТЕХПРОЦЕССОВ

Системы автоматизированного проектирования техпроцессов отличаются большим разнообразием, так как реализуют различные методы автоматизированного проектирования, но тем не менее имеют одинаковую принципиальную структуру, показанную на рис. 30.

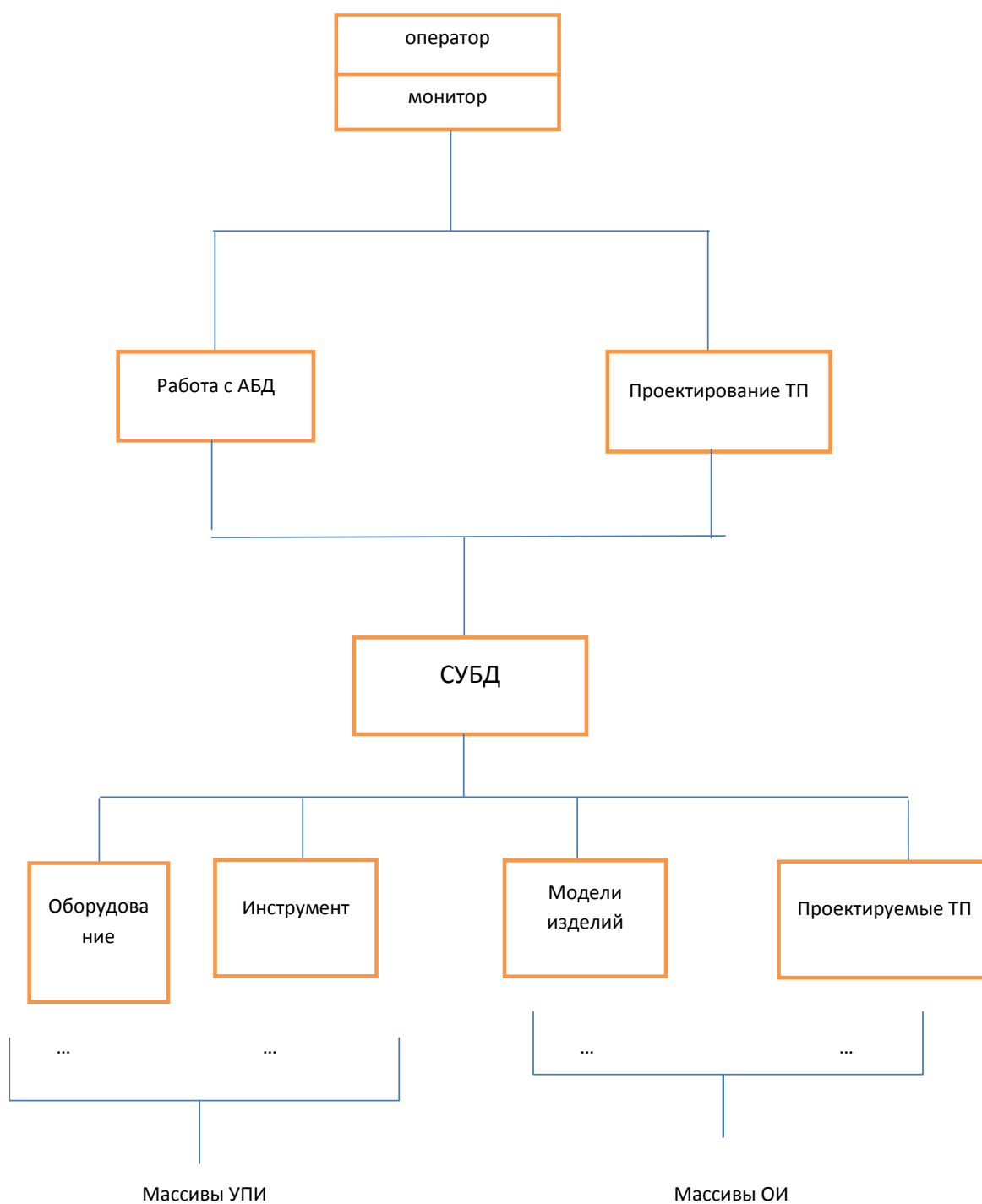


Рис. 30. Принципиальная структурная схема САПР ТП.

Оператор пользуется системой в двух режимах: либо он работает с администратором базы данных (АБД) над массивами условно-постоянной информации (УПИ), либо проектирует технологический процесс, пользуясь как оперативной информацией (ОИ), так и постоянной. Массивы условно-постоянной информации содержат сведения об оборудовании, инструменте, материалах, справочные данные, стандарты предприятия и т. д. Работа с ними сводится к их просмотру, пополнению, исправлению, удалению и т. п. Программное обеспечение для предоставления таких услуг оператору, то есть для сервиса, называется АБД. Программное обеспечение, осуществляющее команды оператора через АБД, называется системой управления базой данных (СУБД). СУБД является единой системой и для работы с УПИ, и для работы с ОИ.

При знакомстве с той или иной системой для её приобретения, при продаже системы производится её презентация, рассматриваются или предоставляются к рассмотрению некоторые сведения – компоненты презентации программного продукта.

Во-первых это функциональное представление системы, где оговаривается логическая последовательность решаемых задач при проектировании технологии, показываются возможности системы с точки зрения состава выполняемых функций.

Во-вторых рассматривается техническое обеспечение, средства вычислительной техники, необходимые для эксплуатации системы, их минимальная конфигурация.

В-третьих показывается информационное обеспечение, состав базы данных, удобство обслуживания массивов со стороны оператора, наполненность базы условно-постоянной информацией и оперативной информацией.

В-четвёртых это сведения о методическом обеспечении, о составе инструкций по обслуживанию и использованию, лингвистическое обеспечение при методе адресации, язык описания системы.

В-пятых это программное обеспечение, сведения о том, в какой среде система работает, совместимость системы с другими популярными или уже приобретёнными и эксплуатируемыми программными продуктами.

Под специализированными САПР ТП подразумеваются системы, разработанные в аэрокосмической и для аэрокосмической отрасли. Такие программные продукты разрабатываются в отраслевых технологических институтах и в вузах аэрокосмического профиля.

В качестве одной из первых систем, получивших широкое распространение особенно на авиационных заводах, можно назвать САПР ТП XIII (холодной штамповки), разработанную в Куйбышевском филиале НИАТ преимущественно для номенклатуры листоштамповочного производства при изготовлении самолёта ТУ-154. Эта система реализует метод адресации для разнообразных по конструкции деталей, получаемых холодной штамповкой из листовых заготовок. И хотя ныне разрабатываемые системы носят более универсальный характер, необходимо отдать должное внимание этому классическому для метода адресации примеру.

Функциональное представление системы проиллюстрировано схемой на рис. 31.

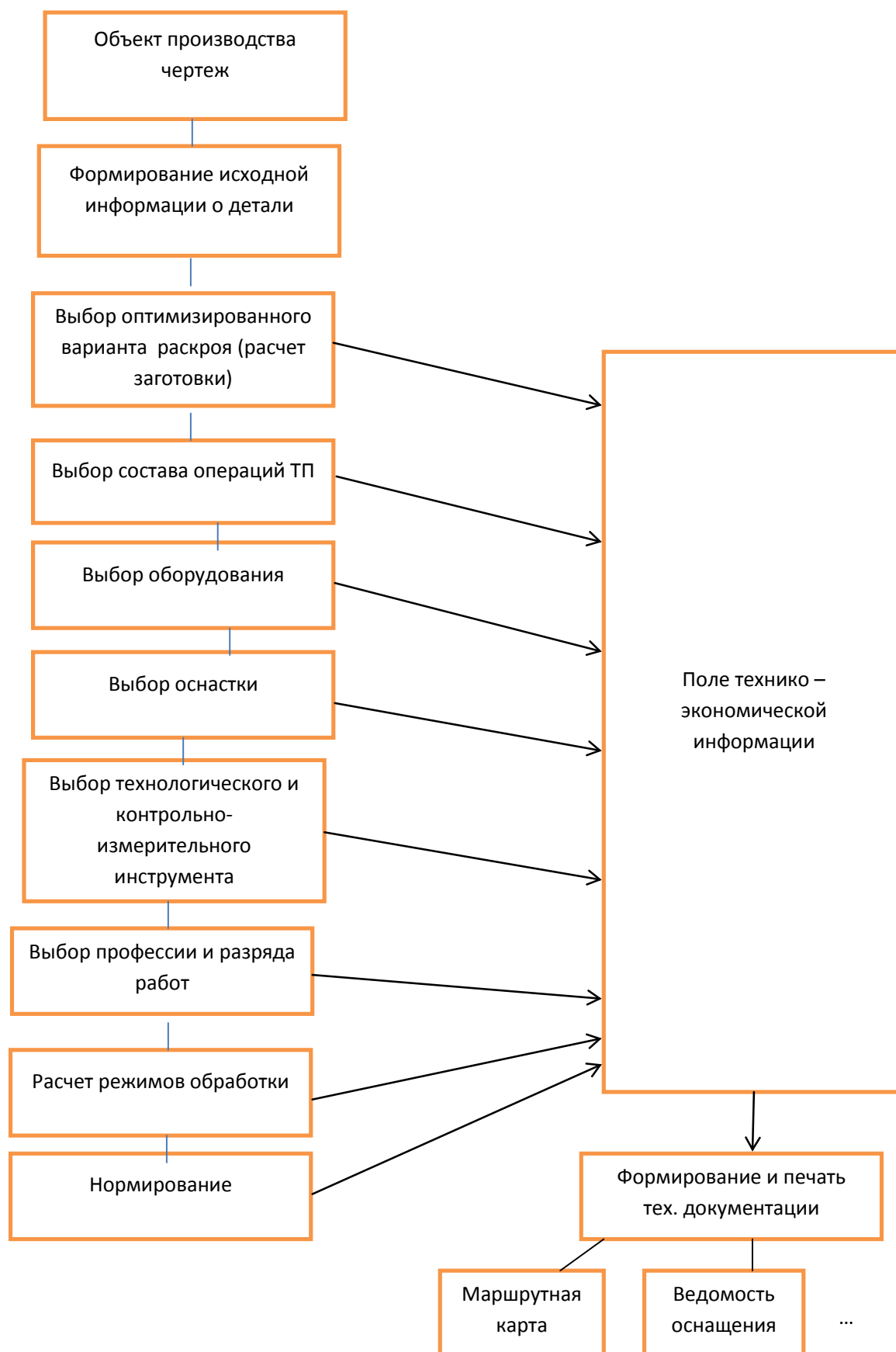


Рис. 31. Функциональное представление САПР ТП ХШ.

Исходным документом для проектирования является чертёж, документ ручного пользования, так как система создавалась тогда, когда конструкции разрабатывались только вручную. По чертежу оператор готовил информационную модель детали, формируя карту исходной информации с обязательными для заполнения полями и полями, рекомендуемыми для заполнения. Впоследствии эта процедура была заменена на так называемый строчно-языковый метод с разделителями и идентификацией реквизитов, о чём пойдёт речь несколько ниже. Получив информацию о детали, система последовательно выполняет ряд действий. Сначала производится расчёт заготовки и выбирается вариант раскроя листа и его сортамент. Далее из унифицированного техпроцесса выбираются операции, необходимые для изготовления данной детали. При этом, следуя традициям мелкосерийного авиационного производства, разрабатывается только маршрутная карта без рассмотрения переходов внутри операций. Затем назначается оборудование, технологическое оснащение, инструмент для изготовления детали и для контроля. В заключение выбираются профессии и разряды работ на каждую операцию, рассчитываются режимы и нормы времени. Накопленная в результате этих действий технико-экономическая информация преобразуется в технологическую документацию соответствующего вида, то есть в соответствии со стандартами формируются маршрутные карты, ведомости трудовых и материальных затрат, ведомости оснащения и так далее.

Правила или инструкции по подготовке информационной модели детали составляют лингвистическое обеспечение системы. Лингвистика САПР ТП XIII предусматривает декомпозицию (разбиение) детали на конструктивные элементы и описание детали и этих элементов на основе классификаторов в соответствии с определенными правилами. В качестве примера на рис. 32 приведен эскиз детали, на котором отмечены её конструктивные элементы.

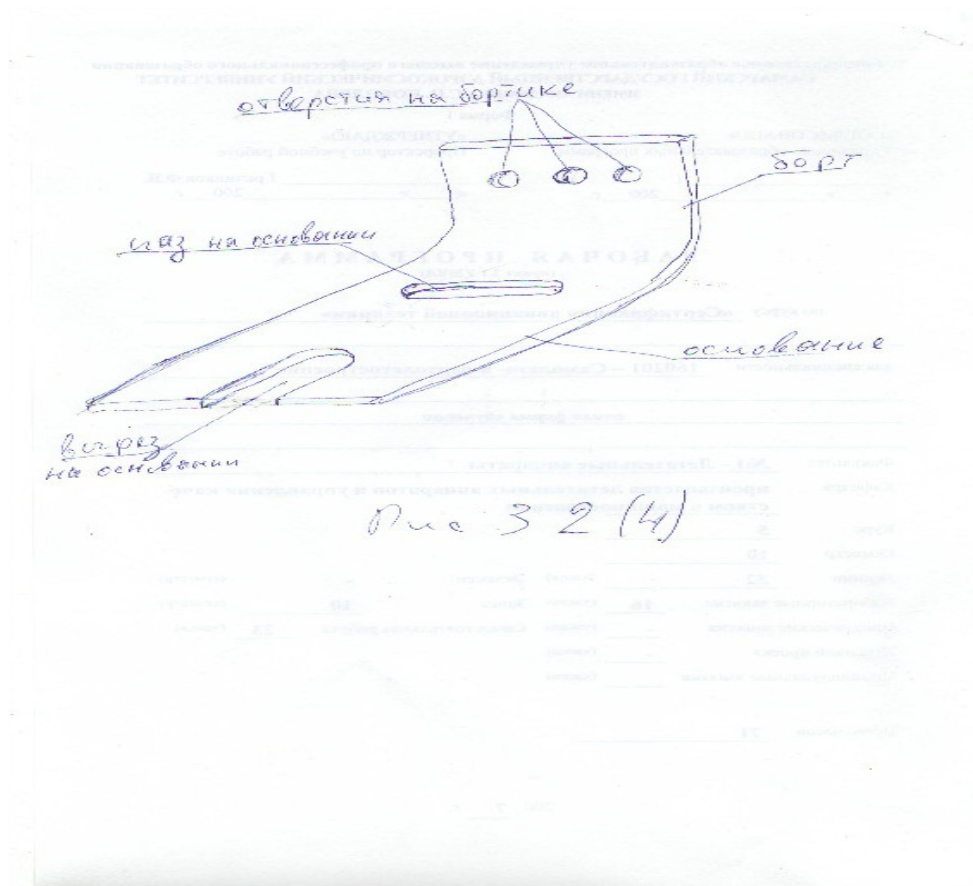


Рис. 32. Эскиз детали с её конструктивными элементами.

Для общего описания формы деталей разработан классификатор или граф идентификации формы, фрагментарно показанный на рис. 33.

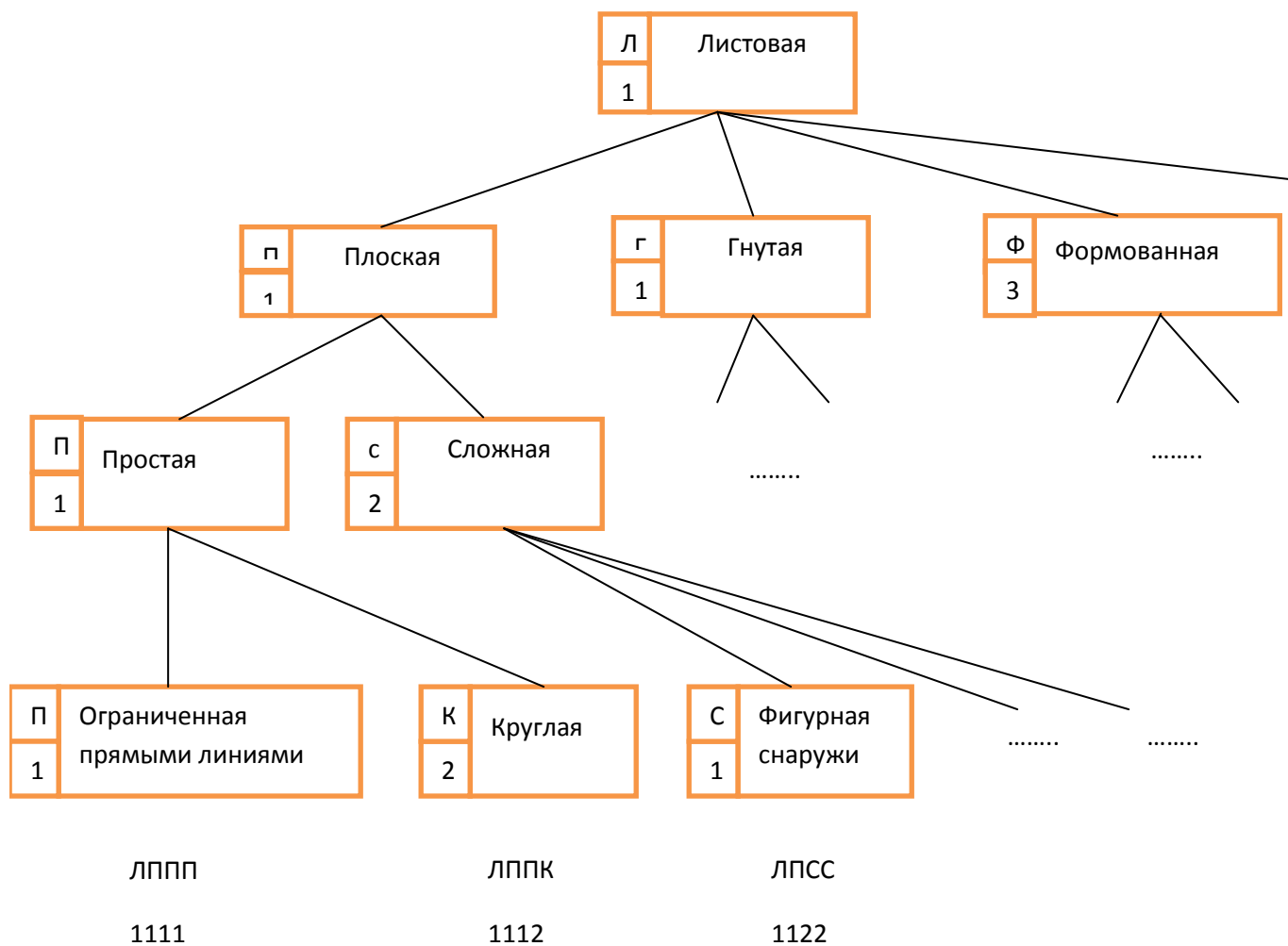


Рис. 33. Граф идентификации формы детали.

В том классификаторе всё множество листовых деталей разбивается на уровне формы на ряд классов: плоская, гнутая и т. д. – с обозначением каждого класса буквой и цифрой. Далее на уровне сложности формы каждый класс разбивается на подклассы, наконец, на уровне контура формы каждый подкласс делится на виды, при этом каждое разбиение вносит свои обозначения в виде букв либо цифр. В результате появляется общее символьное обозначение детали, называемое идентификатором.

Для описания элементов конструкции детали существует аналогичный граф - граф идентификации элементов, также фрагментарно представленный на рис. 34.

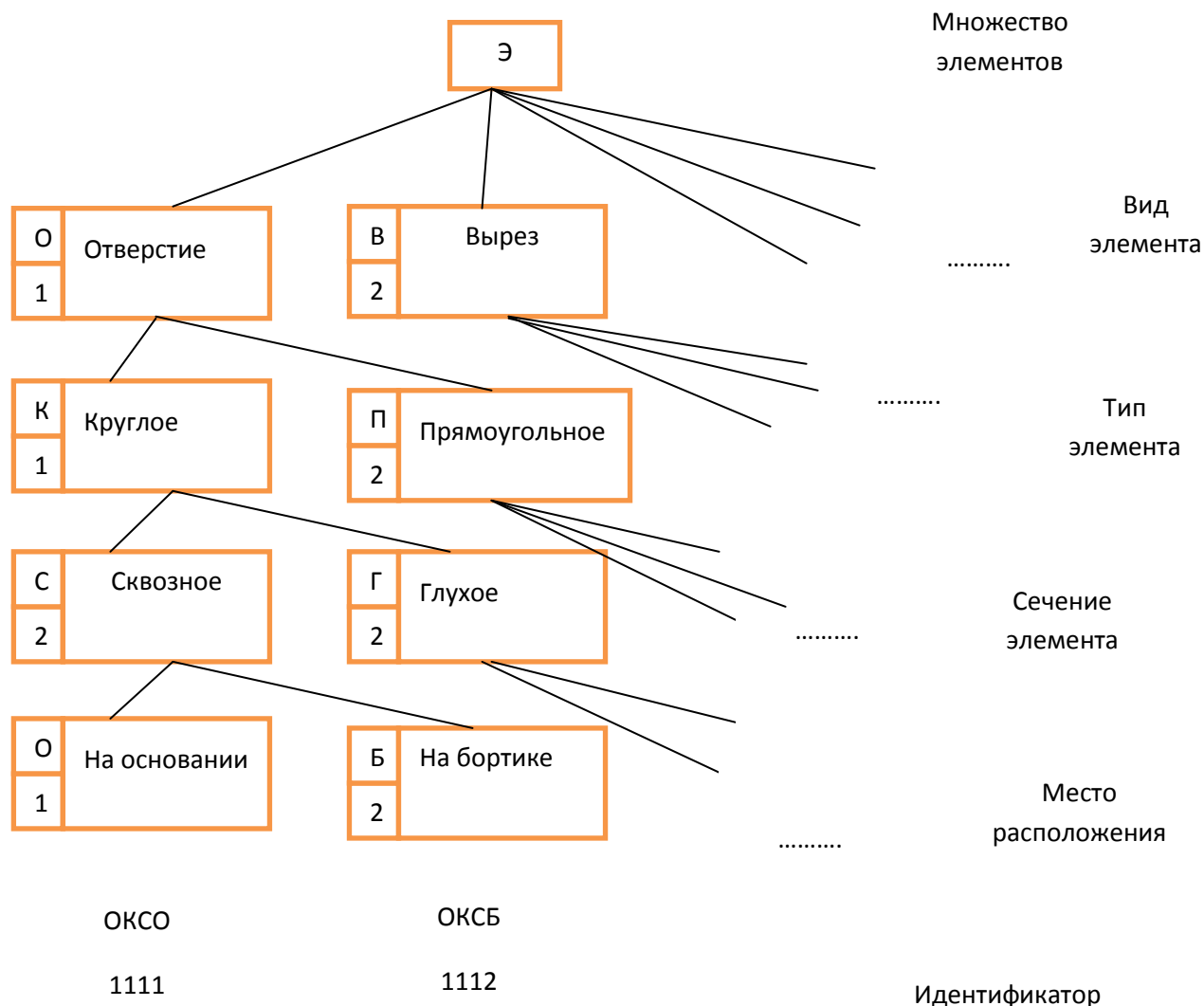


Рис. 34. Граф идентификации конструктивных элементов детали.

Всё множество конструктивных элементов разбивается на 12 видов, каждый вид – на несколько типов, каждый тип имеет несколько сечений, наконец, каждый элемент может располагаться либо на бортике, либо на основании. В результате появляется идентификатор конструктивных элементов в виде набора букв.

Для представления информационной модели детали используется две формы – табличная и текстовая. Табличная предусматривает заполнение специальной таблицы, называемой картой исходной информации о детали – КИИД. В этой таблице для каждой порции информации предусмотрена своя ячейка, где проставляются название детали, её номер, материал, идентификатор формы и другие сведения, называемые реквизитами.

Текстовая форма использует строчно-языковый способ с разделителями. Это означает, что информационная модель записывается, как строки машинописного текста, при этом реквизиты отделяются друг от друга разделителем в виде двоеточия (:), а реквизиты имеют свои обозначения, после которых ставится знак равенства (=). В качестве примера можно привести следующий фрагмент информационной модели:

74.00.0405.060/007:1=УПОР:2=204:3=2: ... :54=ЛПСС:59=ЛФНР: ...  
:(ОКСО:2:42:.....5.2(ППКБ:1:52: ... ,

где 74.00.0405.060/007 – номер чертежа детали; 1=УПОР – название детали; 2=204 – изделие; 3=2 – количество деталей на изделие; ... и т. д.; 54=ЛПСС – идентификатор заготовки (листовая, плоская, сложная, фигурная снаружи); 59=ЛФНР - идентификатор детали по тому же классификатору; другие сведения в этом примере пропущены, а всего их может быть до 100 реквизитов; далее после скобки приводится информация о конструктивном элементе отверстия круглом сквозном на основании ОКСО в количестве 2 штук с расстоянием до деформируемого элемента 42 мм, диаметр отверстия 5.2 мм, других сведений об отверстии нет, но предусмотрено, что их может быть до 16 штук реквизитов; после скобки следует аналогично информация об элементе ППКБ – подсекалка прямая концевая на бортике, количество подсечек - 1, длина подсекалки составляет 52 мм.

Информационная модель для проектирования техпроцесса не обязательно должна содержать всю информацию с чертежа детали, она может быть неполной, например, расстояние между отверстиями, пробиваемыми в совмещённом штампе, не всегда влияют на содержание операций техпроцесса. Обязательные реквизиты оговариваются в инструкции по кодированию информации о детали.

САПР ТП ХШ использует метод адресации, то есть в базе данных имеется соответствующий детали унифицированный техпроцесс, привязка к которому и данные для сравнения с функциями включения операций содержатся главным образом в реквизитах 54 и 59, описывающих общие сведения о детали и заготовке, а также в описании элементов конструкции детали.

Также одной из первых в самолётостроении появилась система автоматизированного проектирования техпроцессов автоматической клёпки – САПР ТПАК.

Эта система проектирует технологические процессы также без директивного вмешательства оператора. Оператор кодирует информацию о сборочной единице и сообщает её системе в диалоговом режиме. Система проектирует техпроцесс и одновременно анализирует технологичность сборочной единицы; о неприемлемых для автоматической клёпки параметрах и ошибках в информационной модели изделия выдаётся соответствующее сообщение оператору. Система работает в режиме метода адресации. В её базе данных имеется типовой техпроцесс, который автоматизированно конкретизируется в зависимости от информации о сборочной единице, подлежащей сборке. Процедура проектирования в виде функционального представления системы показана на рис. 35.



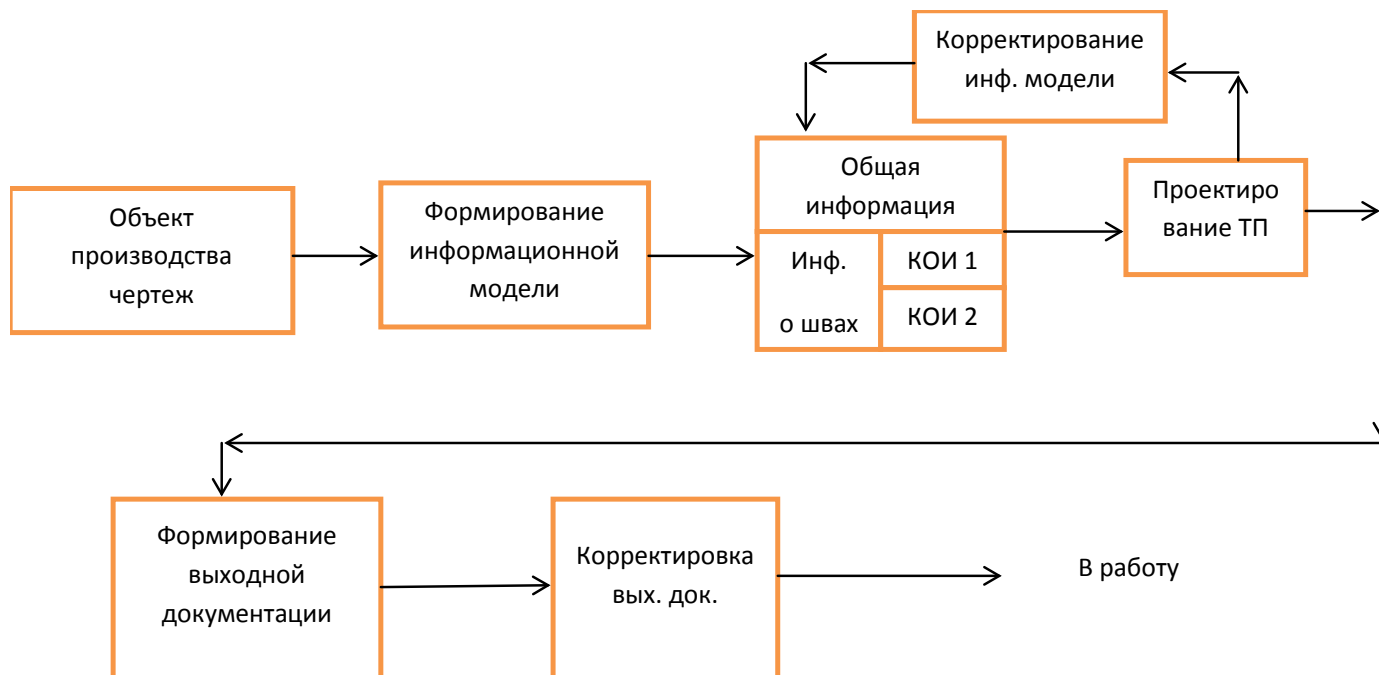


Рис. 35. Функциональное представление САПР ТПАК.

Информационная модель объекта производства составляется оператором в виде двух файлов, один из которых содержит общую информацию о сборочной единице, другой – информацию о заклёпочных швах. На основе этой информации разрабатывается маршрутная карта, операционная карта и комплектовочная карта, которые могут быть скорректированы оператором, после чего распечатаны либо сохранены.

Главное меню системы содержит четыре функции или раздела:

- корректировка справочной информации;
- формирование оперативной информации о сборочной единице и заклёпочных швах;
- корректировка оперативной информации о сборочной единице и заклёпочных швах;
- проектирование техпроцесса.

Первая функция есть не что иное, как администратор базы данных. Структура этого раздела главного меню представлена на рис. 36.

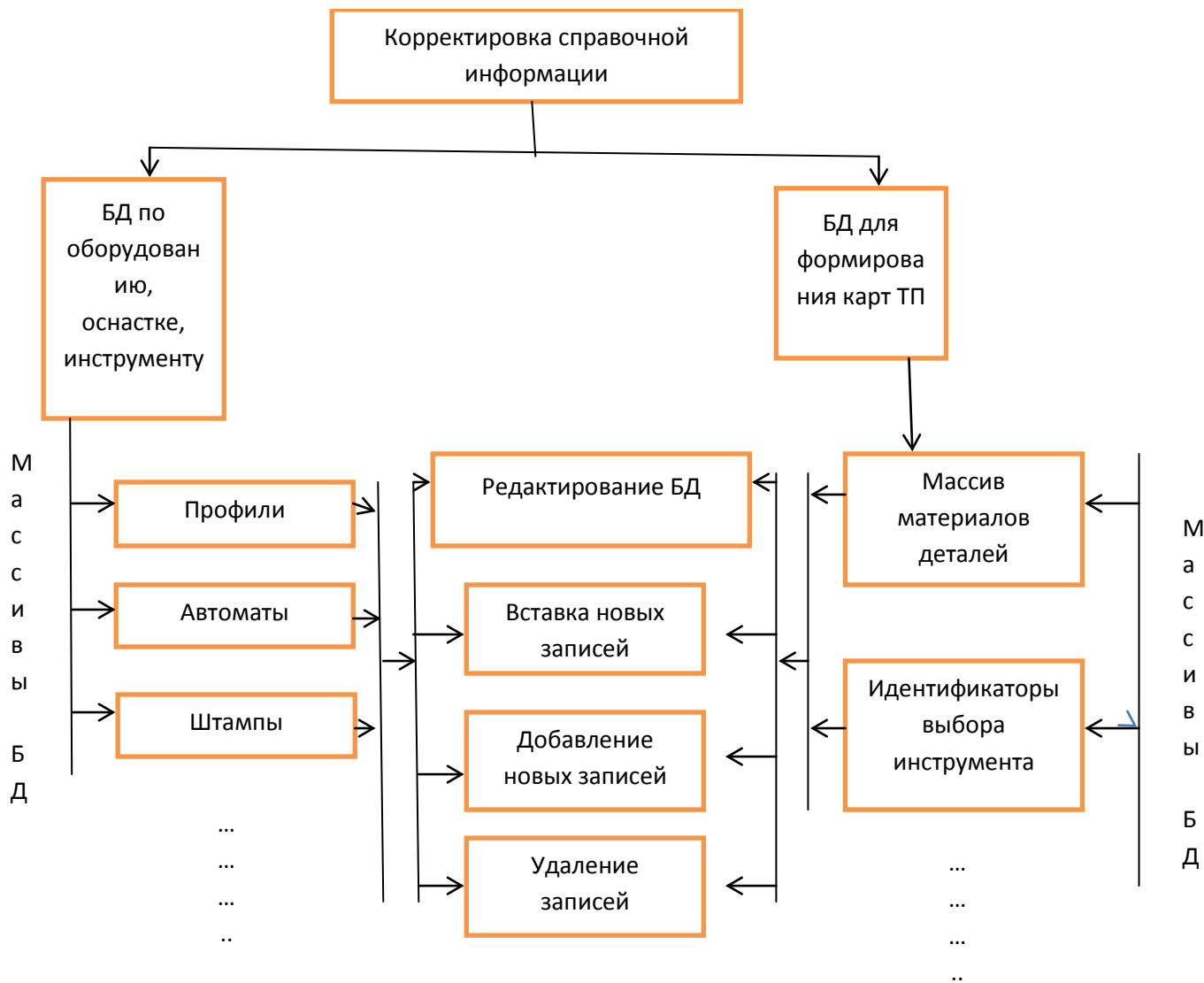


Рис.36. Меню раздела корректировки справочной информации.

Вторая функция главного меню предназначена для формирования двух упомянутых выше файлов, содержащих информационную модель сборочной единицы, третья и четвёртая – для выполнения действий, соответствующих названиям разделов.

Комплекс автоматизированных систем проектирования технологических процессов и оснащения для подготовки агрегатно-сборочного производства – система ТеМП - разработана в МАТИ специально для предприятий аэрокосмического направления. Предназначена в частности для проектирования директивных техпроцессов и рабочих техпроцессов сборки летательных аппаратов, в конструкции которых применяются заклёпочные, резьбовые, сварные и комбинированные соединения.

Состав решаемых задач:

- отработка изделий на технологичность;
- формирование и анализ технологических моделей сборочных единиц;
- проектирование и нормирование директивных техпроцессов и цикловых графиков сборки;

- проектирование и нормирование рабочих техпроцессов;
- анализ рабочих зон сборочных единиц с учётом эргономики;
- формирование комплекта технологической документации;
- формирование и ведение информационной среды сборочных работ.

Для работы этой системы может использоваться электронная модель изделия и бумажные носители информации. Она обеспечивает возможность параллельного конструкторско-технологического проектирования и переход на бесплазовую подготовку производства и организацию электронного документооборота.

#### 4.2 ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ САПР ТП КОМПАС-АВТОПРОЕКТ, КОМПАС-ВЕРТИКАЛЬ, КАРУС

САПР ТП КАРУС проектирует техпроцессы механической обработки резанием, используя метод аналогий и метод диалога. При работе в режиме метода аналогий система копирует указанный оператором техпроцесс-аналог в новый файл под новым именем и предоставляет оператору возможность его редактирования, то есть разработки нового техпроцесса под другим именем. При работе в режиме диалога система предлагает оператору развёрнутое меню с разнообразной помощью и подсказками, пользуясь которыми, оператор указывает машине выбранные им из подсказок системы решения. Таким образом формируется технологический процесс путём директивного вмешательства оператора, то есть технологический процесс проектирует оператор, система помогает ему и формирует технологическую документацию в соответствии со стандартами. Функциональное представление системы показано на рис. 37.

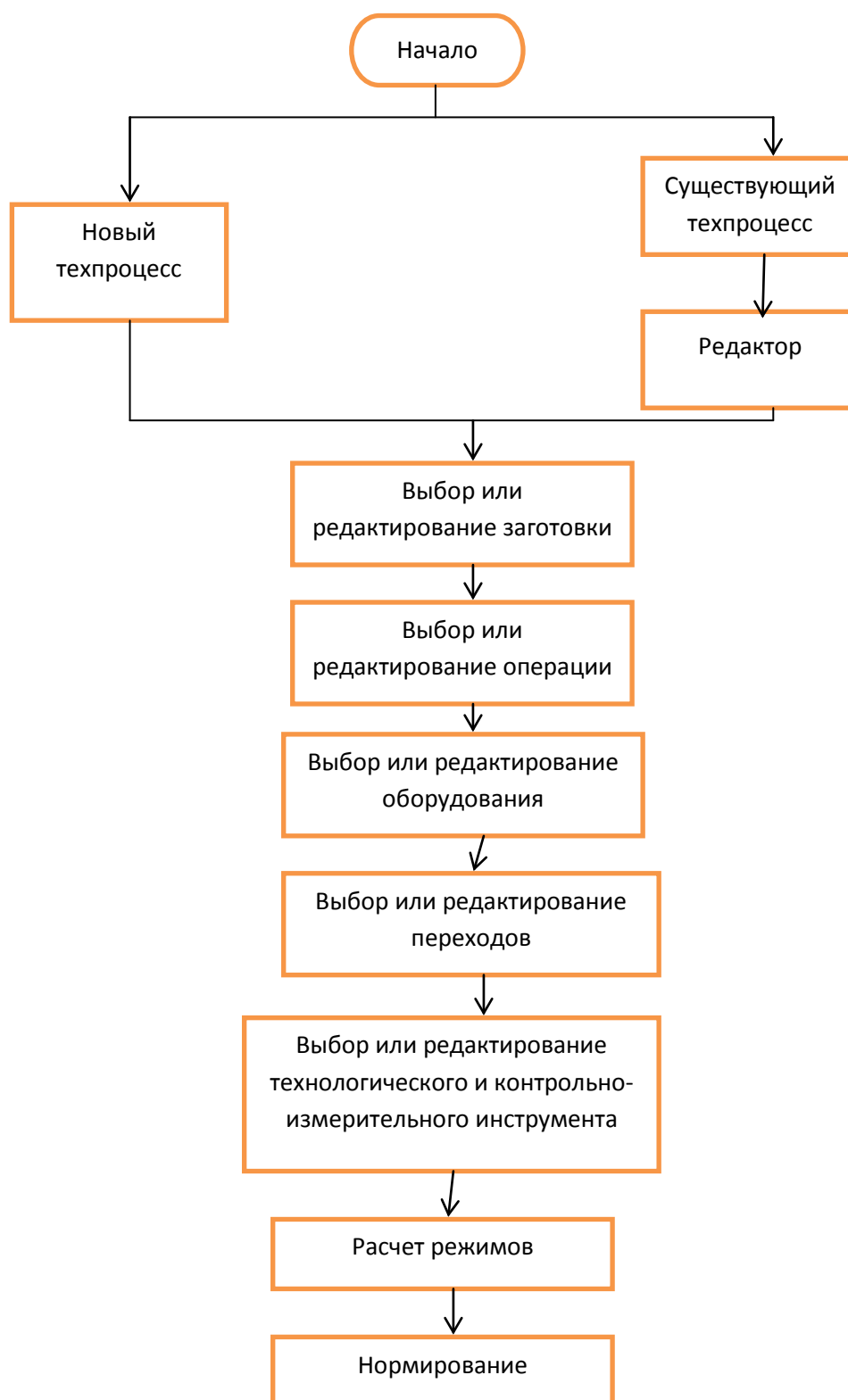


Рис. 37. Функциональное представление САПР ТП КАРУС.

В базе данных системы накапливаются технологические процессы, которые могут выступать в качестве аналогов, но автоматизированный поиск аналога не предусмотрен, его осуществляет оператор. Также в базе данных имеются массивы оборудования, инструментов, типовых формулировок операций и переходов и так далее, а также типовые связи оборудования, инструмента с этими операциями и переходами. Система назначает оборудование и инструмент по этим типовым связкам в зависимости от выбранных оператором переходов и операций.

Оператор имеет возможность и самостоятельно назначить технологическое оснащение и станки, воспользовавшись соответствующими массивами базы данных, либо внести информацию в составляемый документ с клавиатуры.

САПР ТП КОМПАС-АВТОПРОЕКТ и пришедшая ей на смену САПР ТП КОМПАС-ВЕРТИКАЛЬ по методам проектирования техпроцессов и видам технологий являются комбинированными. Они позволяют проектировать техпроцессы обработки резанием, штамповки, сборки, сварки, термообработки и др., а также техпроцессы, содержащие одновременно все эти технологии. В основе работы систем лежит принцип заимствования ранее принятых технологических решений. В базе данных имеются и постоянно накапливаются технологические процессы, типовые блоки операций, типовые решения и т. д. При формировании нового техпроцесса пользователь имеет доступ к этой информации.

Разработка техпроцесса осуществляется в следующих режимах:

- проектирование на основе техпроцесса-аналога, а именно автоматизированный выбор подходящей технологии из накопленного архива и доработка его в диалоговом режиме;
- формирование техпроцессов из блоков типовых технологических операций из базы данных;
- формирование технологических процессов из отдельных операций архивных технологий;
- автоматическая доработка типовых технологий с учётом данных чертежа изделия;
- диалоговое проектирование с доступом к базе данных.

Таким образом эти системы проектируют техпроцессы и методом адресации, и методом диалога, и методом аналогий. По существу эти системы полностью соответствуют классической структурной схеме, представленной на рис. 30. Изначально это база данных с незаполненными массивами со своей системой управления СУБД. В комплект разрабатываемых документов входят титульные листы, карты эскизов, маршрутные карты, маршрутно-операционные карты, операционные карты, ведомости оснащения, ведомости материалов и др. по желанию заказчика, приобретающего программный продукт. Формы технологической документации соответствуют ГОСТам, но допускают возможность внесения изменений в структуру.

#### 4.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ, САМ-СИСТЕМЫ

Оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ) предназначено для автоматического выполнения процесса обработки деталей в соответствии с заданной управляющей программой. Наиболее распространенным является оборудование с ЧПУ для обработки резанием – обрабатывающие центры, фрезерные, токарные станки и др. Подразумевается, что оборудование с ЧПУ состоит из станка и системы ЧПУ. Система ЧПУ обеспечивает управление исполнительными органами и узлами станка в соответствии с управляющей программой так, что в результате выполняется заданный процесс обработки.

Управляющая программа представляет собой последовательность сгруппированных в блоки инструкций, определяющих траекторию перемещения инструмента и технологические режимы обработки. Блоки управляющей программы называются кадрами. Кадры содержат команды управления перемещениями по координатам X, Y, Z, поворотом вокруг осей X, Y, Z,

задания подачи, скорости и направления вращения шпинделя, смены инструмента, включения охлаждения и др.

Ручное составление управляющей программы возможно для простых деталей с двух-трехкоординатной обработкой. При этом трехкоординатное программирование весьма неудобно и сложно, а 4-5- координатное практически невозможно.

Для деталей с чертежами на бумажных носителях задача автоматизации разработки управляющих программ решается с помощью систем автоматизированного программирования (САП) и систем автоматизированного расчета управляющих программ (САРП). В этих системах геометрия детали или траектория инструмента описывается с помощью специального языка и по этой информационной модели формируется управляющая программа для конкретного оборудования с ЧПУ.

В настоящее время подобные системы называют САМ-системами. Информационная модель детали существует в электронном виде, так как ее инструкция разрабатывается в какой-либо компьютерной графической системе. Оператор-технолог к этой информации добавляет технологическую часть (режимы, инструмент, указывает обрабатываемые поверхности и т.д.), т.е. то, что конкретная система не в состоянии сделать сама. Затем на основе этой информации система разрабатывает так называемую расчетно-технологическую карту, где покадрово задается информация для управляющей программы. Далее с помощью операционного модуля, который называется постпроцессором, формируется управляющая программа для органов управления конкретного оборудования. При этом САМ-система, которая готовит информацию для управляющей программы в виде расчетно-технологической карты, является универсальной, а постпроцессор привязан к конкретному оборудованию, точнее к его системе управления. Необходимость в постпроцессорах обуславливается разнообразием средств автоматизации, применяемых в станках различных фирм. Конечно, существуют различные регламентирующие стандарты, в том числе и международные, но они носят неконкретный рамочный характер, поэтому путь от информации для управляющей программы, т.е. от расчетно-технологической карты, к управляющей программе конкретной системы управления конкретным оборудованием лежит через преобразование информацией с помощью постпроцессора.

Современные САМ-системы для обработки резанием обладают следующими возможностями:

- выбирают обрабатываемые поверхности;
- выбирают схемы обработки;
- выбирают режущий инструмент;
- задают режимы обработки;
- формируют оптимальные траектории движения инструмента с учетом припусков, точности, шероховатости;
- контролируют возможные столкновения инструмента с заготовкой на холостом ходу;
- не допускают случайной повторной обработки поверхностей;
- визуализируют на экране процесс обработки для оценки и контроля его со стороны оператора.

Наиболее развитые системы сопровождаются дополнительным обеспечением для контроля управляющей программы, которая появляется на выходе из постпроцессора. Это дополнительное обеспечение называется системами верификации. Система-верификатор, получив информацию от управляющей программы, описание станка, приспособления,

инструмента и заготовки-полуфабриката, имитирует на экране реальный процесс обработки, где присутствуют все компоненты системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь). Это позволяет оператору проследить и предотвратить возможные столкновения инструмента, заготовки, приспособления и узлов станка.

Наиболее известными САМ-системами являются ГеММа (Россия) и модуль Delcam (Великобритания). Многие системы, рождавшиеся как конструкторские, которые называются САД-системами, имеют модули разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, т.е. они являются смешанными САД / САМ системами. Прежде всего, это относится к так называемым «тяжелым» системам, таким как Unigraphics, пользующейся популярностью в американской фирме Боинг, САТИА, которой придерживается европейская Аирбас, Pro / Engineer и др.