

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронной техники и технологии

**В. М. Бондарик, О. Л. Кайдов**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ  
В СИСТЕМЕ «ТЕХНОПРО»**

Лабораторный практикум  
для студентов специальностей  
«Медицинская электроника»,  
«Электронно-оптические системы и технологии»  
дневной и заочной форм обучения

Минск 2007

УДК 681.3.06 (075.8)  
ББК 32.973.26 – 018.2 я 73  
Б 81

**Р е ц е н з е н т**  
доцент кафедры сетей и устройств телекоммуникаций БГУИР,  
канд. техн. наук А. А. Борискевич

**Бондарик, В. М.**

Б 81 Системы автоматизированного проектирования. Технологическое проектирование электронной аппаратуры в системе «ТехноПро» : лаб. практикум для студ. спец. «Медицинская электроника», «Электронно-оптические системы и технологии» днев. и заоч. форм обуч. / В. М. Бондарик, О. Л. Кайдов. – Минск : БГУИР, 2007. – 36 с. : ил.

ISBN 978-985-488-236-9

Лабораторный практикум содержит руководство по работе с пакетом «ТехноПро» при проектировании технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц электронной аппаратуры. Может быть использован студентами, обучающимися по специальностям «Медицинская электроника», «Электронно-оптические системы и технологии», «Проектирование и производство РЭС». Издание продолжает серию лабораторных практикумов для данных специальностей («Проектирование печатных плат в PCAD 2001» – издан в 2004 г., «Проектирование электронной аппаратуры в AutoCAD» – в 2005 г., «Параметрическое проектирование электронной аппаратуры в пакете T-FLEX CAD» – в 2006 г.).

Практикум предназначен для закрепления и углубления теоретических знаний, совершенствования практических навыков в области автоматизированного проектирования электронной аппаратуры на ПЭВМ.

**УДК 681.3.06 (075.8)**  
**ББК 32.973.26 – 018.2 я 73**

ISBN 978-985-488-236-9

© Бондарик В. М., Кайдов О. Л., 2007  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1

Проектирование технологии изготовления  
деталей электронной аппаратуры в системе «ТехноПро»..... 4

Лабораторная работа №2

Диалоговое проектирование маршрутной технологии изготовления  
сборки электронного блока в системе «ТехноПро».....26

Библиотека БГУИР

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В СИСТЕМЕ «ТЕХНОПРО»

### Цель работы

Освоение методики автоматизированного проектирования технологических процессов, приобретение навыков проектирования конкретных технологических процессов изготовления деталей электронной аппаратуры (ЭА) с использованием системы «ТехноПро».

### 1.1. Общие сведения о системе «ТехноПро»

Система «ТехноПро» (распространяется АО «Топ Системы», г. Москва) предназначена для проектирования маршрутных, маршрутно-операционных и операционных технологических процессов (ТП). Проектирование в системе возможно в диалоговом, полуавтоматическом и автоматическом режимах. «ТехноПро» также позволяет использовать сочетание данных режимов. Она может применяться для проектирования технологии механической обработки, сборки, сварки, термообработки и др.

Система «ТехноПро» разработана на основе реляционной базы данных *Microsoft Access* и может функционировать под управлением операционных систем семейства *Microsoft Windows*. Она может быть установлена на отдельное рабочее место, а также в локальной вычислительной сети.

Система «ТехноПро» может использоваться автономно либо совместно с другими системами автоматизированного проектирования.

В системе «ТехноПро» реализован **метод анализа** как методика автоматизированного проектирования технологического процесса.

В основе метода анализа лежат **полные типовые решения**. При использовании данного метода структура индивидуального ТП не создается заново. Она определяется в соответствии с составом и структурой одного из унифицированных ТП, т.е. соответствующего типового или группового ТП. Это определение осуществляется путем анализа необходимости каждой операции и перехода с последующим уточнением всех решений на уровнях декомпозиции **«сверху – вниз»**. Метод воплощает идею **«от общего к частному»**.

В системе «ТехноПро» применен метод классификации деталей, аналогичный методу групповых технологических процессов. Для каждой группы формируется обобщенная модель всех деталей – **комплексная деталь**. Она включает все многообразие поверхностей рассматриваемой группы.

Для комплексной детали разрабатывается **унифицированный (групповой) технологический процесс**. Он заведомо является избыточным, т.е. содержит операции и переходы по обработке всех деталей группы. Разработка индивидуального ТП заключается в анализе необходимости включения в него операций и переходов из соответствующего группового ТП. Из группового ТП

исключаются лишние операции и переходы. Затем выполняется параметрическая настройка ТП: уточнение оборудования, технологической оснастки, выбор или расчет режимов резания и т.д.

Информационное обеспечение системы состоит из четырех взаимосвязанных баз данных:

- базы конкретных ТП,
- базы общих ТП,
- базы условий и расчетов,
- информационной базы.

Входная информация для проектирования ТП в системе может вводиться **вручную** в диалоговом режиме, а также может быть получена **автоматически** по заранее выполненным электронным чертежам.

При автоматизированном проектировании технологии чертежи, выполненные в системе *T-Flex CAD*, поступают через интерфейс *OLE Automation* в «ТехноПро». По спроектированным технологическим процессам могут быть сформированы требования на изготовление оснастки, технологию изготовления которой также можно разработать в «ТехноПро». Получаемая конструкторская и технологическая документация хранится в системе электронного документооборота *T-FLEX DOCs*.

Выходная информация может быть представлена в виде различных технологических документов: технологических карт, карт эскизов, карт контроля и т.д. Эти документы изначально формируются самой системой, а затем при необходимости могут быть скорректированы пользователем в диалоговом режиме с помощью пакета *Microsoft Word*.

Формы технологических документов можно поделить на формы с горизонтальным разделением информации и на формы с вертикальным разделением. Система «ТехноПро» может формировать документы с горизонтальным или вертикальным разделением информации.

### ***1.1.1. Алгоритм автоматизированного проектирования технологического процесса в «ТехноПро»***

***На предварительном этапе*** необходимо создать базу данных. Для этого группируют детали, в основном по сходству технологии их изготовления. При этом для каждой группы создается общий ТП, который содержит весь перечень операций изготовления всех деталей группы. Для создания общего ТП используются технологические процессы, уже освоенные в производстве. Можно использовать «бумажные» варианты технологических процессов с последующим их «превращением» в электронный вариант или конкретные ТП, предварительно созданные в ходе работы с «ТехноПро» в диалоговом режиме.

#### ***Создание общего технологического процесса***

Один из технологических процессов группы принимается за базовый и вводится в виде общего ТП (можно скопировать один из конкретных ТП, созданных в ходе работы в «ТехноПро» в диалоговом режиме).

В него добавляются недостающие операции и переходы из других технологических процессов (конкретных ТП). При добавлении выявляются признаки, в зависимости от которых необходимо выбирать ту или иную операцию, переход или маршрут. Проверка каждого из признаков вносится в виде условий в базу «ТехноПро».

Примерами таких условий являются проверки вида заготовки, марки или твердости материала детали, габаритов детали, наличия определенных элементов конструкции (поверхностей), их размеров и т.д.

#### *Автоматическое проектирование индивидуальных технологических процессов*

Создается описание конструкции детали, для которой необходимо спроектировать технологический процесс ее обработки.

Описание можно создать:

– **автоматически** – с электронной версии параметрического чертежа детали, созданного посредством системы геометрического моделирования *T-FLEX CAD*;

– **интерактивно** – вводя необходимые данные с клавиатуры;

– **по шаблону** – можно скопировать подобную деталь из уже имеющихся в базе системы конкретных технологических процессов (КТП) или скопировать макет общего технологического процесса (ОТП).

Описание чертежа детали заключается в заполнении:

– общих сведений о детали (данные из штампа и технические требования чертежа);

– параметров элементов конструкции (поверхностей), имеющихся на чертеже детали.

Затем детали назначается ОТП соответствующей группы деталей и запускается процесс автоматического формирования ТП. В течение этого процесса «ТехноПро» выбирает из назначенного ОТП операции и переходы, необходимые для изготовления каждого элемента конструкции детали и переносит их в КТП. После этого из выбранного перечня система отбрасывает операции и переходы, обеспечивающие лучшее качество изготовления поверхностей детали по сравнению с указанными требованиями на чертеже.

Система также отбрасывает из КТП операции и переходы, в которых условия их выбора не выполнены, и производит расчеты, имеющиеся в условиях оставшихся операций и переходов.

Для ТП механообработки система рассчитывает технологические размерные цепи с учетом значений припусков, указанных в переходах ОТП.

«ТехноПро» выполняет условия подбора технологического оснащения операций и переходов и производит имеющиеся в этих условиях расчеты режимов обработки и норм изготовления.

Затем система формирует тексты переходов, заменяя имеющиеся в них параметры на конкретные значения. Значения параметров выбираются в зависимости от типа выполняемой обработки – предварительной или

окончательной.

Создавая ОТП и условия, технолог «обучает» «ТехноПро» проектированию технологии конкретного (своего) производства. Однажды обучив систему, технолог может быть уверен, что «ТехноПро» никогда не забудет производственных нюансов проектирования ТП.

### 1.1.2. Диалоговое проектирование технологических процессов

При создании ТП в диалоговом режиме пользователь имеет возможность работать с *информационной базой* (ИБ) системы и базой КТП. Каждый спроектированный ТП остается в базе данных и на его основе может быть создан другой ТП. При создании нового КТП можно использовать созданные ранее ТП целиком, а также их отдельные операции и переходы.

Для автоматизации расчетов в диалоговом режиме используются условия из базы условий и расчетов. Если расчет требует того, отдельные условия могут быть сведены в сценарии. Примерами применения условий и сценариев являются расчеты режимов резания, припусков и межпереходных размеров, норм времени.

Каждое наименование операции, оборудования, инструмента и т.п., вводимое пользователем в ходе диалогового проектирования ТП, запоминается системой в информационной базе и может быть в дальнейшем использовано при проектировании других ТП. Тем самым в системе реализован принцип постепенного автоматического формирования информационной базы.

На рис. 1.1. представлены основные виды информации, которыми пользователь может оперировать при диалоговом проектировании ТП.

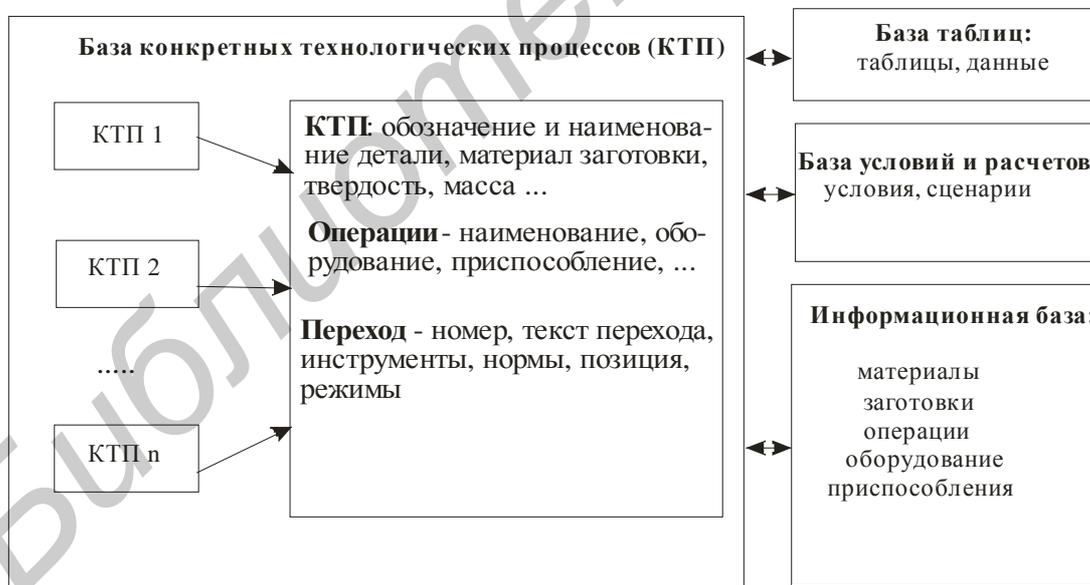


Рис. 1.1. Информация, используемая пользователем при диалоговом проектировании технологических процессов

Таким образом, добавление и редактирование технологических операций и переходов, технологического оснащения возможно как вводом с клавиатуры, так и выбором из *информационной базы*. Имеется возможность копирования и редактирования операций и переходов из ранее созданных КТП, возможен

также импорт/экспорт КТП. В КТП имеется возможность копирования, удаления, перемещения и редактирования операций и переходов. Разработанный КТП может быть распечатан в виде технологических карт различных форм.

### 1.1.3. Автоматическое проектирование технологических процессов

По мере эксплуатации системы «ТехноПро» в ее базах накапливается большое количество ТП. При изготовлении различных деталей структура части операций, переходов и ТП в целом повторяется. Поэтому можно создать базу автоматического проектирования ТП. Для этого необходимо сгруппировать детали по сходству технологий их изготовления.

В «ТехноПро» в группу объединяются как можно больше деталей. По мере расширения группы возрастает гарантия того, что технология изготовления новых деталей, поступивших в производство, будет автоматически спроектирована «ТехноПро». Для каждой группы создается ОТП, содержащий весь перечень операций изготовления всех деталей группы. Для наполнения ОТП используются технологические процессы, уже освоенные в производстве.

Создание ОТП производится в следующей последовательности: один из технологических процессов группы принимается за базовый и вводится в виде ОТП в диалоговом режиме (можно скопировать один из КТП), затем в него добавляются недостающие операции и переходы из других ТП (КТП). При добавлении выявляются признаки, в зависимости от которых необходимо выбирать ту или иную операцию, переход или маршрут. Проверка каждого из признаков вносится в виде условий в базу «ТехноПро». Примерами таких условий являются проверки вида заготовки, марки или твердости материала детали, габаритов детали и других параметров.

Создание ОТП следует проводить, руководствуясь схемой, изображенной на рис. 1.2.

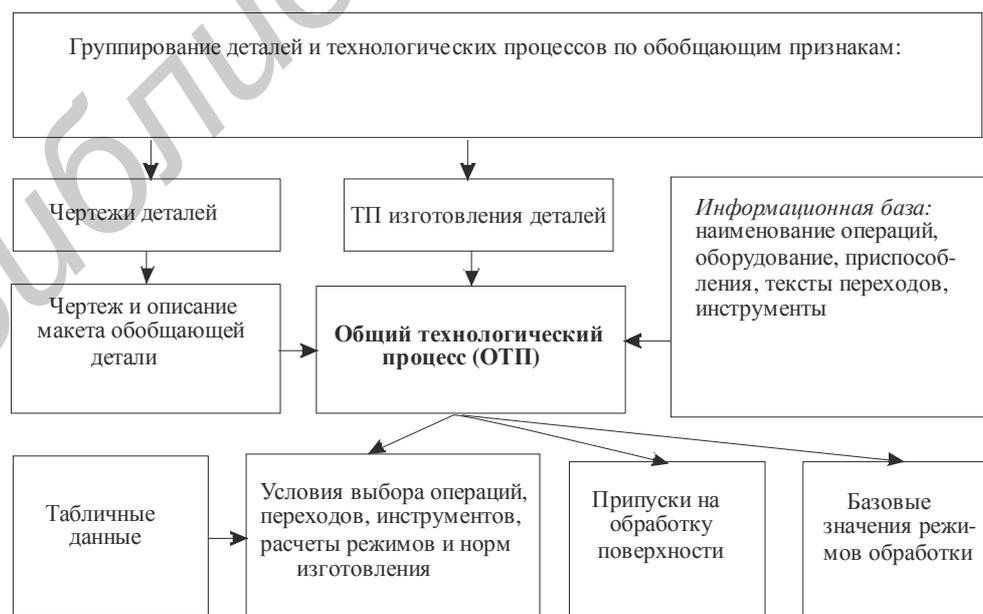


Рис. 1.2. Схема последовательности создания ОТП

После создания ОТП можно переходить к автоматическому проектированию технологических процессов. Для этого достаточно создать описание конструкции конкретной детали с использованием графических средств или ввести необходимые данные с клавиатуры. После создания описания детали ей назначается ОТП соответствующей группы деталей. Затем запускается процесс автоматического формирования ТП.

По ходу этого процесса система выбирает из назначенного ОТП операции и переходы, необходимые для изготовления каждого элемента конструкции детали, и переносит их в КТП. Из выбранного перечня система отбрасывает операции и переходы, обеспечивающие лучшее качество изготовления по сравнению с указанным на чертеже.

После этого «ТехноПро» отбрасывает из КТП операции и переходы, в которых условия их выбора не выполнены. Далее система производит расчеты, имеющиеся в условиях оставшихся операций и переходов.

Затем система рассчитывает технологические размерные цепи с учетом значений припусков, указанных в переходах КТП. Далее система выполняет условия подбора оснащения операций и переходов и осуществляет имеющиеся в этих условиях расчеты режимов обработки норм времени изготовления.

В конце процесса проектирования система формирует тексты переходов, заменяя имеющиеся в них параметры на рассчитанные их значения. Значения параметров выбираются в зависимости от типа выполняемой обработки – предварительной или окончательной.

Важным свойством системы является ее автоматическая реакция на изменение в конструкции детали или в требованиях к качеству поверхностей. В зависимости от требования к качеству изготовления поверхностей детали система автоматически подбирает необходимые операции и рассчитывает технологические размерные цепи.

Поставляемая ИБ наполнена информацией по нормативно-технической документации. Для экономии места на диске компьютера можно оговорить перечень стандартов, которые должны присутствовать в базе, так как поставка более 1000 стандартов по приспособлениям, инструментам и комплектующим вряд ли необходима каждому предприятию. При проектировании технологических процессов можно добавлять в ИБ специальный инструмент, импортное оборудование, новые тексты переходов.

Система «ТехноПро» позволяет проектировать различные виды технологий. Наполнение баз системы определяет вид проектируемой технологии, например, нанесения покрытий, термообработки, штамповки, сварки, сборки, электромонтажа, изготовления печатных плат и других.

## **1.2. Основы работы в среде «ТехноПро»**

### **1.2.1. Вход в систему**

По умолчанию в систему «ТехноПро» можно войти, набрав в соответствующем диалоговом окне в полях Имя и Пароль: SA (System

Administrator) (рис. 1.3.). После первого входа в систему рекомендуется зарегистрироваться в ней в качестве нового пользователя.

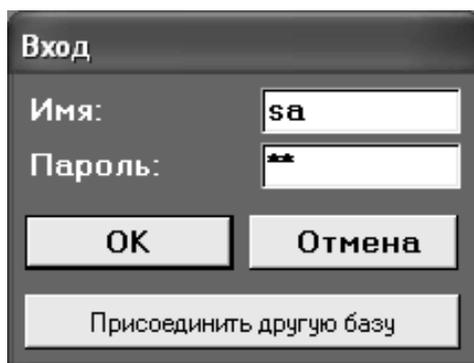


Рис. 1.3. Вход в программу

### 1.2.2. Описание основного меню

Основное меню системы содержит кнопки (пункты меню), выбор каждой из которых открывает окно с одноименной базой данных (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Основное меню системы «ТехноПро»

Кнопка **«Конкретные Тех. Процессы»** открывает базу данных, в которой проектируются технологические процессы с дальнейшей выдачей результатов проектирования на печать в виде комплекта технологических документов.

Кнопка **«Информационная база»** открывает базу данных с перечнями технологического оснащения, материалов, оснастки и т.п. Проектирование каждого ТП основано на выборе строк данных из информационной базы.

Кнопка **«Общие Тех. Процессы»** открывает базу ОТП с наборами операций, переходов, оснащения, применяемых как при автоматическом, так и при диалоговом проектировании ТП.

Кнопка **«Условия и расчеты»** открывает базу данных, в которую вносятся условия выбора операций, переходов, оснащения, а также необходимые

расчеты параметров ТП.

Выбор кнопки **«Выход»** вызывает закрытие всех окон и окончание работы системы.

Выбор кнопки **«Справочник»** вызывает появление на экране формы, позволяющей настроить систему «ТехноПро» (кнопка **«Настройка»**), выбрать или зарегистрировать пользователя (кнопка **«Пользователи»**).

Кроме кнопок **«Пользователи»** и **«Настройка»** в меню **«Справочник»** имеются кнопки: **«Вид элемента»**, **«Тип элемента»**, **«Общие параметры»**, **«Конкретные параметры»**, **«Параметры шероховатости»**. Выбор этих кнопок открывает списки параметров классификации детали для их корректировки.

В поле **«Файл данных»** должно быть указано расположение файла *TehnoDat.mdt* (там же должен находиться файл *TehnoTab.mdb*). Эти файлы содержат все базы данных системы. Если сама система «ТехноПро» не смогла найти этот файл в текущем каталоге, то его расположение необходимо указать вручную, выбрав кнопку **«Присоединить»** (*не работает в учебной версии!*).

Файлы данных *TehnoDat.mdt* и *TehnoTab.mdb* могут находиться на компьютере пользователя, на сервере сети или на любом другом компьютере локальной сети.

В поле **«Путь для рисунков Информационной базы»** задается имя каталога, в котором находятся и куда добавляются файлы иллюстраций к строкам данных ИБ. В поле **«Путь для рисунков элементов»** указывается имя каталога, в котором размещены упрощенные изображения обрабатываемых поверхностей или других элементов конструкций – файлы: *rov01.bmp*, *rov02.bmp*, *rov0102.bmp* и подобные. В поле **«Путь для шаблонов документов»** указывается имя каталога, в котором находятся и в который будут добавляться файлы форм технологических документов. В поле **«Путь для готовых документов ТП»** указывается имя каталога, в котором будут размещаться файлы *MS Word*, содержащие карты технологических документов. В поле **«Путь для готовых эскизов ТП»** указывается имя каталога, в котором будут размещаться графические файлы эскизов, создаваемых с помощью программы «ТехЭскиз».

### **1.2.3. Создание конкретного технологического процесса**

Для создания конкретного технологического процесса в загрузившемся основном меню программы выбираем пункт **«Конкретные Тех. Процессы»** (см. рис. 1.4.).

Для ввода нового КТП необходимо выбрать группу **«Конкретные ТП»** или группу, обозначающую сборочную единицу, и нажать правую кнопку мыши, затем выбрать пункт **«Добавить Дет»** или **«Добавить Сб»** из появившегося меню (рис. 1.5).

### **1.2.4. Добавление технологической операции**

Вначале следует заполнить специальную форму сведений о детали (сборочной единице), технологию изготовления которой необходимо спроектировать.

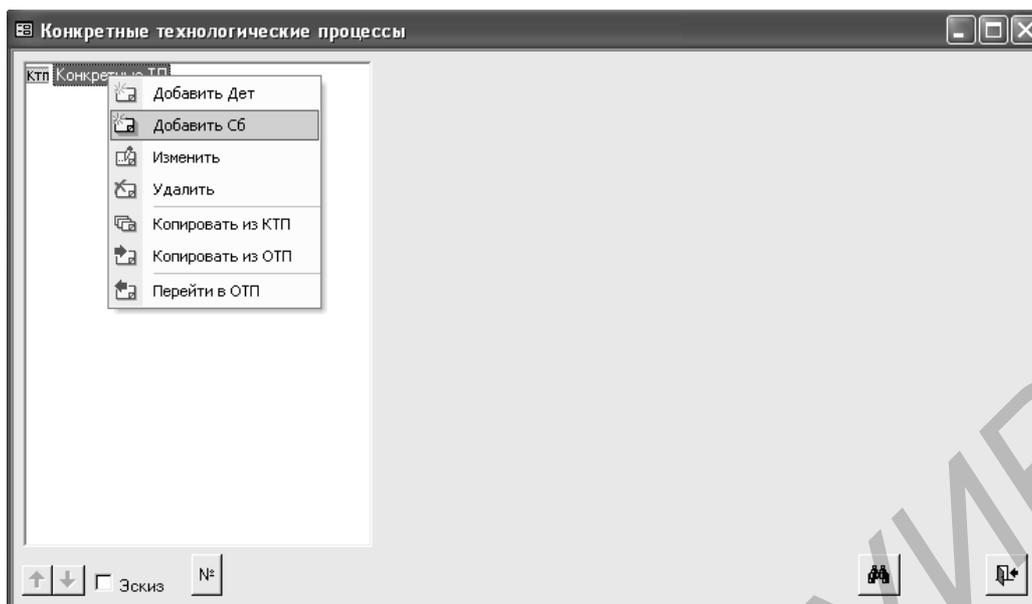


Рис. 1.5. Добавление техпроцесса для детали или сборочного изделия

Обязательными для заполнения являются поля «**Обозначение детали**» и «**Наименование детали**». После заполнения сведений о детали необходимо поставить курсор мыши на пустое пространство в окне дерева классификации КТП и нажать левую кнопку мыши. В дереве появится группа с определенным именем. Далее надо выбрать подгруппу «**Деталь**», ответвляющуюся от этой группы и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт «**Добавить**».

В открывшейся форме содержания операции (рис. 1.6) для ввода наименования операции необходимо поставить курсор в поле «**Операция**» и набрать на клавиатуре, например «отре», после чего система сама предложит вариант технологической операции, имеющейся в базе, например «отрезка».

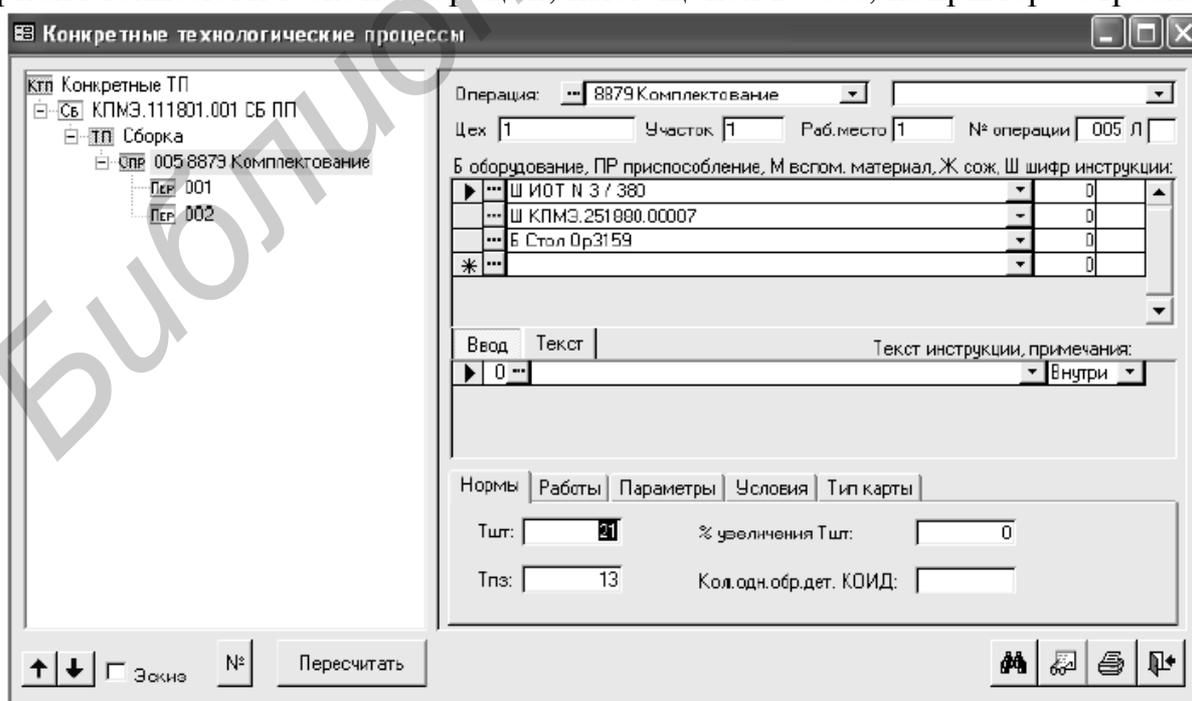


Рис. 1.6. Заполнение полей на примере операции комплектования

Далее можно ввести номер цеха, участка и рабочего места, на котором будет выполняться операция «Отрезка». Номер операции присваивается автоматически. Операции нумеруются с шагом, задаваемым в пункте **«Настройка»** основного меню системы.

Перевод курсора в поле **«Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...»** вызывает появление пункта «005 Отрезка» в дереве классификации КТП. Для назначения оборудования можно выбрать кнопку слева в поле **«Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...»**. Появится окно ИБ. Если в ИБ нет необходимого оборудования или модели оборудования, то его можно ввести, включая ввод новых классификационных признаков. Например, добавим модель оборудования (круглопильный отрезной круг) в имеющуюся строку данных и добавим оборудование другой модели. Для этого необходимо поставить курсор в конец строки «Круглопильный» и набрать на клавиатуре его модель. Для передачи строки оборудования в проектируемый ТП необходимо выбрать кнопку **«Добавить в ТП»**, расположенную справа в низу окна ИБ. После выбора кнопки **«Добавить в ТП»** окно ИБ не закрывается, а в дереве классификации ИБ открывается группа **«Приспособления»**. В ней необходимо выбрать подгруппу, например **«Тиски»**. Для выбора требуемой модели тисков можно воспользоваться функцией поиска – она запускается выбором кнопки, находящейся справа внизу окна информационной базы. После выбора этой кнопки выдается форма запроса критериев поиска в полях параметров приспособлений типа **«Тиски»**. Например, необходимо найти тиски с величиной рабочего хода не менее 100 мм. Введите критерий **<>100»** в поле параметра **«Рабочий ход»**.

После выбора кнопки **«Добавить в ТП»** окно ИБ не закрывается, а в дереве классификации ИБ открывается группа **«Вспомогательные материалы»**, затем **«Шифры инструкций»**, **«СОЖ»** и **«Дополнительные материалы»**. В этих или других группах ИБ можно указывать требуемые строки, выбирая кнопку **«Добавить в ТП»**. Такая автоматическая последовательность открытия групп ИБ включается, только если при открытии ИБ в списке оснащения операции не было ни одной строки. Поле очередности выдачи заполняется автоматически порядковыми номерами по мере добавления инструкций в операцию. Эти номера определяют порядок следования инструкций в картах ТП. Номера можно изменять с клавиатуры, тем самым изменяя порядок выдачи инструкций в технологические карты.

Для добавления следующей операции необходимо в дереве классификации поставить курсор на группу **«Деталь»**, нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт **«Добавить»**. Для заполнения операции необходимо повторить действия, описанные выше. Нумерация операций производится автоматически, начиная с номера и с шагом, указанных в закладке **«Опции КТП»** настройки системы. При удалении и перемещении операции номера пересчитываются. В форме каждой операции имеется поле **Л «Литера»**. Если в это поле внести какое-либо значение (например, литеру контрольной операции или номер варианта операции), то этой операции будет присвоен номер

предыдущей операции. Номер операции с литерой будет показан в дереве КТП и выдан в карты ТП.

Для добавления перехода необходимо в дереве классификации КТП поставить курсор на операцию, например **«005 Отрезка»**, и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт **«Добавить»**.

Справа в окне откроется форма описания перехода. Ввод текста перехода производится при нажатой кнопке **«Ввод»**.

Текст перехода можно добавить выбором из ИБ. Для этого можно воспользоваться выпадающим списком текстов переходов, появляющимся при выборе кнопки раскрывающегося списка на правом краю поля.

Другим способом ввода текста перехода является его выбор в окне ИБ. Это окно открывается выбором кнопки на левом краю поля. В открывшемся окне ИБ необходимо найти требуемую группу текстов переходов, поставить курсор на нужный текст и выбрать кнопку **«Добавить в ТП»**.

Для заполнения текста необходимо перейти в режим его редактирования, для этого надо выбрать кнопку **«Текст»**. Заполнить текст перехода конкретными размерами можно двумя способами:

1. Вручную, набором с клавиатуры цифр для замены параметров D и L.
2. Автоматически, выбором кнопки **«Пересчитать»**.

Автоматическое заполнение текста перехода производится также двумя способами:

1. По значениям параметров обрабатываемого в переходе элемента конструкции.
2. По значениям параметров перехода.

Установить связь перехода с обрабатываемым элементом можно, выбрав его код из выпадающего списка элементов детали. Для открытия списка необходимо выбрать кнопку раскрывающегося списка слева в поле кода элемента.

Если ранее не было введено ни одного элемента, список элементов будет пуст. Для ввода кода заготовки необходимо в окне дерева классификации выбрать группу **«Деталь»**.

В форме, появившейся справа в окне, надо выбрать закладку **«Элемент»**, затем открыть выпадающий список **«Вид»** и выбрать **«nr Цилиндрическая»** (пруток). Далее надо выбрать **«Тип»** – **«заготовка 9»** и задать с клавиатуры **«Номер»**, равный 01. Таким образом, код заготовки внесен в список поверхностей. Для задания размеров заготовки необходимо выбрать закладку **«Параметры»** и внести значения её параметров. Для возвращения в создаваемый переход надо выбрать его обозначение в окне дерева классификации. Далее, в переходе можно открыть выпадающий список в поле **«Код элемента»** и выбрать код заготовки, например 030901. Таким образом, установлена связь создаваемого перехода с заготовкой и ее параметрами. Код элемента можно вводить и с клавиатуры, прямо в поле кода. Введенный код добавляется к списку кодов элементов детали, но задать значения параметров элемента можно, только перейдя в группу **«Деталь»**.

После этого достаточно выбрать кнопку **«Пересчитать»**, чтобы система заполнила текст перехода.

Заполненный текст можно просмотреть и откорректировать с клавиатуры в режиме редактирования, включенном выбором кнопки **«Текст»**. После пересчета теряются все изменения текстов переходов, введенные с клавиатуры. Запускать пересчет лучше после ввода всех переходов и операций проектируемого ТП.

Поле **«РИ режущий инструмент, СИ Измерительный...»** заполняется строками из ИБ. Выбор строк из ИБ проводится с использованием выпадающего списка или через открытие окна ИБ. Приемы выбора инструментов из ИБ аналогичны приемам, описанным выше при вводе оборудования и приспособления в операцию.

При открытии ИБ производится автоматический вход в группу **«Режущие инструменты»**. После выбора кнопки **«Добавить в ТП»** для передачи режущего инструмента в ТП окно ИБ не закрывается, а в дереве классификации ИБ открывается группа **«Измерительный инструмент»**, затем **«Вспомогательный инструмент»**, **«Вспомогательные материалы»**, **«Приспособления»** и **«Дополнительные материалы»**. В этих или других группах ИБ можно указывать требуемые строки, выбирая кнопку **«Добавить в ТП»**. Такая автоматическая последовательность открытия групп ИБ включается, только если при открытии ИБ в списке оснащения перехода не было ни одной строки.

Автоматическое формирование текста перехода по параметрам перехода не требует наличия кода элемента. Достаточно внести параметры в закладку **«Параметры»** перехода, указать их значения и выбрать кнопку **«Пересчитать»**.

Если в переход вводится текст перехода с переменными, то «ТехноПро» автоматически заполняет закладку **«Параметры»** именами переменных, имеющимися в тексте.

В закладке **«Параметры»** надо ввести значения тех параметров, которые необходимо вставить в текст перехода.

Кроме значения параметров, можно ввести поле допуска на размер. Его можно выбрать из выпадающего списка, нестандартные отклонения вводятся в поля **«Нижний»** и **«Верхний»**.

Другим способом ввода допусков на размер является вызов таблицы полей допусков. Вызов таблицы производится двойным щелчком мыши по полю **«Квалитет»** или по полям: **«Вал.доп.»**, **«Отв.доп.»**, **«Верхний»**, **«Нижний»** в строке параметра. В появившейся табличке надо выбрать требуемое поле допуска и затем квалитет. После выбора кнопки **«ОК»** поле допуска и отклонения будут внесены в соответствующие поля.

После ввода параметров надо выбрать кнопку **«Пересчитать»**. Значения параметров будут вставлены в текст. Неуказанные параметры или параметры со значением ноль не вставляются в текст. Отдельные строки текста, содержащие такие параметры, игнорируются. Даже если в переходе указан код элемента и у него имеются параметры со значениями, то при формировании текста они игнорируются, если одноименные параметры указаны в закладке **«Параметры»**

перехода. Для добавления следующего перехода необходимо повторить все действия, описанные выше. Для изменения порядка следования переходов в операции необходимо воспользоваться кнопками со стрелками **«вверх»** или **«вниз»**.

При формировании переходов имеется возможность внесения основного ( $T_0$ ) и вспомогательного ( $T_B$ ) времени их выполнения. Ввод норм производится в закладку **«Режимы»** перехода КТП.

После ввода чисел в каждое поле нормы «ТехноПро» производит суммирование  $T_0$  и  $T_B$  всех переходов в операции. Рассчитанное значение увеличивается на «% увеличения  $T_{шт}$ » и вносится в поле штучно-калькуляционного времени  $T_{шт}$  в закладке **«Нормы»** операции. При необходимости в закладке **«Режимы»** перехода можно ввести параметры режима выполнения работ, например, механической обработки, сварки, пайки или других.

В поле **«Параметр»** вводится имя параметра режима, в поле **«Значение»** вводится числовое значение параметра. Для упрощения ввода имени параметра можно воспользоваться выпадающим списком. Если имени требуемого параметра нет в списке, то его можно ввести с клавиатуры. Значения параметров режима выдаются в карты ТП в секцию **«Режим»**, в поля, одноименные параметрам в ИБ, и могут использоваться после добавления новой операции или перехода. Данные также можно вносить прямо в поля формы. Можно начать заполнение текста перехода прямо с клавиатуры, по мере набора букв система будет предлагать близкие по написанию тексты из ИБ. Если требуемого текста нет в ИБ, то необходимо перейти в режим корректировки, выбором кнопки **«Текст»** отредактировать текст и нажать клавишу **«Ввод»**. Введенный текст перехода не будет внесен в ИБ, а сохранится только в ТП.

После ввода текста перехода можно добавить необходимое оснащение. Тип вводимого оснащения задается первыми буквами вводимой строки, например РИ (режущий инструмент). По мере ввода наименования с клавиатуры система производит поиск похожего наименования режущего инструмента в ИБ. Если такого наименования в ИБ не найдено, то при переходе на другую строку или нажатии **«Ввод»** появится запрос следующего содержания: *«Данный инструмент отсутствует в списке. Вы хотите добавить в список (наименование инструмента)?»*. Выбор кнопки **«Да»** вызовет добавление наименования оснастки в ИБ и перевод курсора в следующую строку оснащения. В следующей строке можно ввести, например, измерительный инструмент.

Допускается ввод следующих типов оснащения:

– в операции:

Б – оборудование;

ПР – приспособление;

М – вспомогательный материал;

Ш – шифр инструкции;

К – комплектующие;

ИН – инструмент;

С – средства;

ТР – тара;

– в переходе:

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| РИ – режущий инструмент;         | К – комплектующие;   |
| СИ – измерительный инструмент;   | ИН – инструмент;     |
| ВС – вспомогательный инструмент; | С – средства;        |
| М – вспомогательный материал;    | ТР – тара;           |
| Л – дополнительный материал;     | ПР – приспособление. |

Типы оснащения можно вводить как большими, так и маленькими буквами. От наименования оснащения его тип должен отделяться пробелом. Невозможно ввести наименование оснащения без указания его типа.

Без типов вводятся наименования операций, тексты инструкций и тексты переходов, так как их ввод допускается только в определенные поля.

Аналогичные действия применяются и для ввода операций ТП. Сформированный таким образом ТП можно выдать на печать, выбрав кнопку с изображением принтера внизу окна КТП (см. рис. 1.6).

Сформированный технологический процесс можно просмотреть, отредактировать и выдать на печать в виде карт (рис. 1.7).

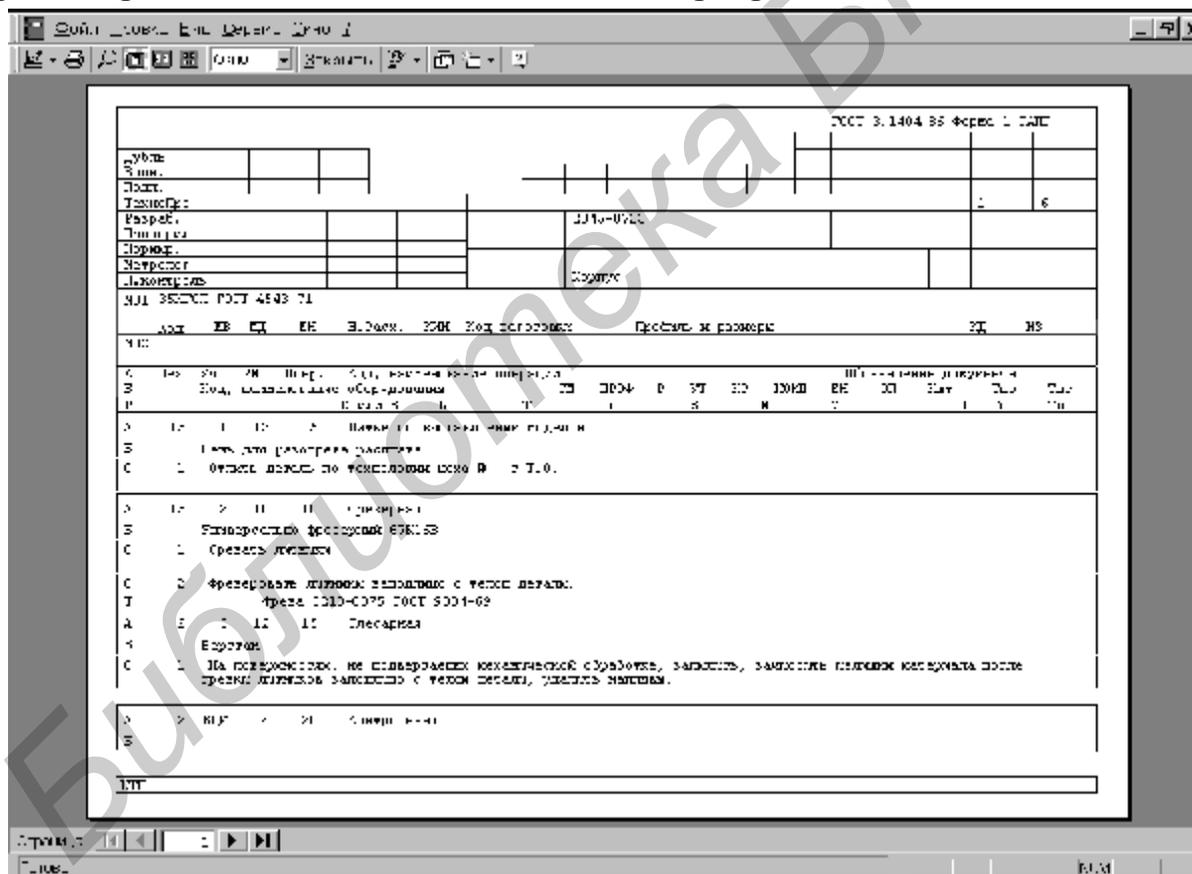


Рис. 1.7. Просмотр карт технологического процесса перед выдачей на печать

### 1.2.5. Размещение введенных данных в информационную базу

Вносимое в ТП с клавиатуры оснащение, наименования операций, тексты инструкций и переходов при добавлении их в ИБ попадают в корневые группы ИБ в соответствии с типом. По мере добавления в ТП нового оснащения

количество строк в корневых группах ИБ возрастает. Для удобства выбора ранее введенных строк можно перенести их в группы классификационных цепочек. Например, для фасонных резцов можно создать отдельную группу «**Резцы\Фасонные**» или «**Резцы\Токарные\Фасонные**». Для переноса в эту группу уже имеющейся строки резца из группы «**Режущий инструмент**» необходимо поставить на эту строку курсор и выбрать кнопку «**Запомнить строку**» в низу окна ИБ. Затем необходимо перейти в группу «**Режущий инструмент\Резцы\Фасонные**», поставить курсор на пустую строку ввода данных и выбрать кнопку «**Перенести строку**». Строка будет перемещена из группы «**Режущий инструмент**» в эту группу.

Используя кнопки «**Запомнить строку**» и «**Перенести строку**», можно перемещать любые строки данных в ИБ. Переносить можно только по одной строке. Это является единственным способом переноса строк оснащения, введенных в ТП, так как обеспечивается неразрывность связи строки в ИБ со ссылкой на нее в ТП.

Применение метода копирования и восстановления с использованием буфера *Windows* в этой ситуации невозможно, так как реализует не перенос, а копирование строк. Созданная копия строки не будет иметь ссылки в ТП, а при удалении скопированной строки появится сообщение о невозможности разрыва связи с ТП.

#### **1.2.6. Копирование из общего технологического процесса**

Система «ТехноПро» обеспечивает наполнение проектируемого ТП операциями и переходами не только с использованием ИБ, но и с помощью заранее подготовленных операций и переходов из базы общих технологических процессов (ОТП).

Добавление операции или перехода из ОТП задается выбором пункта «**Копировать из ОТП**» в меню, появляющемся при нажатии правой кнопки мыши. Причем не имеет значения, на чем в этот момент стоит курсор мыши – на операции или на переходе.

Выбранные переходы вставляются в конце операции. Выбранные операции вставляются в конце ТП. Операции из ОТП переносятся со всеми имеющимися в них переходами.

Изменять положение операции в ТП или перехода в операции можно, используя кнопки «**Вверх/Вниз**», высвеченные в левом нижнем углу окна КТП.

При добавлении из ОТП операции с несколькими переходами система по очереди запрашивает коды элементов для каждого переносимого перехода. Коды можно оставить без изменения или выбрать из списка имеющихся элементов, также их можно ввести заново в закладке «**Элемент**». Значения параметров элементов задаются в закладке «**Параметры**».

После задания всех элементов и их параметров выбор кнопки «**Пересчитать**» вызывает не только формирование текстов переходов, но и расчет технологических размерных цепей и подбор инструмента. Такой метод проектирования ТП называется *полуавтоматическим*.

Добавление операций из ОТП обеспечивает как заполнение проектируемого ТП требуемыми операциями, так и диалоговое описание конструкции изготавливаемой детали. Для добавления операции необходимо в дереве классификации выбрать какую-либо операцию проектируемого ТП и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт **«Копировать из ОТП»**. На экране появится дерево классификации базы ОТП. В нём необходимо поставить курсор мыши на требуемую операцию и выбрать кнопку **«ОК»**. После этого система начнет предлагать для вставки в проектируемый ТП все переходы, имеющиеся в выбранной операции ОТП. Порядок появления переходов соответствует последовательности, в которой они стоят в операции. Появляется форма для увязки копируемого перехода с элементом детали или заготовки и их параметрами. Список элементов в этой форме соответствует списку элементов в форме **«Детали КТП»**.

Для того что переход был добавлен в КТП с тем же кодом элемента, что и в ОТП, необходимо выбрать кнопку **«Добавить с элементом»**. Код элемента в переходе можно изменить на код элемента, уже имеющийся в списке. Если курсор поставить на код в списке элементов (например на 030901) и выбрать кнопку **«Добавить»**, то переход будет добавлен в КТП с кодом элемента 030901. Можно ввести элемент с новым кодом и заменить им код в переходе. Для ввода кода нового элемента необходимо поставить курсор на пустую, нижнюю строку списка. Далее необходимо выбрать закладку **«Элемент»** и в ней задать **<Вид>**, **<Тип>** и **<Номер>** элемента, обрабатываемого в этом переходе. Открыв закладку **«Параметры»**, можно задать значение параметров диаметра **<D>**, например 38 мм, и **<L>**, например 20 мм. После выбора кнопки **«Добавить»**

(в низу формы) переход с кодом элемента 030102 будет вставлен в КТП, а элемент 030102, его параметры и их значения будут добавлены к перечню элементов детали. Если выбрать кнопку **«Пропустить»**, то переход не будет вставлен в КТП и появится запрос на вставку следующего перехода ОТП. Выбор кнопки **«Отмена»** прекращает процесс выбора и вставки переходов. Ввод переходов операции можно продолжить, но замена параметров текстов переходов произойдет только после выбора кнопки **«Пересчитать»**, располагающейся внизу слева в окне КТП.

### ***1.2.7. Копирование из конкретного технологического процесса***

Если необходимые для формирования нового КТП операции и переходы были ранее сформированы в других конкретных ТП, то их можно скопировать. Для копирования необходимо поставить курсор в окне классификации КТП на наименование КТП или на подгруппу **«Деталь»** или на любую операцию КТП. После этого необходимо нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт **«Копировать из КТП»**. В появившемся окне с деревом классификации КТП необходимо поставить курсор на наименование КТП или его операцию или переход и выбрать кнопку **«ОК»**.

Если в окне выбора КТП курсор стоит на наименовании КТП, то

копируется весь КТП, включая общие сведения о детали, список её элементов, все операции ТП со всеми переходами.

Если курсор стоит на группе «**Деталь**», то копируется весь КТП, включая список элементов детали и все операции ТП со всеми переходами.

Если курсор стоит на операции, то копируется эта операция ТП со всеми переходами. Если курсор стоит на переходе, то копируется этот переход, но при этом курсор в окне КТП должен стоять на операции, в которую необходимо добавить копируемый переход, иначе система даст сообщение и не выполнит копирование.

Копируемые отдельные операции добавляются в конце ТП, копируемые отдельные переходы добавляются в конце операции. Можно переместить операцию или переход, поставив на него курсор и выбрав одну кнопку со стрелками вниз окна КТП. После копирования ТП его можно отредактировать, применяя методы, описанные в предыдущих разделах.

Например, если необходимо заменить резец, применённый в переходе, то необходимо слева в его строке выбрать кнопку «...». Откроется ИБ и курсор будет автоматически установлен на строку описания этого резца. Далее в ИБ необходимо найти требуемый резец, поставить на него курсор и выбрать кнопку «**Заменить в ТП**» внизу окна КТП. Кроме добавления и редактирования операций и переходов КТП их можно удалять. Для этого необходимо поставить курсор мыши на удаляемую операцию или переход, затем нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт «**Удалить**».

После удаления, добавления или перемещения операций и переходов КТП их сквозная нумерация восстанавливается автоматически.

Применять кнопку «**Пересчитать**» можно, только если скопированный КТП был создан на основе ОТП. Иначе исчезнут тексты переходов, введенные в КТП в диалоговом режиме, так как они отсутствуют в ИБ.

### ***1.2.8. Поиск детали и технологического процесса***

Для копирования КТП сначала необходимо найти деталь и ТП, подобные создаваемым. Для этого можно воспользоваться функцией поиска. Поиск запускается выбором кнопки справа внизу окна КТП.

Область поиска задается положением курсора мыши в дереве классификации КТП в момент выбора кнопки запуска поиска. Если курсор стоит на корневой группе «**Конкретные ТП**», то поиск будет производиться среди всех деталей базы КТП. Например, если курсор, в момент запуска поиска стоял на группе «**2345-8790 Блок**», то в форме поиска появится список из всех, входящих подгрупп деталей. Форма поиска обеспечивает задание параметров искомой детали. Список деталей можно отсортировать по определенному полю. Для этого необходимо выбрать наименование поля, например «**Материал**». При вводе искомого наименования в поле над каждым столбцом список соответственно сокращается. Наименования можно вводить в поля нескольких столбцов. Например, после ввода в поле «**Материал**» контекста «**03**», а в поле «**Наименование Детали**» контекста «**Ось**» список значительно сократится.

Для перехода к найденной детали необходимо выбрать ее курсором в списке и затем выбрать кнопку **«Перейти»**, находящуюся внизу формы поиска.

Для формирования технологических карт необходимо выбрать расположенную справа внизу в окне КТП кнопку с изображением принтера. На экране появится меню доступных форм документов. Для формирования документа необходимо выбрать кнопку, находящуюся в строке его описания. «ТехноПро» начнет формировать документ для *Microsoft Word*.

Если выбрать большую кнопку в левом нижнем углу меню, то «ТехноПро» начнет формировать несколько документов, если они отмечены флажками.

Процесс формирования документа может занять от нескольких секунд до нескольких минут. Ход процесса формирования документа отображается на индикаторе. При необходимости процесс формирования документа можно прервать выбором кнопки **«Отмена»**.

По окончании формирования документа раздается короткий звуковой сигнал и индикатор исчезает с экрана. Для открытия сформированного документа необходимо развернуть (выбрать) значок *Microsoft Word*.

Сформированному документу автоматически присваивается имя файла и он сохраняется в папке, указанной в поле **«Путь для готовых документов ТП»** в меню настройки системы.

Сведения обо всех сформированных документах автоматически вносятся в закладку **«Документы»** общих сведений о детали. Это позволяет быстро найти, открыть, просмотреть, отредактировать, распечатать или удалить сформированные документы каждого ТП.

Редактирование и сохранение документа можно производить обычными приемами работы в текстовом редакторе. Средства подключения и настройки параметров конкретных принтеров содержатся в *Microsoft Windows* и поэтому в составе «ТехноПро» не предусмотрены.

### **1.2.9. Вставка эскизов в карты технологического процесса**

Имеется возможность вставки эскизов, подготовленных в любой графической системе. В качестве примеров графических систем можно привести *Paint, Photoshop, AutoCAD, SolidWorks*. Так как система «ТехноПро» формирует документы в формате *Microsoft Word*, то можно вставить операционный эскиз «вручную» – прямо в готовый документ.

Для этого необходимо открыть подготовленный технологический документ в *MS Word*, поставить курсор на поле карты, куда необходимо вставить рисунок. Затем из верхнего выпадающего меню *MS Word* выбрать пункт **«Вставка\Объект»**. Появится окно **«Вставка объекта»** и в нем откроется закладка **«Создание»** со списком систем, установленных на компьютере.

В предложенном списке нужно указать систему, документ которой необходимо вставить в технологическую карту (например, *CorelDraw, AutoCAD, SolidWorks, T-FLEX CAD, Microsoft Excel, Microsoft Foto Editor*). Выбор кнопки **«ОК»** запустит указанную систему. В открывшемся окне

системы можно создать изображение эскиза или открыть требуемый графический документ, после чего систему можно закрыть.

После закрытия окна системы созданный рисунок или выбранный документ будет помещен в виде рисунка в документ *MS Word*, его можно масштабировать и переместить в требуемое место.

В окне «Вставка объекта», в закладке «Создать из файла» можно указать файл, требуемый для вставки в технологический документ. После нажатия кнопки «ОК» изображение из файла будет вставлено в документ *MS Word*.

В *MS Word*, кроме пункта меню «Вставка\Объект» можно воспользоваться пунктом «Вставка\Рисунок\Из файла». При выборе этого пункта меню появится окно «Добавить рисунок» для указания файла с изображением эскиза. После выбора файла и нажатия кнопки «Вставка» рисунок будет вставлен в документ *MS Word*. Вставленный рисунок можно масштабировать и переместить в требуемое место на странице.

### 1.2.10. Автоматическое проектирование технологического процесса

В основе принципа автоматического проектирования ТП лежит подготовка условий для выбора режимов, оборудования, материалов и т.д. (рис. 1.8). Для автоматического проектирования необходимо подготавливать технологические операции в ОТП, в которые затем включаются разработанные условия и уже при разработке КТП выбираются предварительно разработанные операции из ОТП.

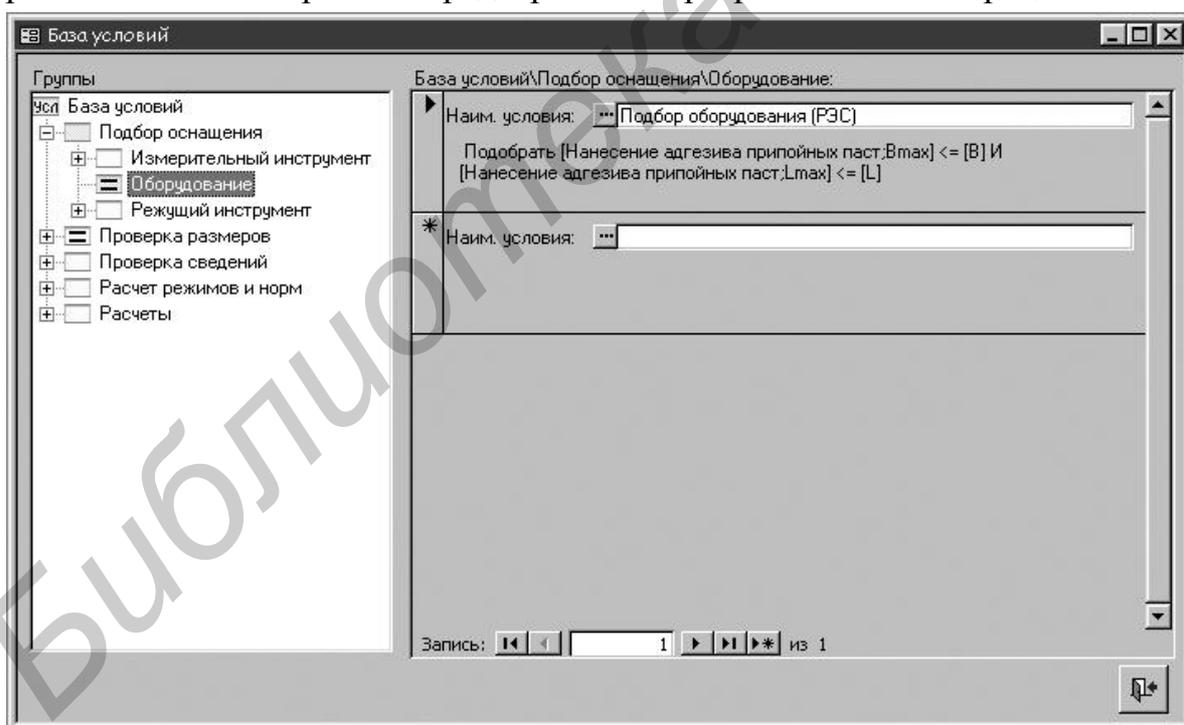


Рис. 1.8. Вид диалогового окна базы условий

Разработка условий производится с помощью построителя условий в диалоговом режиме (рис. 1.9), в котором можно построить любое расчетное или логическое условие для определенного действия в момент проектирования технологического процесса.

Например, подбор оборудования для операции дозированного нанесения адгезива и условия для геометрических размеров печатной платы выглядит так:

Подобрать [Нанесение адгезива припойных паст;  $V_{max}$ ]  $\leq$  [V]

И

[Нанесение адгезива припойных паст;  $L_{max}$ ]  $\leq$  [L].

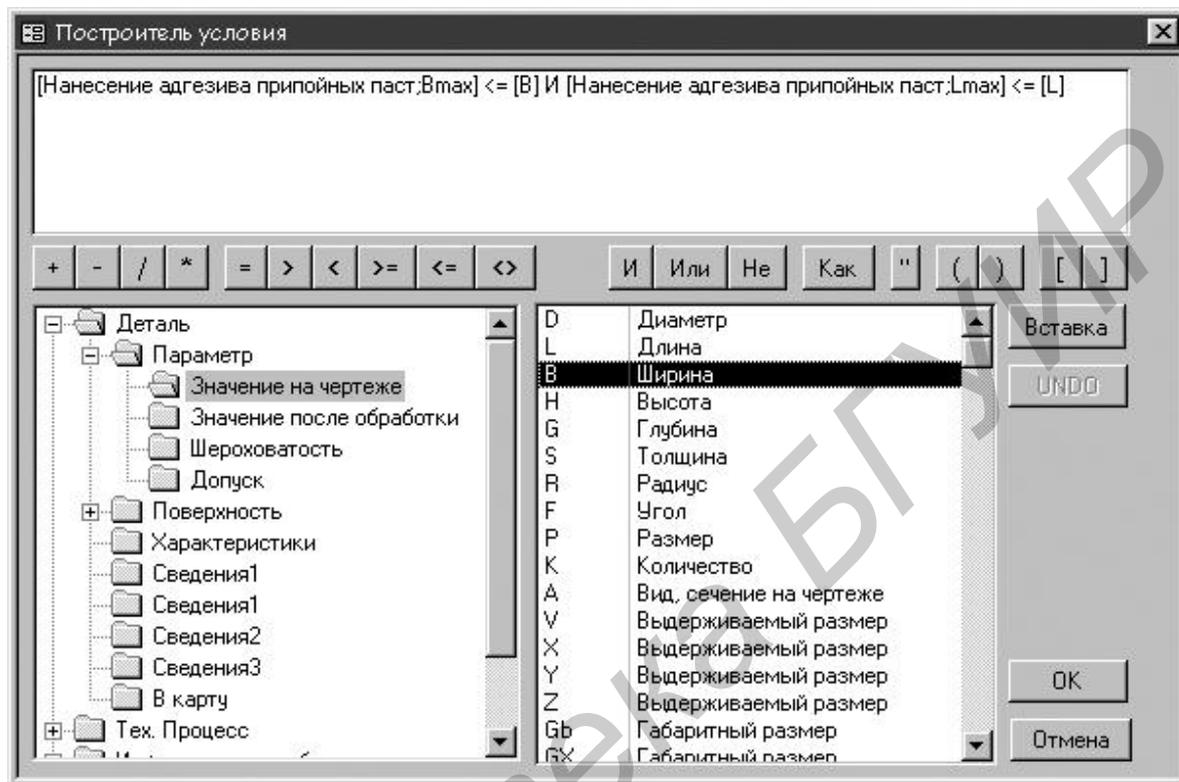


Рис. 1.9. Вид диалогового окна построителя условий

После того как все условия написаны и сохранены, производится их подключение в операции и переходы в ОТП (рис. 1.10).

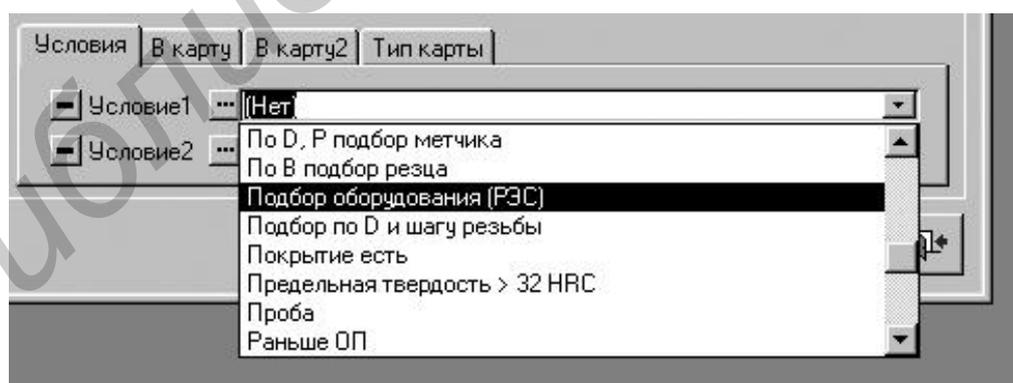


Рис. 1.10. Подключение условий в операциях и переходах

При формировании КТП производится выбор соответствующих операций и переходов из ОТП. После подготовки всего технологического процесса вводятся все необходимые параметры на разрабатываемую технологию изделия (рис. 1.11). Нажатием кнопки «Пересчитать ТП» производится считывание

условий, по которым рассчитываются все значения и выполняются соответствующие действия: подбор оборудования, оснастки режимов и т.д.

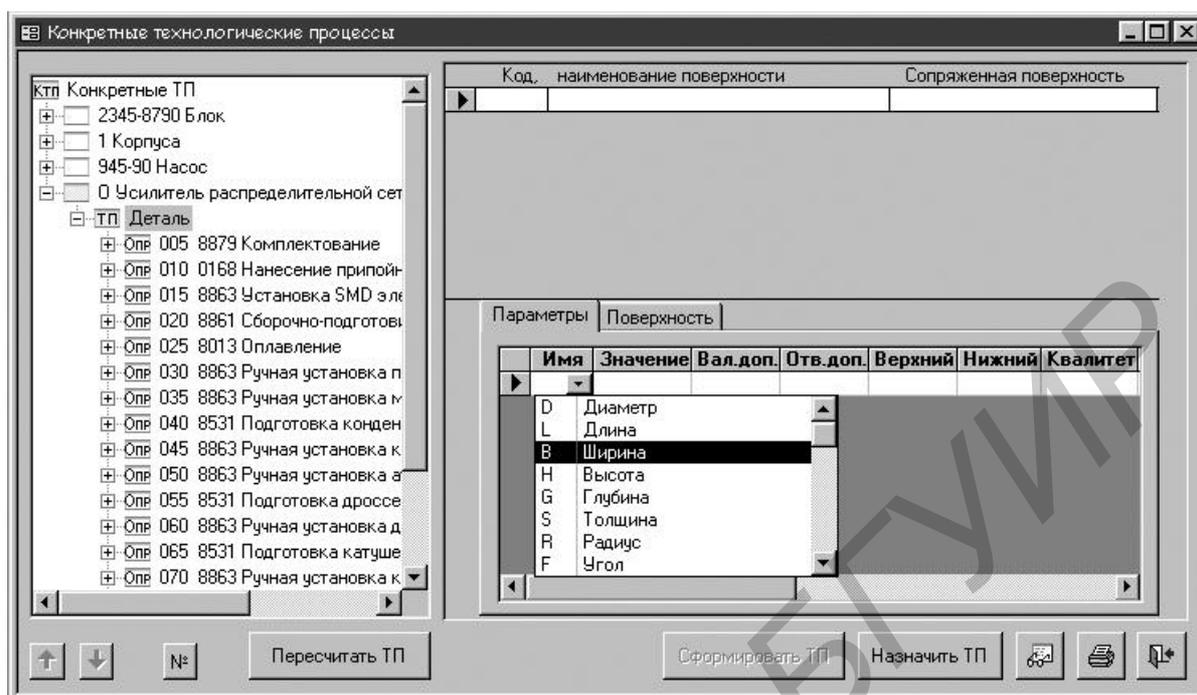


Рис. 1.11. Ввод параметров на окончательном этапе разработки технологии

Проверив правильность всех расчетов и действий, можно выводить документ на печать.

### 1.3. Задание к лабораторной работе

В ходе выполнения работы каждому студенту необходимо создать технологический процесс изготовления детали, предложенной преподавателем (табл. 1.1). Для освоения методики автоматизированного проектирования ТП в «ТехноПро» желательно в качестве задания выбирать детали, спроектированные студентом в пакете «*T-Flex CAD*» при выполнении предыдущих лабораторных работ.

Таблица 1.1

Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Наименование детали	Вариант	Наименование детали
1	Радиатор пластинчатый №1	7	Корпус штампованный
2	Радиатор игольчатый	8	Радиатор пластинчатый №2
3	Основание пульта	9	Крышка электронного блока
4	Экран катушки индуктивности	10	Стойка фрезерованная
5	Выводная рамка микросхемы	11	Ручка приборная
6	Корпус пластиковый литой	12	Кнопка приборная

Выходным документом является комплект технологической документации в составе титульного листа и карт технологического процесс с маршрутно-

операционной технологией. При выполнении работы следует придерживаться изложенной в разд. 1.2 методики работы в системе «ТехноПро».

#### **1.4. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Алгоритм создания технологического процесса изготовления детали.
3. Электронная версия спроектированного технологического процесса изготовления детали.
4. Результаты выполнения работы в виде распечатки ТП изготовления детали электронной аппаратуры.
5. Выводы по работе.

#### **1.5. Контрольные вопросы**

1. Состав системы «ТехноПро».
2. Взаимодействие системы «ТехноПро» с *MS Word* и *MS Access*.
3. Составные части информационного обеспечения системы «ТехноПро».
4. Способы ввода информации при проектировании технологических процессов.
5. Виды выходных технологических документов в системе «ТехноПро».
6. Методы автоматизированного проектирования, реализованные в системе «ТехноПро».
7. Используемый в системе «ТехноПро» метод классификации деталей.
8. Автоматическое проектирование технологических процессов в «ТехноПро».
9. Создание общего технологического процесса в «ТехноПро».
10. Взаимодействие системы «ТехноПро» с пакетом *T-Flex CAD*.

## **ДИАЛОГОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРКИ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА В СИСТЕМЕ «ТЕХНОПРО»**

### **Цель работы**

Освоение методики автоматизированного проектирования технологических процессов, приобретение навыков проектирования конкретных технологических процессов изготовления сборочных единиц электронной аппаратуры с использованием системы «ТехноПро».

### **2.1. Особенности автоматизированного проектирования ТП сборки в системе «ТехноПро»**

Система «ТехноПро» обеспечивает добавление и редактирование операций и переходов КТП сборки выбором их составляющих из спецификации, ИБ или вводом с клавиатуры.

При проектировании КТП сборки доступны все методы и средства, применяемые при проектировании КТП изготовления деталей: копирование, перемещение, удаление операций и переходов; расчет значений параметров проектируемых ТП с использованием Сценариев и Условий; импорт/экспорт ТП; выдача на печать в технологических картах различных форм.

#### **2.1.1. Создание нового технологического процесса и ввод спецификации**

Диалоговое проектирование ТП начинается с открытия базы конкретных технологических процессов. Для ввода нового КТП сборки необходимо поставить курсор мыши на группу **«Конкретные ТП»** или на группу, обозначающую сборочную единицу, и нажать правую кнопку мыши, затем выбрать пункт **«Добавить Сб»** из появившегося меню (если меню не появляется, то необходимо попробовать справа или слева от выделенной группы). Справа на экране появится форма для заполнения сведений о сборке, технологию которой необходимо спроектировать (рис. 2.1).

Обязательными для заполнения являются поля **«Обозначение сборки»** и **«Наименование сборки»**. После заполнения сведений о сборке необходимо поставить курсор мыши на пустое пространство в окне дерева классификации КТП и нажать левую кнопку мыши. В дереве появится группа КТП сборки, например **«1234-020125 Кронштейн»**. Основным документом при формировании сборочного технологического процесса является спецификация. После создания сборки курсор в дереве классификации будет установлен на подгруппу **«ТП Сборка»**, а справа на экране появится пустая форма для ввода спецификации.

В закладке **«Элемент»** можно вводить элементы спецификации. В поле **«Позиция»** надо внести позицию в спецификации, а из выпадающего списка выбрать тип элемента, соответствующий разделу спецификации.

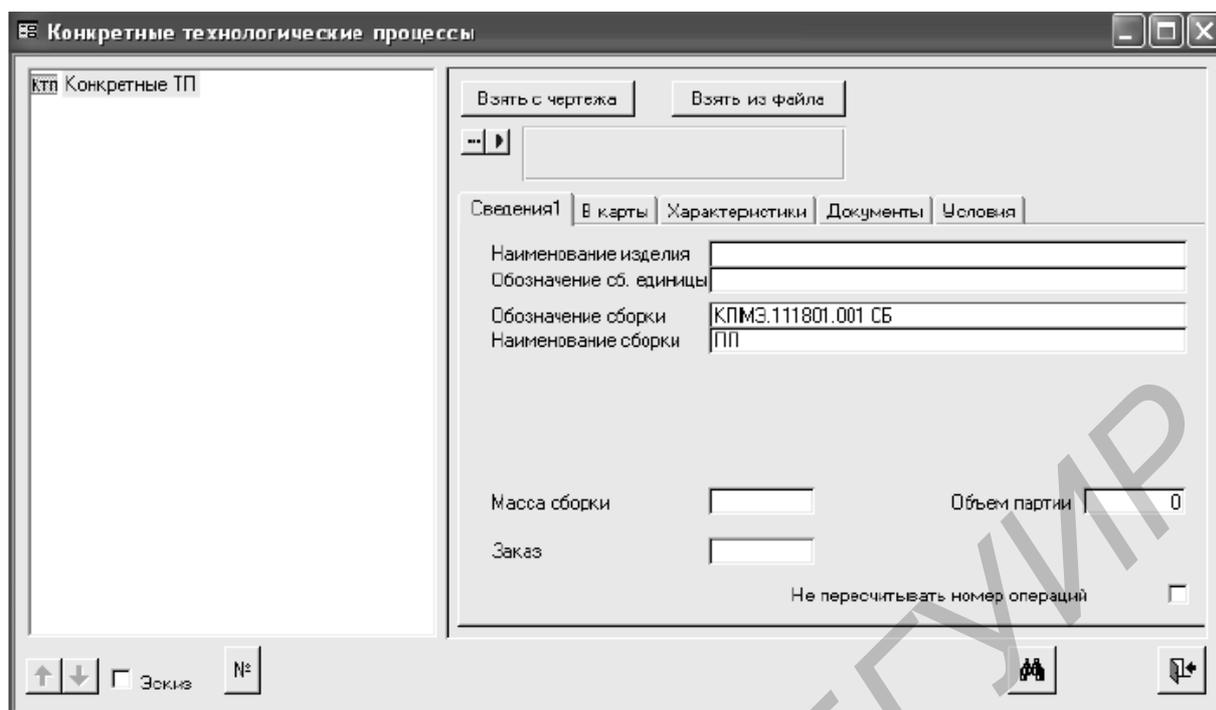


Рис. 2.1. Заполнение полей КТП

Далее надо ввести обозначение и наименование элемента с клавиатуры. Если вводится стандартное комплектующее, то можно выбрать кнопку справа в строке «**Наименование**». Откроется ИБ, в которой можно найти необходимую строку.

Выбор кнопки «**Добавить в ТП**» в окне ИБ перенесет комплектующее в закладку «**Элемент**» спецификации. Поле «**Обозначение**» можно заполнить с клавиатуры или вырезав/вставив его из поля «**Наименование**» через буфер *Windows*. Если в параметрах группы ИБ, из которой выбирается комплектующее, указан «**Шаблон обозначения**», то из строки автоматически будет вырезано обозначение комплектующего, подходящее под шаблон, и вставлено в поле «**Обозначение**».

В поле «**Количество**» необходимо ввести количество комплектующих по спецификации.

Стандартные комплектующие делятся на три типа: «**Стд./Покупные**», «**Стд./Изготавливаемые**» и «**Стд./Нормали**». Такое деление необходимо для проведения в дальнейшем расчетов для формирования заказа комплектующих и материалов по всему изделию.

Таким же образом из ИБ базы выбираются «**Материалы**».

Для добавления каждого нового комплектующего необходимо выбрать в списке элементов спецификации самую нижнюю, пустую, строку и ввести данные в поля закладки «**Элемент**». При добавлении в спецификацию комплектующего типа «**Детали**», «**Сб. единицы**», «**Изделия**», «**Документация**» при выборе в поле «**Наименование**» кнопки «**...**» открывается окно базы КТП. При выборе в этом окне нужного КТП его обозначение и наименование переносятся в соответствующие поля элемента

спецификации.

Таким же образом, выбором из базы КТП в спецификацию можно вводить обозначение документации, сборочных единиц, комплексов/изделий. В закладке **«Параметры»** к каждому элементу спецификации можно добавить набор параметров и их значений. Значения параметров могут быть числовыми или текстовыми. В закладке **«Общие»** содержатся поля с данными для автоматического проектирования КТП сборки.

### **2.1.2. Добавление операции**

Для добавления операции необходимо в дереве классификации КТП выбрать подгруппу **«ТП Сборка»**, содержащую спецификацию, и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт **«Добавить»**. Справа откроется пустая форма содержания операции.

Для ввода наименования операции необходимо поставить курсор в поле **«Операция»** и набрать на клавиатуре, например **«Сб»**.

Система предложит вариант наименования операции, имеющейся в информационной базе. Нажатие на клавиатуре клавиши **«Ввод»** закрепит выбор.

В правом поле наименования операции вводится наименование объекта сборки. Его можно ввести с клавиатуры или, если вводится не первая операция КТП, выбрать из выпадающего списка.

Каждое наименование объекта сборки, введенное с клавиатуры, запоминается в выпадающем списке, откуда его можно выбрать при формировании последующих операций КТП. Далее можно ввести номер цеха, участка и рабочего места, на котором будет выполняться операция. Номер операции присваивается автоматически. Операции нумеруются с шагом, задаваемым в пункте **«Настройка»** основного меню системы.

Перевод курсора в поле **«Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...»** вызывает появление пункта, соответствующего выполняемой операции, в дереве классификации КТП.

Для назначения оборудования можно выбрать кнопку слева в поле **«Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...»**. В открывшемся окне ИБ, используя дерево классификации, необходимо найти требуемую подгруппу.

Если в ИБ нет необходимого оборудования или модели оборудования, то его можно ввести, включая ввод новых классификационных признаков. Например, добавим оборудование **«Стол сварщика»**. Для этого необходимо поставить курсор в самую нижнюю, пустую строку списка и набрать на клавиатуре наименование оборудования. Для передачи строки оборудования в проектируемый ТП необходимо выбрать кнопку **«Добавить в ТП»**, расположенную справа внизу окна ИБ. После выбора кнопки **«Добавить в ТП»** окно ИБ закроется.

Для добавления приспособления, вспомогательного материала, дополнительного материала, комплектующих, шифров инструкций надо

выбрать в форме операции кнопку в пустой строке, расположенной ниже строки с выбранным оборудованием. В открывшемся окне ИБ необходимо найти требуемую строку, поставить на неё курсор и выбрать кнопку **«Добавить в ТП»**.

В форму операции из ИБ можно добавить тексты инструкций. Для этого необходимо нажать кнопку **«Ввод»** и затем выбрать соответствующую кнопку в поле **«Текст инструкции»**. Выбор кнопки **«Добавить в ТП»** передаст текст инструкции в операцию.

Поле очередности выдачи заполняется автоматически порядковыми номерами по мере добавления инструкций в операцию. Эти номера определяют порядок следования инструкций в картах ТП. Номера можно изменять с клавиатуры, тем самым изменяя порядок выдачи инструкций в карты. Кроме этого, могут быть откорректированы шрифты инструкций (если это необходимо). Новые шрифты инструкций занесутся в ИБ программы. Для генерации маршрутно-операционной карты необходимо нажать кнопку , а затем  напротив **«КТП ф1. Маршрутно-операционный ТП»**.

Маршрутно-операционная карта создается в программе *MS Word* в автоматическом режиме. После формирования карта будет доступна для редактирования.

Выпадающий список значений поля для задания местоположения инструкции содержит три значения: **«До»**, **«Внутри»** и **«После»**. Если установить значение поля **«До»**, то в картах ТП текст инструкции будет выдан перед содержанием операции. Если установить значение поля **«Внутри»**, то текст инструкции будет выдан после содержания операции, но перед переходами. Если установить значение поля **«После»**, то текст инструкции будет выдан после всех переходов, режимов и оснащения.

После ввода операции можно вводить её переходы, как описано в следующем разделе. Для добавления следующей операции необходимо в дереве классификации поставить курсор на подгруппу **«Сборка»**, нажать правую кнопку на мыши и из появившегося меню выбрать пункт **«Добавить»**. Для заполнения операции необходимо повторить действия, описанные выше. Нумерация операций производится автоматически, начиная с номера и с шагом, указанными в закладке **«Опции КТП»** настройки системы. При удалении и перемещении операции номера пересчитываются. Для изменения положения операций в ТП можно воспользоваться кнопками со стрелками **«вверх/вниз»**, при этом номера операций пересчитываются автоматически.

### **2.1.3. Добавление перехода**

Для добавления перехода необходимо в дереве классификации КТП поставить курсор на операцию, например **«005 Сборка кронштейна»**, и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт **«Добавить»**.

Справа в окне откроется форма описания перехода. Ввод текста перехода производится при нажатой кнопке **«Редакт.»**.

Текст перехода не связан с ИБ, а формируется выбором фраз из

выпадающих списков и по шаблону из спецификации. Текст перехода формируется построчно. В поле «Текст» вводится описание выполняемого действия. Каждая фраза, введенная в это поле, запоминается и при формировании последующих переходов её можно выбрать из выпадающего списка.

В поле «Наим., Обозн., Позиция» можно внести описание комплектующего, включая его обозначение, наименование и позицию в спецификации. Для формирования описания комплектующего надо поставить на него курсор в списке и далее выбрать требуемый шаблон описания. В нижней части окна высвечивается выбранный шаблон и сформированное по нему описание комплектующего. Выбор кнопки «Вставить в ТП» переносит описание в текст перехода.

При вставке в текст перехода первая заглавная (большая) буква описания комплектующего заменяется на строчную (маленькую). При необходимости можно откорректировать описание с клавиатуры, например, для приведения в соответствие падежу текста действия.

Следующее (расположенное правее) поле служит для ввода связующих предлогов и знаков препинания. Их можно вводить с клавиатуры или выбирать из выпадающего списка. Выпадающий список имеет заранее определенное содержание. Предлоги или знаки препинания, введенные с клавиатуры, в него не добавляются.

В поле «Кол./Расх» можно указать количество комплектующих или расход материалов, примененных в создаваемой строке текста перехода. Это количество может выдаваться в шаблон описания. Каждый текст действия, ссылка на комплектующее, материал или документ описывается в одной строке. Строки текста можно перемещать вверх или вниз, выбирая кнопки. Для того чтобы просмотреть сформированный текст, надо выбрать кнопку «Текст». В этом режиме просмотра сформированный текст перехода можно изменить с клавиатуры. Именно в таком виде текст будет выдан в технологические карты. Но изменения потеряются, если будут введены какие-либо корректировки текста в режиме редактирования (при нажатой кнопке «Редакт.»). После перевода курсора на строку оснащения «И инструмент, СИ измерительный ...» переход появится в дереве классификации, в нем будет показан номер перехода и первая строка текста. Для добавления следующего перехода необходимо повторить все действия, описанные выше. Для изменения порядка следования переходов в операции необходимо воспользоваться кнопками со стрелками вверх, вниз, расположенными слева внизу окна КТП. Функции выдачи КТП на печать, поиска, копирования и удаления аналогичны используемым при диалоговом проектировании. Ввод норм изготовления и режимов также аналогичны режимам диалогового проектирования.

#### ***2.1.4. Шаблон описания элемента спецификации***

Шаблоны используются для упрощения внесения в текст перехода сведений об элементах спецификации. Каждый шаблон состоит из набора

переменных, заключенных в скобки < >, связующих слов и знаков препинания. В шаблонах допускается применение следующих переменных:

<Наим> – наименование элемента в спецификации;

<Наим1> – первое слово в наименовании элемента в спецификации;

<Обозн> – обозначение элемента в спецификации;

<Поз> – номер позиции элемента в спецификации;

<Кол> – количество или норма расхода элементов, указанная в поле **«Кол./Расх.»** строки текста перехода;

<ЕдИзм> – единица измерения элемента, указанная в поле **«Ед.Изм.»** в спецификации;

<Пар> – числовое значение параметра, выбранного в закладке **«Параметры»**;

<Пар\$> – текстовое значение параметра, выбранного в закладке **«Параметры»** (для выбора параметра достаточно в закладке **«Параметры»** поставить на него курсор).

Количество и содержание шаблонов можно изменять путем ввода новых и удаления ненужных шаблонов. Чтобы добавить новый шаблон в список, достаточно его набрать с клавиатуры в поле указания шаблона и выбрать кнопку со стрелкой вверх. Чтобы удалить шаблон, его необходимо выбрать в списке шаблонов, нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт **«Удалить»**.

## **2.2. Алгоритм диалогового проектирования технологического процесса сборки изделий в системе «ТехноПро»**

Составление КТП путем копирования отдельных операций и переходов из ОТП. При проектировании КТП вся информация вводится вручную, за исключением выбора технологического оборудования, технологической оснастки, материалов и т.д., которая вносится в ИБ предварительно (пример формирования операции пайки волной припоя показан на рис. 2.2).

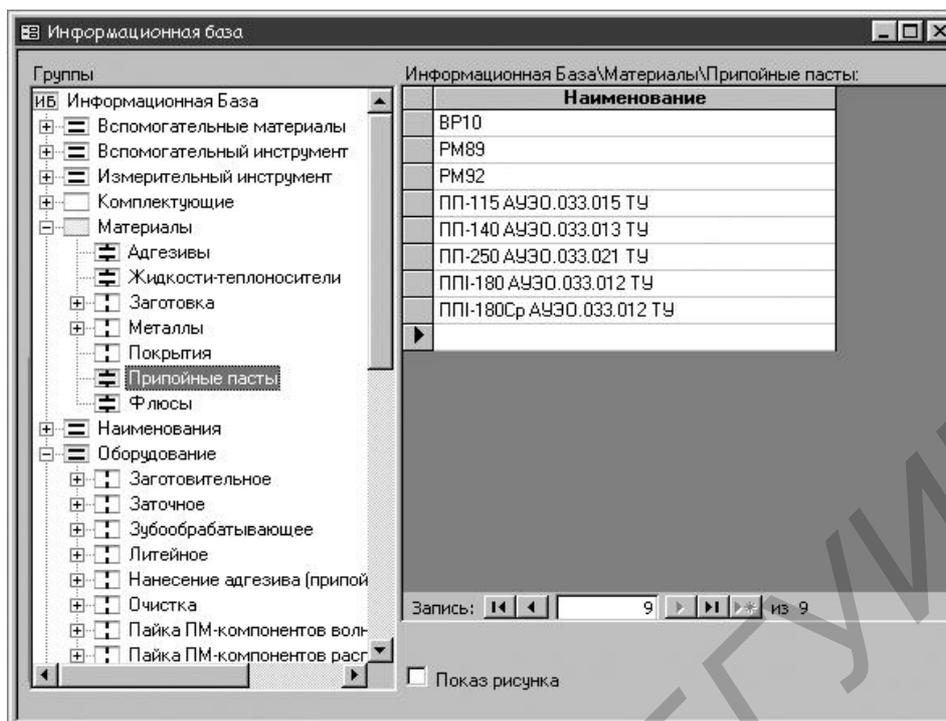


Рис. 2.2. Вид окна информационной базы «ТехноПро». Припойные пасты

Выбор оборудования, оснастки и т.д. производится быстрым поиском и вставкой в соответствующее поле.

Если чертеж разработан в *T-FLEX CAD*, его можно использовать для проектирования технологического процесса (рис. 2.3). При этом модуль конвертации автоматически подготовит основные технологические операции, переходы и подберет оборудование и оснастку в КТП.

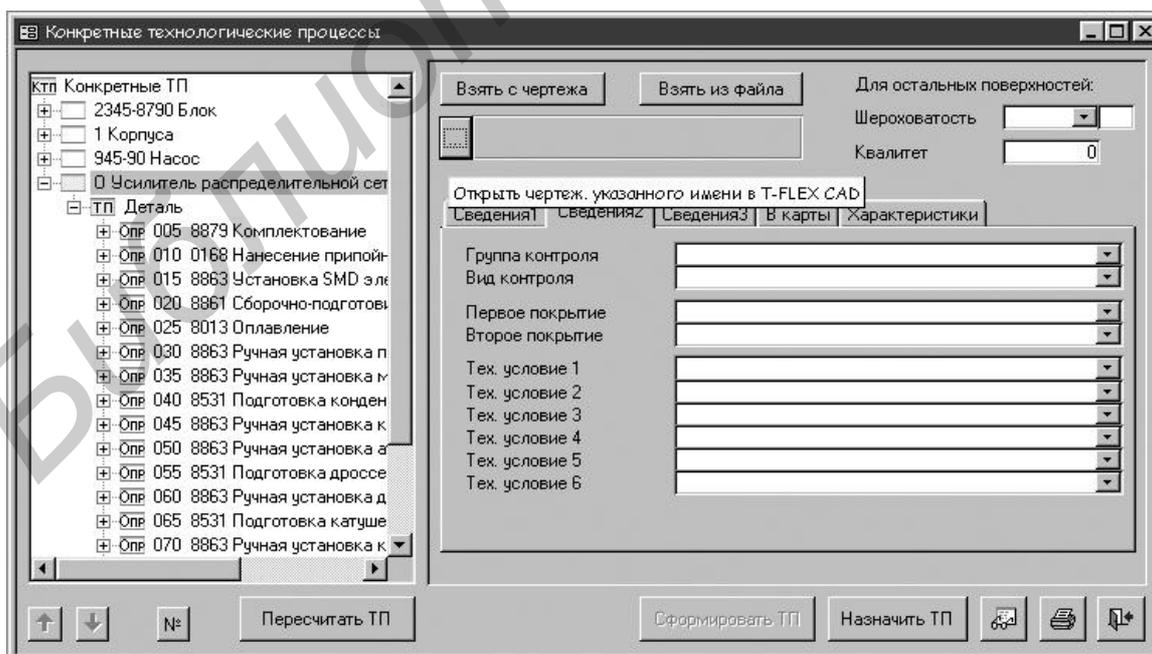


Рис. 2.3. Вид диалогового окна при проектировании технологии сборки

При разработке нового ОТП в ветви «**Наборы операций**» добавляется новый пункт, например «**Технология РЭС**» (рис. 2.4), в макете технологического процесса последовательно добавляются технологические операции.

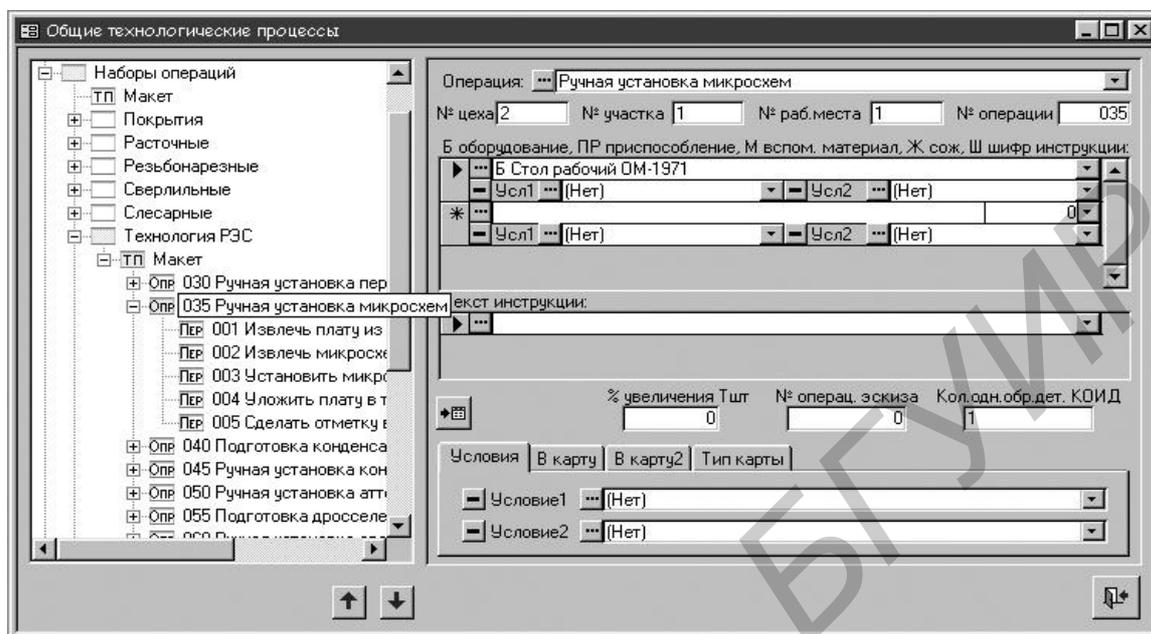


Рис. 2.4. Проектирование ОТП. Формирование технологической операции

Если в информационной базе имеется аналогичная операция, программа автоматически найдет ее и предложит пользователю ее использовать с уже выбранным оборудованием, оснасткой, технологическими переходами. Если аналогичной операции в информационной базе нет, то в поле «**Операция**» вводится наименование операции, ставится номер цеха, участка и рабочего места. Затем производится выбор оборудования из ИБ.

Далее определяется наличие технологических переходов в операции и производится быстрый поиск соответствующего перехода в ИБ. Если необходимого технологического перехода в ИБ нет, его предварительно вводят в нее (рис. 2.5) и затем выбирают операцию.

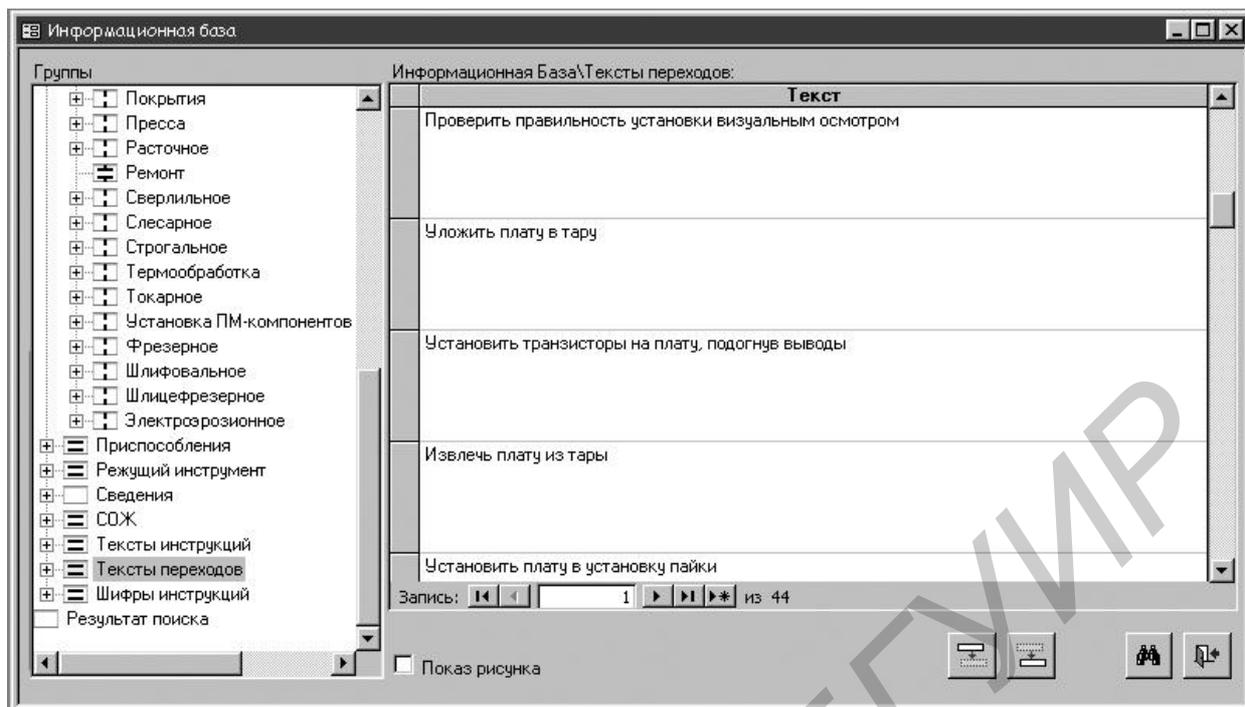


Рис. 2.5. Ввод нового технологического перехода

Все эти этапы повторяются до тех пор, пока все технологические операции не будут сформированы полностью.

При разработке КТП вначале ищутся все технологические операции в ОТП, которые копируются в КТП (рис. 2.6). После этого формируются все остальные операции и технологические переходы (рис. 2.7) аналогично методике для ОТП. Нумерация операций и переходов при этом производится автоматически.

После просмотра и при необходимости редактирования спроектированного ТП сборки его можно выдать на печать, выбрав необходимый шаблон технологической карты (рис. 2.8).

Выбранные технологические карты загружаются в *MS Word* (рис. 2.9) в виде заполненных шаблонов, которые можно просмотреть и при необходимости откорректировать.

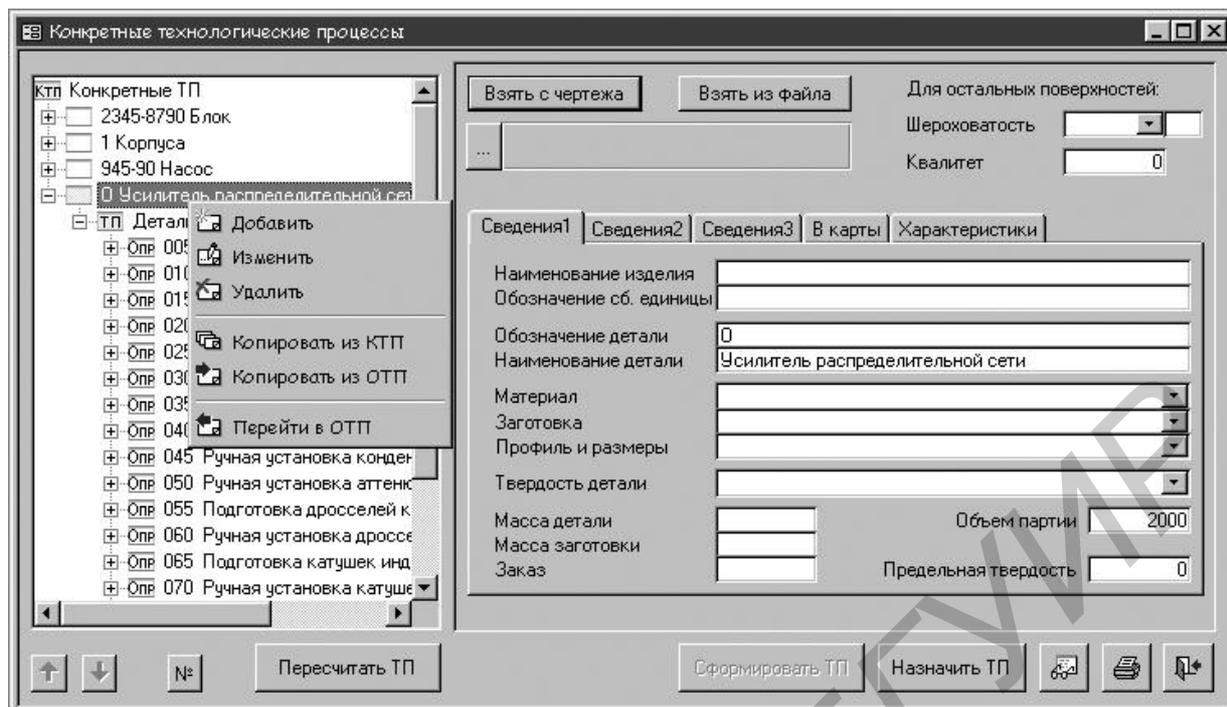


Рис. 2.6. Вид диалогового окна копирования операций из ОТП

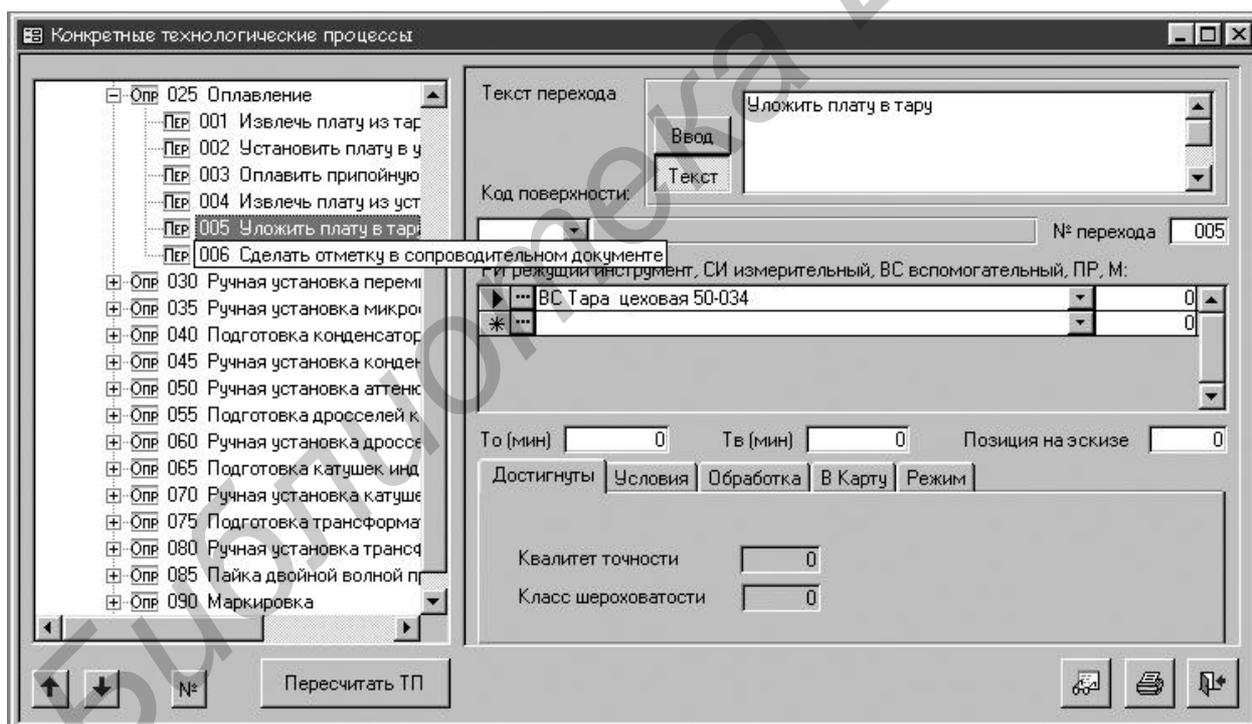


Рис. 2.7. Ввод технологического перехода при проектировании КТП

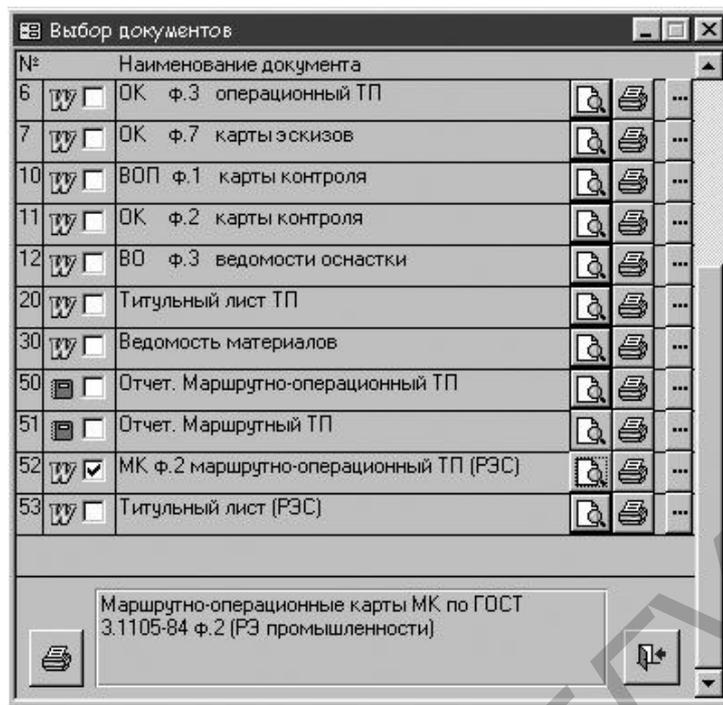


Рис. 2.8. Вид панели при выводе технологических документов на печать

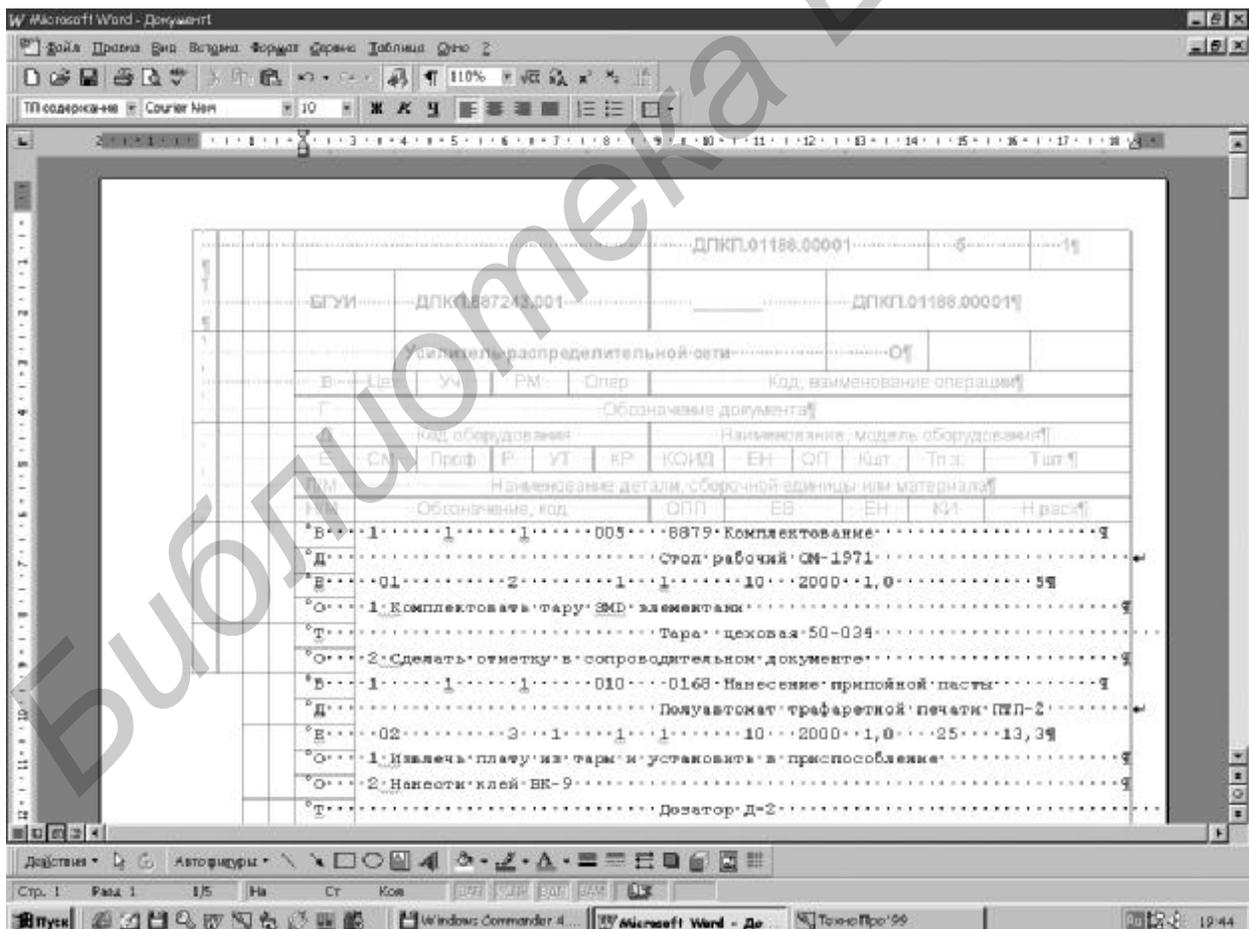


Рис. 2.9. Сформированная маршрутно-операционная карта технологического процесса

### **2.3. Задание к лабораторной работе**

Так как введение условий выполнения для всех сборочных операций ТП за время выполнения лабораторной работы затруднительно, то выполнить автоматическое проектирование технологии в «ТехноПро» не представляется возможным. Для диалогового проектирования технологии сборки ЭА предварительно рекомендуется составить схему сборки изделия.

В ходе выполнения работы необходимо создать технологический процесс изготовления электронного блока, предложенного преподавателем (как правило, для разработанной студентом при выполнении предыдущих лабораторных работ сборки электронного блока).

Выходным документом является комплект технологической документации в составе титульного листа и карт технологического процесса с маршрутной технологией сборки.

При выполнении лабораторной работы следует придерживаться изложенной в лабораторной работе №1 методики работы в среде «ТехноПро».

### **2.4. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Алгоритм создания технологического процесса сборки электронного блока.
3. Электронная версия спроектированного технологического процесса сборки электронного блока.
4. Результаты выполнения работы в виде распечатки технологического процесса сборки электронного блока.
5. Выводы по работе.

### **2.5. Контрольные вопросы**

1. Особенности диалогового проектирования технологических процессов в системе «ТехноПро».
2. Использование конкретных технологических процессов при проектировании ТП сборки в системе «ТехноПро».
3. Способы вывода информации при проектировании технологических процессов.
4. Использование общих технологических процессов при проектировании ТП сборки в системе «ТехноПро».
5. Создание нового ТП и ввод спецификации в системе «ТехноПро».
6. Создание шаблона описания элемента спецификации в «ТехноПро».
7. Добавление операций и переходов в системе «ТехноПро».

Учебное издание

**Бондарик Василий Михайлович**  
**Кайдов Олег Леонидович**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**  
**ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**  
**В СИСТЕМЕ «ТЕХНОПРО»**

Лабораторный практикум  
для студентов специальностей  
«Медицинская электроника»,  
«Электронно-оптические системы и технологии»  
дневной и заочной форм обучения

Редактор Е. Н. Батурчик  
Корректор М. В. Тезина  
Компьютерная верстка Е. Г. Реут

---

Подписано в печать 19.09.2007.  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л. 2,1.

Формат 60x84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 120 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 2,33.  
Заказ 193.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6