

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

**Куликов Д. Д., Яблочников Е.И.,
Бабанин В.С.**

**Интеллектуальные программные
комплексы для технической и
технологической подготовки
производства**

***Часть 7. Системы проектирования
технологических процессов***

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург

2011

УДК 658.512.011.56

Куликов Д.Д., Яблочников Е.И., Бабанин В.С. «Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства / Часть 7. Системы проектирования технологических процессов / Куликов Д. Д., Яблочников Е.И., Бабанин В.С. Учебно-методическое пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 136 с.

Часть 7 пособия посвящена САПР технологических процессов. Выполнен обзор этих САПР. Рассмотрены комплекс систем «TECHCARD», «Вертикаль», «ТИС - процесс», а также САПР проектирования ТП в среде PDM системы «SMARTEAM».

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 200100 - Приборостроение.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2011

© Куликов Д. Д., Яблочников Е.И., Бабанин В.С., 2011

Оглавление

Часть 7. Системы проектирования технологических процессов

7.1. Обзор САПР технологических процессов	4
7.2. Система «TECHCARD»	22
7.3. Система ««Вертикаль»	39
7.4. Проектирование технологических процессов в среде PDM SMARTTEAM	74
7.5. Учебная система «ТИС-Процесс»	81
Список литературы	131
Список контрольных вопросов	133

7.1.Обзор САПР технологических процессов

Введение

Проектирование технологических процессов (ТП) является главной составной частью технологической подготовки производства (ТПП). Трудоемкость изготовления изделия и его себестоимость в первую очередь зависят от качества разрабатываемых технологических процессов. Сложность проектирования технологических процессов, необходимость разработки оптимального варианта технологии отражаются на стоимости технологической подготовки изделия и, в конечном счете, сказываются и на себестоимости изделия. Поэтому с момента появления первых ЭВМ начались попытки их использования для решения технологических задач.

В 80-х годах в СССР под руководством Н. Г. Бруевича, Г. К. Горанского, Н. М. Капустина, С. П. Митрофанова, В. В. Павлова, В. Д. Цветкова были созданы научные школы, поднявшие разработки теоретических основ автоматизации технологической подготовки производства на мировой уровень. На базе теоретических исследований в ведущих по данной проблеме организациях (ИТК (Минск), НИАТ (Москва), ЛИТМО (Ленинград), ЦНИТИ (Москва), МАИ (Москва), МВТУ (Москва) и ряд других) были разработаны и внедрены комплексы автоматизированных систем технологического назначения. Системы создавались сначала для ЭВМ серии "Минск", и далее, по мере смены поколений ЭВМ, был осуществлен переход на ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ. В разработанных системах преобладали системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) и средств технологического оснащения (САПР СТО).

Обобщение накопленного положительного опыта позволило создать комплекс стандартов для Единой Системы Технологической Подготовки Предприятия (ЕСТПП) и Единой Системы Технологической Документации (ЕСТД). Эти стандарты закрепили достижения СССР по проблеме автоматизации ТПП и сыграли серьезную роль в подготовке промышленных предприятий к переходу на широкое использование ЭВМ в ТПП. Очередная

смена поколения ЭВМ и переход на персональные ЭВМ потребовали серьезных вложений в создание новых систем, однако смена в 90-х годах экономической обстановки в стране и отсутствие должной государственной поддержки не позволили в полной мере осуществить полноценный перевод САПР ТП на персональные ЭВМ и реализовать новые идеи, накопленные на основе анализа результатов функционирования промышленных САПР ТП.

Методы проектирования

В 80-х годах были разработаны и исследованы два основных метода проектирования технологических процессов: метод синтеза и метод Процессации.

Метод синтеза, предложенный В. Д. Цветковым [], (многоуровневый, итерационный метод проектирования) является универсальным методом, позволяющим проектировать достаточно сложные технологические процессы. Проектирование операций ведется от последней к первой операции, т. е. система проектирования относится к, так называемым, "обратным планировщикам".

Метод синтеза, разработанный Б. Е. Челищевым под руководством Н. Г. Бруевича [], (универсальный, многофункциональный, комплексный метод проектирования), основан на аксиоматическом подходе и реализован как система проектирования в классе систем "искусственный интеллект". В настоящее время оба метода из-за их высокой сложности не реализованы в полной мере на персональных ЭВМ.

Метод Процессации основан на создании рабочих технологических процессов путем настройки унифицированных (типовых или групповых) технологических процессов на конкретные детали. Этот метод, предложенный в свое время С. П. Митрофановым [], позволяет использовать все преимущества групповой технологии: специализация рабочих мест; использование высокопроизводительного оборудования, оснащенного быстроперенастраиваемыми групповыми приспособлениями; организация поточных линий при малых партиях деталей и т.д. Применение

унифицированных процессов позволяет, во-первых, сразу войти в область решений, близкую к оптимальной, во-вторых, сократить количество просматриваемых вариантов технологических процессов и ускорить процесс проектирования за счет использования типовых технологических решений. Применению этого метода предшествует организация на предприятии групповой технологии, разработка унифицированных технологических процессов и занесение их в базу данных.

Современные САПР ТП, реализованные на ПК и внедряемые на промышленных предприятиях, представляют собой системы со средним уровнем автоматизации, содержащие кроме средств формирования технологических карт модули для поиска средств технологического оснащения, а так же расчетные модули для определения припусков, режимов резания и норм расхода материалов. Некоторые системы расширены и содержат подсистемы, которые уже относятся к системам управления предприятием, например, подсистемы «Склад» и «Производство» (в системе «TechnologiCS»). Большинство систем интегрированы с CAD и PDM системами. Однако, степень интеграции с CAD –системами весьма не велика из-за разных подходов к геометрическому описанию деталей в этих системах, хотя такие исследования проводятся в ряде технических университетов нашей страны, а также за рубежом - например, в рамках развития стандарта STEP.

Разработанные в стиле WINDOWS современные САПР ТП внешне выглядят весьма привлекательно, однако в них еще не достигнут уровень автоматизации, характерный для САПР ТП в эпоху ЕС и СМ ЭВМ. В частности, них нерешены задачи автоматического формирования маршрута процесса (выбор состава и последовательности выполняемых операций), определения структуры операции (выбор состава и последовательности выполняемых переходов), базирования заготовок, поиска приспособлений и ряд других интеллектуальных задач.

Одной из причин, из-за которых современные системы не имеют высокого уровня автоматизации, заключаются в том, что ранее созданные системы (70 -90 годы) являлись системами, специализированными на определенные классы деталей и под конкретные предприятия. Высокая степень автоматизации в них достигалась за счет использования алгоритмов проектирования, отражающих знания технологических наук и опыт экспертов-технологов, участвующих в разработке систем и хорошо знающих конкретные предприятия. Адаптация таких систем к условиям других предприятиях оказалось весьма сложной и требовала значительных трудозатрат. Современные системы имеют более низкий уровень автоматизации, зато являются более универсальными и их легче внедрять на промышленных предприятиях. Кроме того, ранние САПР ТП систем разрабатывались как автономные и вследствие этого при интеграции их с другими системами необходимы серьезные доработки с привлечением высококвалифицированных программистов.

Современные САПР ТП развиваются и в них постепенно пополняются базы данных и знаний, добавляются новые программы расчетов ряда технологических параметров, расширяются функциональные возможности систем, что приводит к последовательному повышению уровня автоматизации и интеллектуальных возможностей САПР технологических процессов.

Современные САПР ТП

Рассмотрим современные САПР ТП. Системы, получившие наибольшее применение на промышленных предприятиях России, приведены в таблице 7.1.1.

Таблица 7.1.1

Современные САПР технологических процессов

№п/п	САПР ТП		Интеграция с	
	Название	Фирма-производитель	PDM-системой	CAD-системой

		продукта		
2	TechCard 7.0	Интермех	-	AutoCAD 2002-2006
1	T-Flex	Топ системы	T-Flex DOCs	T-Flex CAD
4	Вертикаль	АСКОН	Лоцман-PLM	Компас 3D
3	TechnologiCS	WinMachine	-	APMGraph
5	MAC ПТП*	Bee-Pitron	SmarTeam	CATIA, Pro/E, SolidWork

Система «TechCard»

Система TechCard представляет собой систему, предназначенную для автоматизации задач технологического проектирования. В состав системы входят отдельные подсистемы, которые могут функционировать как автономно, так и в общем комплексе:

- система организации и ведения архива конструкторской и технологической документации - Search;
- система автоматизированного проектирования технологических процессов (ТП) обработки деталей для различных видов производства;
- система автоматизированного проектирования и оформления операционных эскизов или любых графических изображений, выводимых в технологический документ CADMECH-T, работающая в среде AutoCAD 2002-2006.

Информационное обеспечение системы включает базу данных технологического назначения и позволяет создать единую интегрированную программную и информационную среду применительно к различным видам производства.

База данных технологического назначения содержит:

- иллюстрированный классификатор и паспортные данные оборудования, а также его размещение по цехам и участкам; темплеты (маленькие графические эскизы) для оборудования могут быть использованы САПР технологических планировок LCAD (разработка НПП «ИНТЕРМЕХ»);

- иллюстрированный классификатор и анкеты технологической оснастки (приспособлений, режущего, вспомогательного, измерительного инструмента);

- применяемые основные и вспомогательные материалы и виды заготовок с указанием сортамента;

- типовые технологические процессы;

- технологические операции согласно классификатору и соответствующие им параметры, сценарии к операциям и привязки;

- типовые переходы и сценарии к переходам;

- справочные данные для заполнения параметров операционной технологии;

- нормативно-справочную информацию, представленную в виде технологических таблиц и формул, для автоматизированного расчета режимов обработки и определения норм времени на переходы и операции (в процессе проектирования с привлечением встроенной экспертной системы);

Для данной системы характерны следующие особенности:

- гибкая система расчетов: расчеты выполняются по настраиваемым сценариям с привлечением встроенной экспертной системы, использующей базу знаний (база данных, технологические таблицы и формулы); язык представления знаний в базе знаний, использующий правила «если - то»; использование скриптов, позволяющих произвести расчеты на основании наличия данных в техпроцессе;

- автоматизированный подбор оборудования, оснастки, вспомогательных материалов и персонала к операциям и переходам и т.д. с привлечением средств экспертной системы;

- иллюстрирование графическими изображениями классификаторов, справочников, сценариев, анкет оснастки и паспортов оборудования;

- проектирование групповых/типовых техпроцессов обработки деталей с возможностью формирования комплекта документов как на ГТП/ТТП (КТП, ВТП), так и на отдельные детали в контексте группового/типового ТП;

- возможность экспорта документов в Microsoft Excel;
- наличие автоматизированных рабочих мест (АРМ) расцеховщика, нормировщика материального нормирования;

Система развивается и совершенствуется, появляются новые версии, с новыми возможностями. Для последней версии можно отметить следующие:

- ✓ если предприятие работает с иностранными заказчиками, может понадобиться АРМ переводчика, который позволяет выполнять перевод полученных комплектов документов на другие языки; для перевода используется встроенный словарь, пополняемый пользователем;

- ✓ утилита просмотра технологических процессов, не требующая лицензии TechCard. С ее помощью можно не только просмотреть сформированный комплект документов к техпроцессу, ввести к нему замечания, но и ознакомиться с документами комплекта ведомостей на изделие, с комплектом технологических документов на состав изделия. Кроме того, при помощи вспомогательных окон этой утилиты возможен просмотр информации по заготовкам и расцеховочным маршрутам на изделие;

- ✓ возможность сквозного проектирования технологических процессов, когда ответственный за проектирование ТП назначает исполнителей, одновременно выполняющих разработку отдельных операций одного и того же технологического процесса;

- ✓ создание комплекта технологических документов (КТД), в который автоматически собираются документы техпроцессов по составу изделия, по виду производства/цеха;

- ✓ возможность формирования комплекта ведомостей, сохраняемого в электронном архиве;

- ✓ получение выборок изделий и техпроцессов по разнообразным критериям с целью последующего получения по ним комплекта ведомостей и взятия на рабочий стол; в качестве критериев могут выступать атрибуты

изделия, расцеховочного маршрута, заготовки или параметры техпроцесса (оборудование, оснастка, материалы и т.п.);

✓ фильтрация отображения на рабочем столе состава изделия по наличию технологической информации (по наличию техпроцесса, по параметрам заготовки, расцеховочного маршрута);

✓ получение практически любых ведомостей и сводных ведомостей по материалам, операциям, переходам, оборудованию, оснастке, расцеховочным маршрутам, технологическим документам.

Система «T-FLEX Технология»

T-FLEX Технология - полнофункциональная система автоматизированного проектирования, обладающая гибкими современными средствами разработки технологических проектов любой сложности. В системе реализован специализированный технологический язык, применяется метод проектирования по обобщенному процессу-аналогу, имеются возможности работы всех технологических подразделений в едином информационном пространстве.

Конечным результатом работы системы T-FLEX Технология является не только создание и наполнение базы знаний по технологическим процессам, но и выпуск технологической документации в полном соответствии с ЕСТД. Система формирует титульные листы, маршрутные, маршрутно-операционные и операционные карты, ведомости и другие технологические документы. В базовую поставку входит комплект шаблонов стандартных технологических карт и ведомостей.

Кроме того, используя гибкий механизм по настройке отчетов, пользователи имеют возможность создавать нестандартные технологические карты и другие сводные документы по стандартам предприятия

Круг задач технологических служб не ограничивается разработкой текстовой документации - подготовка технологической документации тесно связана с разработкой технологических схем, наладок, проектированием специальной оснастки и инструмента. T-FLEX Технология интегрирована с

системой T-FLEX CAD, поэтому поддержка стандартов ЕСТД, связанных с графическими изображениями, не требует никаких специальных модулей.

T-FLEX Технология является полностью интегрированным приложением в PDM-системе T-FLEX DOCs, что позволяет, во-первых, использовать в технологическом модуле часть необходимой технологам функциональности PDM, а во-вторых, организовать единое информационно-справочное пространство для технологов и конструкторов. Таким образом, система не только выдает отдельные технологические документы, но и подготавливает информацию о выпускаемой продукции, трудовых и материальных нормативах, которая необходима для плановых, диспетчерских и производственных служб предприятия.

С помощью механизмов PDM-системы T-FLEX DOCs обеспечивается работа с общими для конструкторов и технологов справочными данными, например со справочником материалов. Состав изделия и все разрабатываемые технологии сохраняются в общей базе данных на сервере, что, при соответствующем разграничении доступа к информации, позволяет организовать коллективную работу над проектами.

Таким образом, T-FLEX Технология совместно с T-FLEX DOCs позволяет автоматически отслеживать состояние работ над каждым техпроцессом, автоматически выдавать задания исполнителям, а также предоставляет данные для оценки сроков отставания от графика работ, оповещает заинтересованных пользователей о завершении отдельных этапов контролируемых бизнес-процессов.

Система «САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ»

Система САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ представляет собой систему, предназначенную для автоматизированного решения задач технологического проектирования. В состав системы входят отдельные подсистемы, которые могут функционировать как автономно, так и в общем комплексе: работает и использует данные в едином информационном пространстве

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет:

- проектировать технологические процессы в автоматизированном режиме;
- рассчитывать материальные и трудовые затраты производства;
- формировать все необходимые комплекты технологической документации, используемые на предприятии;
- организовать и развивать технологические базы данных предприятия;
- передавать данные в различные системы планирования и управления (классов PDM/MRP/ERP), а также организовывать совместную работу с модулями и приложениями, разработанными на предприятии.

В системе выделены следующие виды процессов. Комплексный ТП (с использованием баз данных для различных производств: механообработка, штамповка, сварка, резка, гальваника, покрытия, термообработка, литье металлов, сборка), ТП на сборочные единицы. Учитываются особенности структуры ТП и данных для каждого вида производства. Реализована возможность добавления новых видов ТП и переделов средствами администрирования.

Способы проектирования технологических процессов:

- проектирование на основе техпроцесса-аналога;
- проектирование с использованием библиотеки часто повторяемых технологических решений;
- проектирование с применением библиотеки конструкторско-технологических элементов (КТЭ). Автоматическое формирование фрагментов ТП на основе типовых планов обработки КТЭ;
- заимствование технологических решений из ранее разработанных технологий;
- диалоговый режим проектирования с использованием баз данных системы.

Режимы формирования текстов переходов дают возможность выполнить:

- ручное написание текста с использованием динамического словаря и переменных модели ТП (с применением спецзнаков и спецсимволов);
- автоматическое формирование текстов переходов по алгоритмам выбранного плана обработки;
- автоматическое формирование текстов переходов по нормируемой операции ТП;
- формирование стандартизованных переходов (по ЕСТД или СТП) с помощью справочников;
- копирование готовых переходов из библиотеки пользователя или из других ТП.

Автоматизация выбора средств технологического оснащения переходов дает возможность выполнить:

- ✓ автоматический подбор инструмента и оснастки по параметрам, заданным для выбранного типового плана обработки КТЭ;
- ✓ выбор из справочников с учетом возможных связей инструмента с оборудованием и других заданных ограничений на выборку.

Данная система обеспечивает автоматический перенос данных из чертежа, трехмерной модели, а также данных о детали (сборке), данных по материалу и заготовке.

Система ВЕРТИКАЛЬ имеет все необходимые инструменты для интеграции в единое информационное пространство предприятия. Наличие различных баз данных технологического назначения: оборудования, технологических операций и переходов, профессий; иллюстрированный классификатор режущего, вспомогательного инструмента и других средств технологического оснащения; возможность формирования необходимого комплекта технологической документации, выполненной по требованиям ГОСТа, позволяют успешно использовать данную систему для решения технологических задач.

САПР ТП TechnologiCS

TechnologiCS (версия 4) - это информационная система, разработанная специально для машиностроительных заводов. Основное предназначение системы - повышение эффективности процессов конструкторско-технологической подготовки, планирования и управления производством за счет широкого применения конструкторско-технологической информации в электронном виде и организации коллективной работы с электронными данными.

В TechnologiCS реализован подход, ориентированный на работу с электронными данными о структуре изделия, технологиями, нормативами, документами, и направленный на получение максимального эффекта с точки зрения цели производственного предприятия и подкрепленный необходимым программным обеспечением. Указанный подход предполагает, что подготовка производства является единым процессом, и этот процесс заключается отнюдь *не* в производстве разного рода *документов* (причем неважно, бумажных или электронных), а в подготовке информации о выпускаемой продукции в объеме, который необходим для качественного, своевременного и экономически оправданного ее изготовления и доведении этой информации до главных ее потребителей: плановых, диспетчерских, производственных служб. Документы - это просто один из удобных способов для представления и передачи информации (особенно при отсутствии других). Суть процесса - в проработке идеи или конструкции с точки зрения принятия конструктивных решений (и, соответственно, состава изделия), разработки технологии изготовления, определения необходимых материалов, оснастки, инструмента, предполагаемой трудоемкости изготовления. Появление, уточнение, детализация необходимой для производства информации, собственно, и происходит по мере работы конструкторов, технологов, нормировщиков. Параллельно эта информация, конечно, должна быть документирована с учетом соответствия стандартам предприятия (отрасли) и системе менеджмента качества.

Применяя TechnologiCS, конструкторы, технологи, нормировщики и другие специалисты, занимающиеся подготовкой производства, фактически работают с единой БД предприятия, постепенно формируя в ней данные об изделии, техпроцессах, материальных и трудовых нормативах. Параллельно на основании имеющихся электронных данных формируются различные комплекты конструкторских, технологических и сводных документов, включая:

- проектирование изделия и формирование в единой БД конструкторской информации, работа с составом изделия и документами в электронном виде;
- разработка межцеховых маршрутов;
- проектирование технологических процессов;
- материальное и трудовое нормирование.

Кроме того, с этой же БД работают плановые и производственные службы, которые имеют возможность:

- получать из системы консолидированную информацию в разрезе изделий, узлов, цехов, заказов и т.п. для решения задач калькуляции материалоемкости, трудоемкости изготовления, расчета прямых затрат и т.д.;
- формировать производственную программу цехов и участков, используя конструкторско-технологическую информацию;
- рассчитывать потребности в материальных и трудовых ресурсах;
- вносить информацию о фактическом изготовлении деталей и узлов, выполнении технологических операций, возникновении брака, контролировать ход производственного процесса;
- вносить данные о поступлении, перемещении, выдаче, списании материалов и других ресурсов, отслеживать обеспеченность производства и фактический расход ресурсов.

Организация коллективной работы в системе TechnologiCS подразумевает согласование исходной конструкторской и технологической информации, на основании которой впоследствии и выпускаются

соответствующие документы, как бы фиксируя завершение процесса. При этом в подавляющем большинстве случаев документ освобождается от функции единственного носителя информации и становится носителем юридического статуса, что позволяет существенно сократить общее время, затрачиваемое на подготовку производства.

Ниже изложены наиболее значимые новые возможности TechnologiCS версии 4.

Первая возможность:

- Улучшены и развиты возможности для интеграции с CAD/CAM/CAE-системами:

- Появилась возможность просматривать 3D-модели непосредственно при работе с электронными справочниками, спецификациями, техпроцессами в TechnologiCS;

- Появилась возможность гибко работать с документами в электронном архиве при коллективной работе с 3D-моделями сборочных единиц, с правильным распределением прав доступа при применении заимствованных деталей, добавлены необходимые функции API для создания интерфейсов к различным CAD-системам;

- Появилась возможность удобно интегрировать в среду TechnologiCS различные САМ-системы. Теперь можно организовать запуск приложения для разработки УП для станков с ЧПУ непосредственно из режима редактирования техпроцесса в TechnologiCS, передать САМ-системе из БД TechnologiCS параметры детали и необходимые для разработки программы файлы (чертеж или модель), сохранять результат работы в виде технологической операции в ТП TechnologiCS с указанием переходов, инструмента, режимов обработки.

2. Оптимизированы возможности при работе со спецификациями, обеспечивающие более гибкое ведение информации о допускаемых заменах с учетом последующего их влияния на результаты расчетов (материалоемкости, трудоемкости и т.п.).

3. Полностью переработана встроенная подсистема складского учета:
4. Расширены возможности подсистемы «Производство»:
5. Существенно расширены возможности самостоятельного развития системы пользователями:

- появилась возможность создавать собственные функции практически в любых режимах работы с использованием стандартного VB Script. Фактически, это - средство для модернизации системы собственными силами, например, для автоматизации выполнения различных рутинных функций: проверок, выборок и т.д. В качестве примера использования в демонстрационную версию системы включены скрипты для автоматизированной проверки наличия норм расхода материалов по всем деталям по составу изделия, проверки соответствия цехов, заданных в расцеховках и фактически указанных в технологических операциях, и т.д.

TechnologiCS 4 - достаточно большая и серьезная система, позволяющая увязать решение сразу целого спектра задач машиностроительного предприятия: от разработки изделия до контроля расхода материалов на его изготовление.

Система «МАС ПТП»

Система «МАС ПТП» (Многопользовательская Автоматизированная Система Проектирования ТП) является системой со средним уровнем автоматизации. Принципиальная особенность системы - выполнение интерактивного проектирования маршрутных и операционных технологических процессов непосредственно в среде PDM –системы SMARTEAM и, следовательно, в единой информационной среде с конструкторами и всеми другими специалистами, информация от которых также используется при проектировании технологических процессов. В системе выполняются основные функции проектирования ТП и имеется возможность формировать и хранить в электронном архиве комплекты с технологическими картами. Указанная особенность системы дает возможность распараллеливать разработку ТП и легко отслеживать

прохождение всех стадий утверждения документации. При проектировании используется база данных и знаний, также функционирующая в среде SMARTTEAM.

В целом MAC ПТП – это современная САПР ТП, использующая все преимущества SMARTTEAM – мирового лидера PDM –систем.

Система "ТИС-Процесс"

Система "ТИС-Процесс" – это учебная САПР ТП, разработанная в СПбГУ ИТМО на кафедре технологии приборостроения. Система входит в состав так называемой "Технологической интегрированной среды" (ТИС). ТИС - это комплекс систем технологического назначения и инструментальных средств, для их сопровождения. Среди систем технологического назначения необходимо отметить систему расчета операционных размеров, табличный процессор для расчета режимов резания, а также комплекс информационно-поисковых систем для поиска технологического оснащения, функционирующих как автономно, так в составе "ТИС-Процесс". В системе имеется единый словарь параметров, который используется как для организации информационной стыковки между подсистемами, так и для организации баз данных и знаний.

Система "ТИС-Процесс" является системой со средним уровнем автоматизации проектирования технологии, для которой характерно следующее:

- *для проектирования технологических процессов используется метод адресации, основанный на использовании унифицированных технологических процессов;

- *для описания параметрических моделей деталей, операционных заготовок и процессов применяется фреймовое представление данных;

- *наличие средств поиска комплексных деталей и параметрической настройки унифицированного процесса на рабочий процесс, применительно к заданной детали.

*активное использование табличных алгоритмов для расчета режимов резания, припусков и других технологических задач;

*использование базы данных и знаний, построенных на основе табличного процессора

Среди инструментальных средств, применяемых в ТИС, наиболее важными являются:

*система настройки на выходные технологические документы;

*система ввода (корректировки) правил обработки таблиц в базе знаний;

*система ввода (корректировки) параметрических моделей деталей, операционных заготовок и технологических процессов.

"ТИС-Процесс" является учебным полигоном для изучения принципов построения САПР ТП и поэтому подвергается непрерывным изменениям и дополнениям при проведении курсового и дипломного проектирования. В настоящее время в этой системе проверяется возможность создания удаленных как самих модулей САПР ТП, так и баз данных (знаний) на основе Web – программирования.

Перспективы развития САПР ТП в первую очередь направлены на повышения уровня автоматизации и интеллектуальных возможностей за счет использования развитой базы знаний. Кроме того, необходимо повышать адаптивные свойства систем для учета быстрых изменений проблемной среды. Требуется дальнейшая разработка средств, обеспечивающих интеграцию с CAD/CAM системами, с системами технологической подготовки производства и АСУ предприятия (с ERP-системами). Нужны дальнейшие исследования по автоматизации контроля процесса проектирования ТП и отслеживания жизненного цикла прохождения технологических документов.

Рассматривая организационные вопросы внедрения САПР необходимо отметить, что процесс использования и внедрения систем автоматизированного проектирования (САПР) на предприятиях сегодня достиг уже той стадии, когда и сотрудники, и руководители не сомневаются

в необходимости применения компьютерных программ для повышения производительности труда конструкторов и технологов. К сожалению, при таком подходе потенциал современных программ оказывается реализованным не полностью, поскольку при внедрении рассматриваются вопросы повышения индивидуальной производительности труда конструкторов и технологов, а не предприятия в целом. И лишь отдельные промышленные предприятия, внедрившие у себя ERP-системы управления предприятием, подходят к данному вопросу с позиций интеграции САПР и ERP, что, несомненно, является большим шагом вперед. Одно из преимуществ данного подхода заключается в возможности оценить себестоимость новых изделий с учетом производства еще на этапе проектирования. Для эффективного внедрения этих систем на промышленных предприятиях необходимо принимать в расчет все этапы бизнес-процесса: маркетинговые исследования, проектирование нового изделия, технологическая подготовка производства, производство изделий, продажи. При этом наилучший результат достигается, если производительность каждого участника данной цепочки будет оптимальна для достижения конечного результата, а не максимальна на конкретном рабочем месте. Это одна из причин, по которой последнее слово при выборе САПР должно быть не за конструктором или технологом: система, обеспечивающая максимальную производительность для конструктора, может создавать проблемы, например, для технологов или производства. Решение о выборе САПР и технологии внедрения должно приниматься на стратегическом уровне, с учётом задач и перспектив всего предприятия.

7.2 Система «TechCard»

Система TechCard включает базовое программное обеспечение для реализации задач технологического проектирования и информационное обеспечение (базу данных). В состав системы входят отдельные подсистемы, которые могут функционировать как автономно, так и в общем комплексе:

- система организации и ведения архива конструкторской и технологической документации - Search;
- система автоматизированного проектирования технологических процессов (ТП) обработки деталей для различных видов производства;
- система автоматизированного проектирования и оформления операционных эскизов или любых графических изображений, выводимых в технологический документ CADMECH-T, работающая в среде AutoCAD 2002-2006.

Кроме основного модуля проектирования технологических процессов, доступны и отдельные АРМы, представляющие собой специализированные рабочие места.

Информационное обеспечение системы включает базу данных технологического назначения, позволяет создать единую интегрированную программную и информационную среду применительно к различным видам производства.

База данных технологического назначения содержит:

- иллюстрированный классификатор и паспортные данные оборудования, а также его размещение по цехам и участкам; темплеты для оборудования могут быть использованы САПР технологических планировок LCAD (разработка НПП «ИНТЕРМЕХ»);
- иллюстрированный классификатор и анкеты технологической оснастки (приспособлений, режущего, вспомогательного, измерительного инструмента);
- применяемые основные и вспомогательные материалы и виды заготовок с указанием сортамента;

▪ технологические операции согласно классификатору и соответствующие им параметры, сценарии к операциям и привязки;

▪ типовые переходы и сценарии к переходам;

▪ справочные данные для заполнения параметров операционной технологии;

▪ нормативно-справочная информация, представленная в виде технологических таблиц и формул, для автоматизированного расчета режимов обработки и определения норм времени на переходы и операции (в процессе проектирования с привлечением встроенной экспертной системы).

База данных содержит единые каталоги по материалам, операциям, оборудованию и его размещению, а также различные каталогов по переходам, оснастке, типовым технологическим процессам и справочникам.

Для данной системы характерны следующие особенности:

- гибкая система расчетов: расчеты выполняются по настраиваемым сценариям с привлечением встроенной экспертной системы, использующей базу знаний (база данных, технологические таблицы и формулы); язык представления знаний в базе знаний, использующий правила «если - то»; использование скриптов, позволяющих произвести расчеты на основании наличия данных в техпроцессе;

- автоматический подбор оборудования, оснастки, вспомогательных материалов и персонала к операциям и переходам и т.д. с привлечением средств экспертной системы;

- иллюстрирование графическими изображениями классификаторов, справочников, сценариев, анкет оснастки и паспортов оборудования;

- проектирование групповых/типовых техпроцессов обработки деталей с возможностью формирования комплекта документов как на ГТП/ТТП (КТП, ВТП), так и на отдельные детали в контексте группового/типового ТП;

- возможность экспорта документов в Microsoft Excel;

- наличие автоматизированных рабочих мест (АРМ) расцеховщика, нормировщика материального нормирования;

Система развивается и совершенствуется, появляются новые версии, с новыми возможностями. Для последней версии можно отметить следующие:

- ✗ если предприятие работает с иностранными заказчиками, может понадобиться АРМ переводчика, который позволяет выполнять перевод полученных комплектов документов на другие языки; для перевода используется встроенный словарь, пополняемый пользователем;

- ✗ утилита просмотра технологических процессов, не требующая лицензии TechCard. С ее помощью можно не только просмотреть сформированный комплект документов к техпроцессу, ввести к нему замечания, но и ознакомиться с документами комплекта ведомостей на изделие, с комплектом технологических документов на состав изделия. Кроме того, при помощи вспомогательных окон этой утилиты возможен просмотр информации по заготовкам и расцеховочным маршрутам на изделие;

- ✗ возможность сквозного проектирования технологических процессов, когда ответственный за проектирование ТП назначает исполнителей, одновременно выполняющих разработку отдельных операций одного и того же технологического процесса;

- ✗ создание комплекта технологических документов (КТД), в который автоматически собираются документы техпроцессов по составу изделия, по виду производства/цеха;

- ✗ возможность формирования комплекта ведомостей, сохраняемого в электронном архиве;

- ✗ получение выборок изделий и техпроцессов по разнообразным критериям с целью последующего получения по ним комплекта ведомостей и взятия на рабочий стол; в качестве критериев могут выступать атрибуты изделия, расцеховочного маршрута, заготовки или параметры техпроцесса (оборудование, оснастка, материалы и т.п.);

✗ фильтрация отображения на рабочем столе состава изделия по наличию технологической информации (по наличию техпроцесса, по параметрам заготовки, расцеховочного маршрута);

✗ получение практически любых ведомостей и сводных ведомостей по материалам, операциям, переходам, оборудованию, оснастке, расцеховочным маршрутам, технологическим документам.

TechCard

Techcard представляет собой программно-методический комплекс систем автоматизации проектирования, используемый при подготовке ТПП.

The screenshot shows the TechCard software interface. At the top, there's a title bar with the file path 'E:\T14\TECHCARD\DOCS\DS5\DS5.TPR(OK3020)'. Below it is a menu bar with options: 'Файл', 'Техпроцесс', 'Комплект', 'Набор', 'Строка', 'Бланк', 'Установки'. The main window is divided into several sections. On the left, there's a vertical toolbar with icons for various functions. The central area displays a technical drawing of a part with dimensions and a table of manufacturing operations. The table has columns for 'О', 'Т', 'Р', 'О', 'Т', 'Р', 'О', 'Т', 'Р' and rows for different operations. The bottom right corner shows 'Лист 1' and 'Строка 1'.

О	Т	Р	О	Т	Р	О	Т	Р
01	УСТАНОВИТЬ И ЗАКРЕПИТЬ ЗАГОТОВКУ В ПАТРОНЕ							
02	ПАТРОН 7100-0011 ГОСТ 2675-90							
03	2. ПОДРЕЗАТЬ ТОРЕЦ Ф120 Ф0047. ВЫДЕРЖИВАЯ РАЗМЕР 39,3-0,74					0,39	0,42	
04	РЕЗЕЦ 2100-0070 Т15К8 ГОСТ 19879-73							
05	ШТАМПЕНЦЕРКУЛЬ ШЦ-II-180-0.1 ГОСТ 180-99							
06			130	55	2,7	1	0,4	355 145
07	3. ТОЧИТЬ ПОВЕРХНОСТЬ Ф120 ОКОНЧАТЕЛЬНО					2,25		
08	РЕЗЕЦ 2100-0070 Т15К8 ГОСТ 19879-73							
09	ШТАМПЕНЦЕРКУЛЬ ШЦ-II-180-0.1 ГОСТ 180-99							

Основные возможности программно-методического комплекса

- ❖ расчет заготовки;
- ❖ выпуск сводных ведомостей на изделие, на ряд изделий или на заказ;
- ❖ назначение расцеховочных маршрутов изготовления изделий;
- ❖ назначение и расчет норм расхода материалов;
- ❖ автоматизированное проектирование технологических процессов обработки изделий с получением необходимого комплекта документации в соответствии с ГОСТ, ОСТ, СТП;

- ❖ расчет трудоемкости изготовления изделий;
- ❖ оперативный контроль состояния технологической подготовки производства;
- ❖ автоматизация работ по обеспечению оснасткой технологических процессов параллельно с их разработкой. При этом автоматически выполняется связь конструкторской документации на специальную оснастку с техпроцессом.

- ❖ Программный комплекс работает под управлением промышленных СУБД Oracle/Interbase/MS SQL.

- ❖ Связь с САПР.

Программно-методический комплекс направлен на

- сокращение продолжительности выпуска конструкторской документации, ее оформления по ЕСКД, а также упрощение этого процесса;
- сведение до минимума количества ошибок в чертежах;
- упрощение редактирования, хранения, поиска, тиражирования (печати) данных и их повторное использование;
- сокращение времени на прорисовку стандартных и типовых элементов;
- уменьшение времени и затрат на проведение стендовых испытаний;
- сокращение запуска изделий в производство;
- упрощение и ускорение создания управляющих программ для станков с ЧПУ за счет параллельной работы конструктора и технолога;
- избежание ошибок при создании управляющих программ для станков с ЧПУ, а следовательно, брака в производстве;
- увеличение загрузки станков с ЧПУ (машинное время), повышение производительности труда;
- упрощение и ускорение времени согласования проекта, внесения в него изменений и извещения посредством хорошо отлаженной системы документооборота;
- управление качеством будущего изделия.

➤ Внедрение комплекса TechCard, разработанного в НПП "ИНТЕРМЕХ", поможет поднять на новый качественный уровень использование персональных компьютеров на предприятии, ускорить цикл технологической подготовки производства, освободить технологов от рутинной работы.

Модульная структура

В состав системы включено базовое программное обеспечение (ПО) для реализации задач технологического проектирования и информационное обеспечение для различных видов производств. Эти отдельные подсистемы, которые могут функционировать как автономно, так и в общем комплексе:

- CADMECH-T - система автоматизированного проектирования машиностроительных чертежей для построения и оформления операционных эскизов или любых графических изображений, выводимых в технологический документ, работающая в среде AutoCAD;

- ROTATION - система проектирования деталей типа "тело вращения";

- IMBASE - справочно-информационная база данных стандартных элементов и материалов;

- Редактор базы знаний TechCard - программа по настройке экспертной системы, включающей в себя формулы и таблицы для проведения автоматических расчетов технологических параметров;

- Модуль настройки базы данных TechCard;

- Программа просмотра документов TechCard.

Для выполнения узких технологических задач система может поставляться в виде отдельных автоматизированных рабочих мест:

- АРМ расцеховочных маршрутов;

- АРМ материального нормирования;

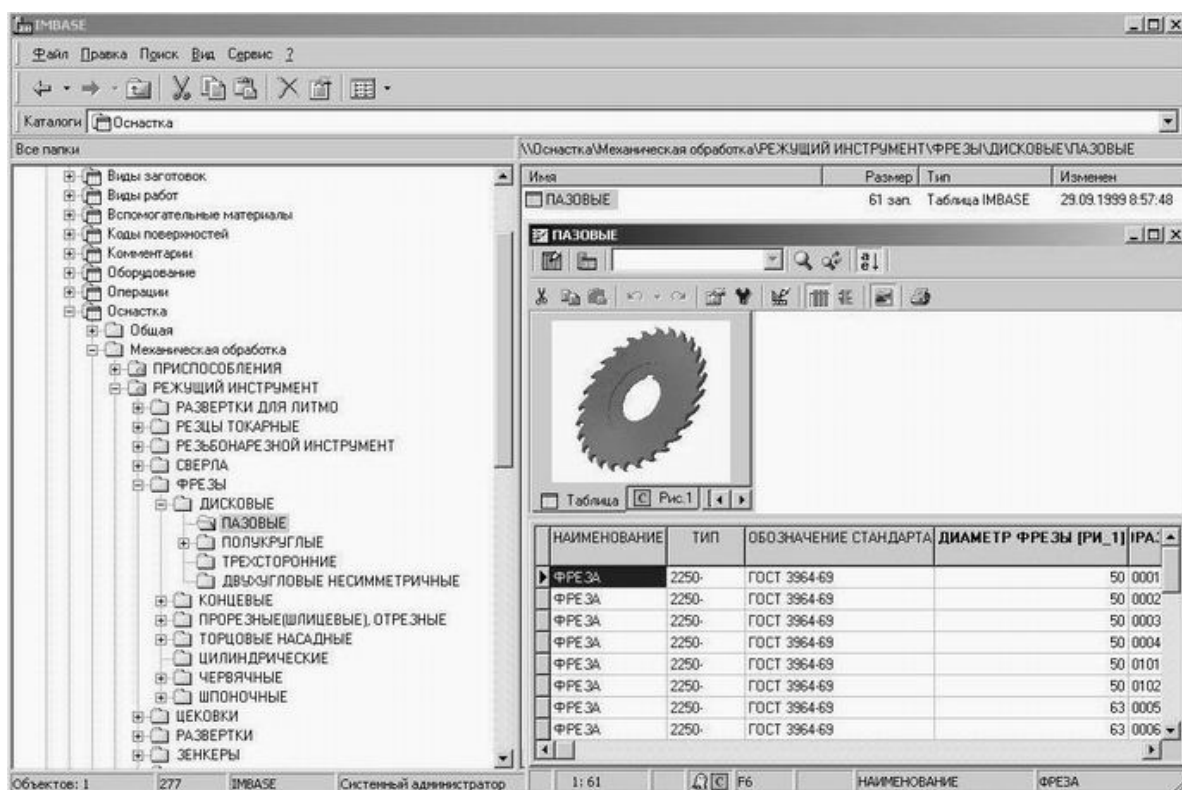
- АРМ трудового нормирования;

- АРМ перевода технологических процессов.

В состав каждого АРМа входит система SEARCH-T.

Информационное обеспечение системы включает в себя базу данных технологического назначения:

- нормативы времени на основные и вспомогательные виды работ;



•иллюстрированный классификатор и паспортные данные оборудования, а также его размещение по цехам и участкам; темплеты могут быть использованы САПР технологических планировок **LCAD**

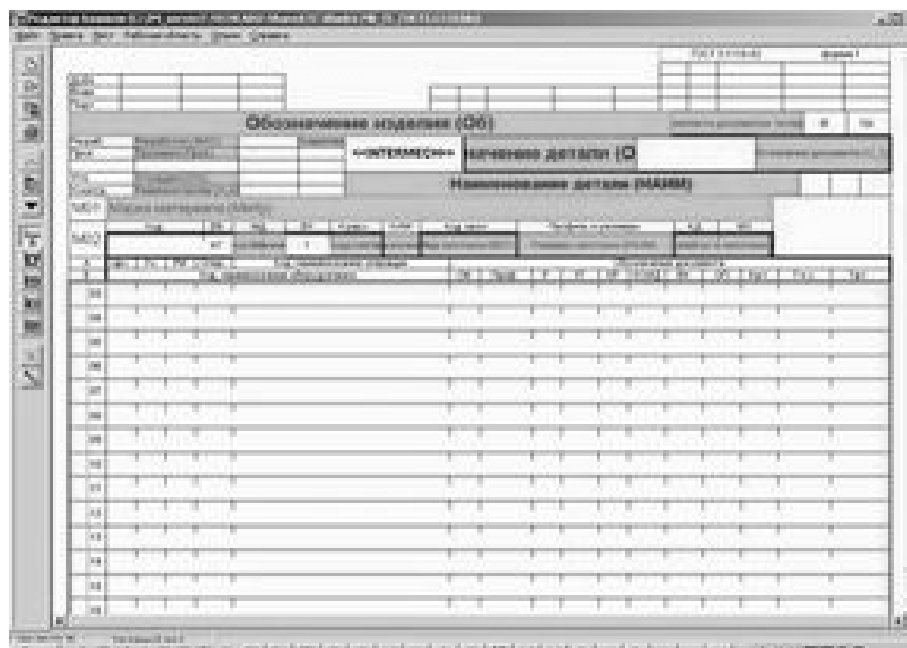
•иллюстрированный классификатор и анкеты технологической оснастки (приспособлений, режущего, вспомогательного, измерительного инструмента);

- применяемые основные и вспомогательные материалы;

- виды заготовок и их применяемость по сортаменту;

•классификатор технологических операций с выбором любых параметров;

- типовые переходы и сценарии к переходам;



- справочные данные для заполнения параметров операционной технологии;
- нормативно-справочная информация, представленная в виде технологических таблиц и формул, для автоматизированного расчета режимов обработки и определения норм времени на переходы и операции (в процессе проектирования с привлечением встроенной экспертной системы);
- библиотека типовых технологических процессов на различные виды производств.

Система позволяет создать единую интегрированную программную и информационную среду применительно к различным видам производств.

Предусмотрено наличие в базе данных единых каталогов по материалам, операциям, оборудованию и его размещению, а также различных каталогов по переходам, оснастке, типовым технологическим процессам и справочникам.

Функциональные возможности

Комплекс обеспечивает реализацию следующих основных задач:

- ❖ просмотр конструкторского архива по составу изделий, ведение и сопровождение архива документов (чертежей, спецификаций, техпроцессов,

текстовых документов и т.д.), организация различных выборок, составление отчетов;

- ❖ создание любых новых и редактирование имеющихся в базе данных форм бланков технологической документации;

оперативная настройка вида и состава комплекта технологических документов на различные типы производств (единичное, серийное, массовое и т.д.);

- ❖ создание расцеховочных маршрутов на изделие и вариантов расцеховочных маршрутов в зависимости от входимости изделия в другие изделия, назначение сроков действия и признаков разработки/ аннулирования маршрутов;

- ❖ проектирование технологического процесса обработки детали для различных видов производств (механообработка, гальваника, термообработка, сварка, консервация, окраска, литье, сборка, холодная штамповка) в диалоговом режиме;

- ❖ возможность сквозного проектирования технологических процессов, когда ответственный за проектирование ТП назначает исполнителей, одновременно выполняющих разработку отдельных операций одного и того же технологического процесса;

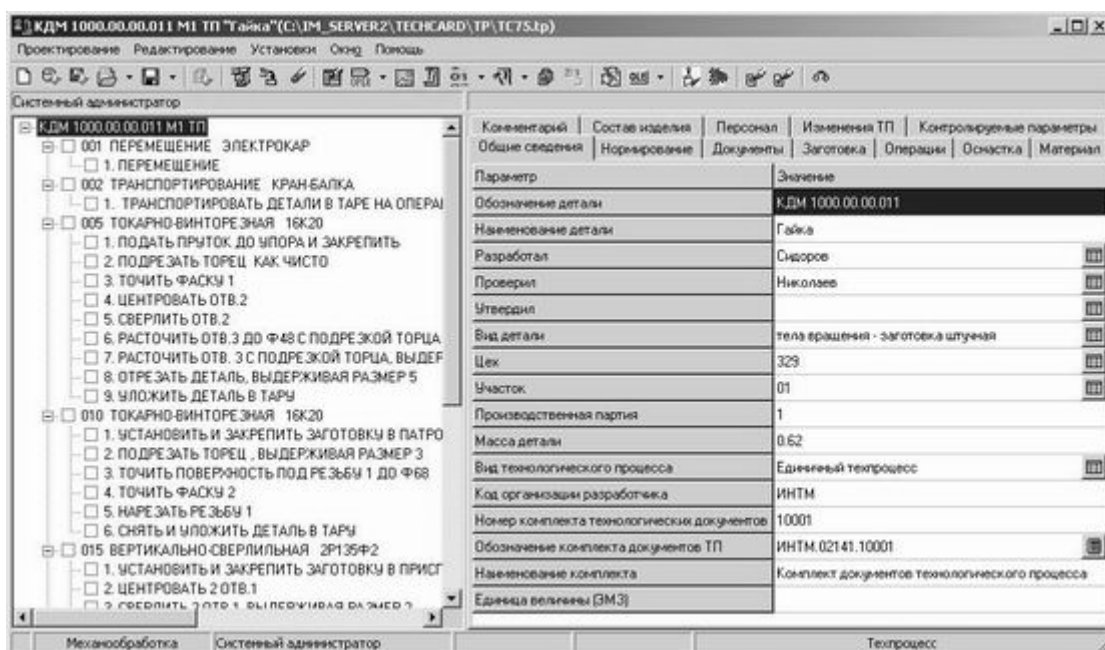
- ❖ предоставление гибкой подсистемы расчетов: расчеты выполняются по настраиваемым сценариям с привлечением встроенной экспертной

системы, использующей базу знаний (база данных, технологические таблицы и формулы); язык представления знаний в базе знаний - правилами "если-то";

❖ автоматический подбор оборудования и оснастки к операциям и переходам с привлечением средств экспертной системы;

❖ проектирование технологического процесса обработки детали:

- на основе ТП - аналога;
- с использованием библиотеки типовых фрагментов (фрагмент представляет собой набор операций, переходов и используемой оснастки);
- с применением типовых ТП;



❖ формирование и принятие автоматизированных проектных решений на различных этапах проектирования ТП, в том числе использование в качестве исходных данных для проектирования информации непосредственно из чертежа детали;

❖ автоматизированное построение и редактирование операционных эскизов с обеспечением передачи параметров технологического процесса в графическую систему и получением в составе одного бланка (операционной карты) текста и графического изображения;

❖ просмотр комплекта документов с возможностью внесения замечаний, управление оформлением и выводом комплекта на печать, возможность получения документов в Microsoft Excel;

2004 г. Шустерин Г.Ю. 2004 г.

Сотасовано:

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ
на технологический процесс
механической обработки
Изделия ДРТС-388

Гл. контролер: Еким А.А. 2004 г. Начальник ТБ: Щетников В.И. 2004 г.

Гл. метролог: 2004 г. Ведущий технолог: Симкова М.Б. 2004 г.

ТЛ	3:1:1	3:1:17	
МК	МАРШРУТНАЯ КАРТА	5	
ОК	ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА	12	Наименование операции
КЭ	КАРТА ЭСКИЗОВ	13	Разработка
КК	КОНТРОЛЬНАЯ КАРТА	14	
ВО	Возможность оснастки	15	
	3:1:3	3:5:17	Количество оснастки в строках Т для ВО

❖ иллюстрирование графическими изображениями классификаторов, справочников, сценариев, анкет оснастки и паспортов оборудования;

❖ перевод полученных комплектов документов на другие языки (если Ваше предприятие работает с иностранными заказчиками); для перевода используется АРМ переводчика со встроенным словарем, пополняемым пользователем;

❖ просмотр технологических процессов при помощи утилиты, не требующей лицензию TechCard;

❖ ведение списка пользователей, которые могут работать с системой (вход в систему по паролю), обеспечение безопасности путем назначения пользователям прав доступа на выполнение тех или иных действий;

❖ обеспечение взаимосвязи с системой ведения архива конструкторской документации Search для организации и ведения архива технологических документов и с системой разработки конструкторской документации CADMECH для проектирования и оформления операционных эскизов и карт наладок; система CADMECH предоставляет наиболее полные возможности для создания эскизов, операционные эскизы могут быть также созданы в любой графической системе и переданы в TechCard в виде изображений;

❖ обеспечение взаимосвязи с системой SolidWorks для оформления операционных эскизов;

❖ предоставление OLE-интерфейса для экспорта данных во внешние системы, к примеру, в АСУП; интерфейс предоставляется OLE-сервером, который не требует лицензию TechCard и может быть установлен на любое количество машин.

❖ получение выборок изделий и техпроцессов по разнообразным критериям с целью последующего получения по ним ведомостей; в качестве критериев могут выступать атрибуты изделия, расцеховочного маршрута или параметры техпроцесса (оборудование, оснастка, материалы и т.д.);

❖ получение практически любых ведомостей и сводных ведомостей по материалам, операциям, переходам, оборудованию, оснастке, расцеховочным маршрутам, технологическим документам.

❖ возможность формирования различных сводных ведомостей и комплектов документов (в т.ч. многотомных альбомов) с сохранением в архиве технической документации Search.

❖ возможность сохранять структуру комплекта документов техпроцесса для регистрации сделанных в нем впоследствии изменений.

❖ возможность добавлять в список документов технологического процесса документы из Search, в т.ч. документы типа технологические инструкции.

❖ фильтр на рабочем столе по составу, по расцеховкам, заготовкам и т.д.

❖ возможность использования наборов вспомогательных материалов;

❖ в АРМе нормировщика появилась возможность назначать и рассчитывать вспомогательные материалы в ТП, а также нормирование в ТП по персоналу;

❖ появилась возможность сделать ссылки на документ(ы) Search из папок или строк таблиц (оборудование, материалы, оснастка) и показ этих документов при выборе в ТП;

❖ оснастку в ТП можно назначать и из Search, если она привязана к изделию как специальная оснастка.

Techcard также позволяет:

- проектировать в диалоговом режиме технологические процессы обработки детали на основе аналога, типового техпроцесса или процесса из базы данных;

- проектировать технологические процессы в полуавтоматическом режиме с автоматическим подбором операций, оборудования, переходов, оснастки, вспомогательных материалов по алгоритмам, настраиваемым пользователем;

- создавать типовые (групповые) технологические процессы на группу деталей; работать с единичными технологическими процессами, созданными на основе группового (типового) технологического процесса;

- осуществлять сквозное параллельное проектирование технологического процесса несколькими исполнителями, работающими в разнотипных производствах;

- автоматизировать расчеты технологических параметров (режимы обработки, нормирование и др.) для различных типов производства с помощью встроенной экспертной системы;

- создавать графические библиотеки типовых элементов (техпроцессов), типовых операций с привязкой к ним типовых технологических решений;

- создавать новые и редактировать имеющиеся формы бланков технологической документации в соответствии со стандартами, принятыми на предприятии;

- настраивать правила создания документов на бланках без знания программирования;

- оперативно настраивать вид и состав комплекта технологических документов для различных типов производства;

- автоматически генерировать технологические документы и их комплекты по определенным пользователем правилам;

- обеспечивать постоянное соответствие создаваемых технологических документов технологическому процессу;

- проектировать и оформлять на основании конструкторских чертежей операционные эскизы и карты наладок;

- использовать изображения в операционных эскизах из различных систем CAD при помощи OLE-технологии;

- автоматически отслеживать версии технологических процессов и изменения в технологических документах по отношению к утвержденным версиям, отмечать измененные данные и заполнять листы регистрации изменений (ЛРИ);

- выпускать альбомы (комплекты) технологических документов, сгруппированных по цеху, типу производства либо по изделиям с возможностью автоматического обновления данных альбома вследствие изменений в техпроцессах.

Расцеховочные маршруты и нормирование расхода материала

Techcard либо его специально выделенные автоматизированные рабочие места (АРМ) для разработки расцеховочных маршрутов и нормирования расхода материалов позволяют:

- создавать многовариантные расцеховочные маршруты изготовления изделий с учетом того, что они входят в состав других сборочных узлов или заказов;

- автоматизировать расчеты по заготовкам и вспомогательным материалам с помощью встроенной экспертной системы;

- отслеживать версии расцеховочных маршрутов, заготовок, вспомогательных материалов, обеспечить выпуск извещений о необходимости их изменения;

- получать различные сводные ведомости, в том числе сводные ведомости расцеховочных маршрутов, норм расхода материалов для изделий, заказов, цеха или по другим условиям.

Разработка технологических процессов

Основываясь на принципах универсальности, Techcard поддерживает проектирование технологических процессов обработки деталей для

различных типов производств (механообработка, термообработка, сварка, сборка, гальваника, окраска, холодная штамповка, литье и др.).

Расчет норм времени

Расчеты норм времени производятся в Techcard с помощью АРМ нормирования труда либо автоматически, либо непосредственно технологом, либо другими службами предприятия во время проектирования технологического процесса на основании уже разработанных процессов. Возможности встроенной экспертной системы позволяют использовать укрупненные нормативы, а также производить расчеты по режимам обработки. Отличительной особенностью автоматизированного расчета является то, что Techcard анализирует информацию, указанную в техпроцессе и на ее основании производит поиск необходимых формул или таблиц. Простой и удобный интерфейс позволяет производить настройки расчетных формул и таблиц самим технологом без привлечения программистов. Кроме расчета трудоемкости непосредственно в техпроцессе, можно собрать и вывести в документы произвольной формы сводную информацию по трудоемкости изготовления изделия, группы изделий или заказа.

Связь с внешними системами

В Techcard реализован универсальный механизм двусторонней передачи данных в формате XML о составе изделий, а также любой технологической информации в другие автоматизированные системы (ERP, MRP, АСУ и пр.).

Наличие в системе большого количества API-функций также позволяет организовать связь с внешними системами, разрабатывать пользовательские приложения с использованием данных, формируемых в Techcard.

Многолетний опыт компании СОЛБЕР по автоматизации подготовки производства на отечественных предприятиях показал, что программный комплекс Techcard отлично вписывается в работу технологических подразделений и технических отделов как крупных предприятий, так и небольших производственных организаций, применяющих

автоматизированные рабочие места технологов на базе персональных компьютеров и локальных сетей.

Внедрение комплекса Techcard совместно с системами Pro/ENGINEER, Windchill позволяет создать единое информационное пространство конструкторских и технологических подразделений, ускорить цикл технической подготовки производства, вести единую базу данных предприятия.

Проектирование техпроцесса

Проектирование техпроцесса на деталь начинается из архивной системы. К этому моменту в архиве уже должна находиться информация по конструкторскому документу. Эти сведения, среди которых обозначение и наименования детали, марка материала, масса, передаются в модуль проектирования ТП при создании карточки на техпроцесс. В модуле проектирования ТП пользователь заполняет общие сведения на деталь, часть из которых передается из архива. После занесения общих сведений производится автоматизированный расчет заготовки, в процессе которого определяются размеры и масса заготовки, количество деталей из заготовки, норма расхода и коэффициент использования материала и другие параметры (состав параметров, которые необходимо найти, определяется соответствующим расчетным сценарием).

Далее пользователь формирует дерево маршрута обработки, используя классификаторы операций и переходов, библиотеку типовых фрагментов, каталоги оборудования и оснастки. В пределах каждой операции происходит автоматизированный расчет межоперационных размеров, назначаются рекомендуемые режимы резания с возможностью редактирования и пересчета параметров, производится попереходное и пооперационное нормирование.

Нормирование может производиться двумя способами: на основании рассчитанных режимов обработки или по нормативам неполного штучного времени.

Параллельно с формированием маршрута обработки может производиться проектирование операционных эскизов с помощью подсистемы CADMECH-T.

Проектирование операционных эскизов производится на основе конструкторского чертежа детали. Существует возможность простановки на эскиз признака обработки и маркеров поверхностей, условных изображений опор, зажимов, центров и оправок. При проектировании карт наладок помимо операционных эскизов обеспечивается также вычерчивание инструментальной наладки.

После завершения процесса проектирования автоматически формируется комплект технологических документов. Вид и состав комплекта документов а также форма бланков определяется пользователем.

По окончании работы с модулем проектирования техпроцесс сохраняется в архиве.

Имеется возможность настройки списка параметров техпроцесса, которые могут передаваться во внешние системы (например, в систему АСУП).

Систему TECHCARD можно использовать в технологических подразделениях и технических отделах как крупных предприятий, так и небольших производственных организаций, применяющих автоматизированные рабочие места технологов на базе автономных персональных компьютеров и локальных сетей.

7.3 Система «ВЕРТИКАЛЬ»

Система САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ работает и использует данные в едином информационном пространстве, удобно и быстро формирует технологические процессы, увеличивая скорость их разработки.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет:

- проектировать технологические процессы в автоматизированном режиме;
- рассчитывать материальные и трудовые затраты производства;
- формировать все необходимые комплекты технологической документации, используемые на предприятии;
- организовать и развивать технологические базы данных предприятия;
- передавать данные в различные системы планирования и управления (классов PDM/MRP/ERP), а также организовывать совместную работу с модулями и приложениями, разработанными на предприятии.

Основные функциональные характеристики САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ:

В системе выделены следующие виды процессов. Комплексный ТП (с использованием баз данных для различных производств: механообработка, штамповка, сварка, резка, гальваника, покрытия, термообработка, литье металлов, сборка), ТП на сборочные единицы. Учитываются особенности структуры ТП и данных для каждого вида производства. Реализована возможность добавления новых видов ТП и переделов средствами администрирования.

Методы проектирования технологических процессов:

- проектирование на основе техпроцесса-аналога;
- проектирование с использованием библиотеки часто повторяемых технологических решений;
- проектирование с применением библиотеки конструкторско-технологических элементов (КТЭ). Автоматическое формирование фрагментов ТП на основе типовых планов обработки КТЭ;

- заимствование технологических решений из ранее разработанных технологий;

- диалоговый режим проектирования с использованием баз данных системы.

Режимы формирования текстов переходов:

- ручное написание текста с использованием динамического словаря и переменных модели ТП (с применением спецзнаков и спецсимволов);

- автоматическое формирование текстов переходов по алгоритмам выбранного плана обработки;

- автоматическое формирование текстов переходов по нормируемой операции ТП;

- формирование стандартизованных переходов (по ЕСТД или СТП) с помощью справочников;

- копирование готовых переходов из библиотеки пользователя или из других ТП.

Автоматизация выбора средств технологического оснащения:

- автоматический подбор инструмента и оснастки по параметрам, заданным для выбранного типового плана обработки КТЭ;

- выбор из справочников с учетом возможных связей инструмента с оборудованием и других заданных ограничений на выборку.

- Автоматизация выбора средств технологического оснащения:

- автоматический подбор инструмента и оснастки по параметрам, заданным для выбранного типового плана обработки КТЭ;

- выбор из справочников с учетом возможных связей инструмента с оборудованием и других заданных ограничений на выборку.

Данная система обеспечивает автоматический перенос данных из чертежа, трехмерной модели, а также данных о детали (сборке), данных по материалу и заготовке. Схема взаимодействия показана на рис 7.3.1.

ВЕРТИКАЛЬ — система, имеющая все необходимые инструменты для интеграции в единое информационное пространство предприятия. Наличие

различных баз данных технологического назначения: оборудования, технологических операций и переходов, профессий; иллюстрированный классификатор режущего, вспомогательного инструмента и других средств технологического оснащения; возможность формирования необходимого комплекта технологической документации, выполненной по требованиям ГОСТа, позволяют успешно использовать данное ПО в процессе проектирования.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

В САПР ТП ключевые требования: повышение эффективности проектирования; увеличение скорости работы; снижение количества ошибок; повышение наглядности технологической документации; диалоговый режим проектирования. => Разработана САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ (рис. 7.3.1), являющаяся компонентом единого информационного пространства предприятия. В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ реализована объектная модель технологии БД, благодаря чему возможна интеграция с любыми PDM/ERP/CAD/CAM-системами. Система способна работать с такими СУБД, как FireBird, MS SQL и Oracle. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ имеет многоканальный настраиваемый интерфейс с плавающими панелями и поддержкой функции drap-and-drop. За счет объектной модели технологических данных в системе реализована возможность отображать дерево конструктивных элементов и технического процесса, а также выполнять навигацию по 3D-модели (рис. 7.3.2).

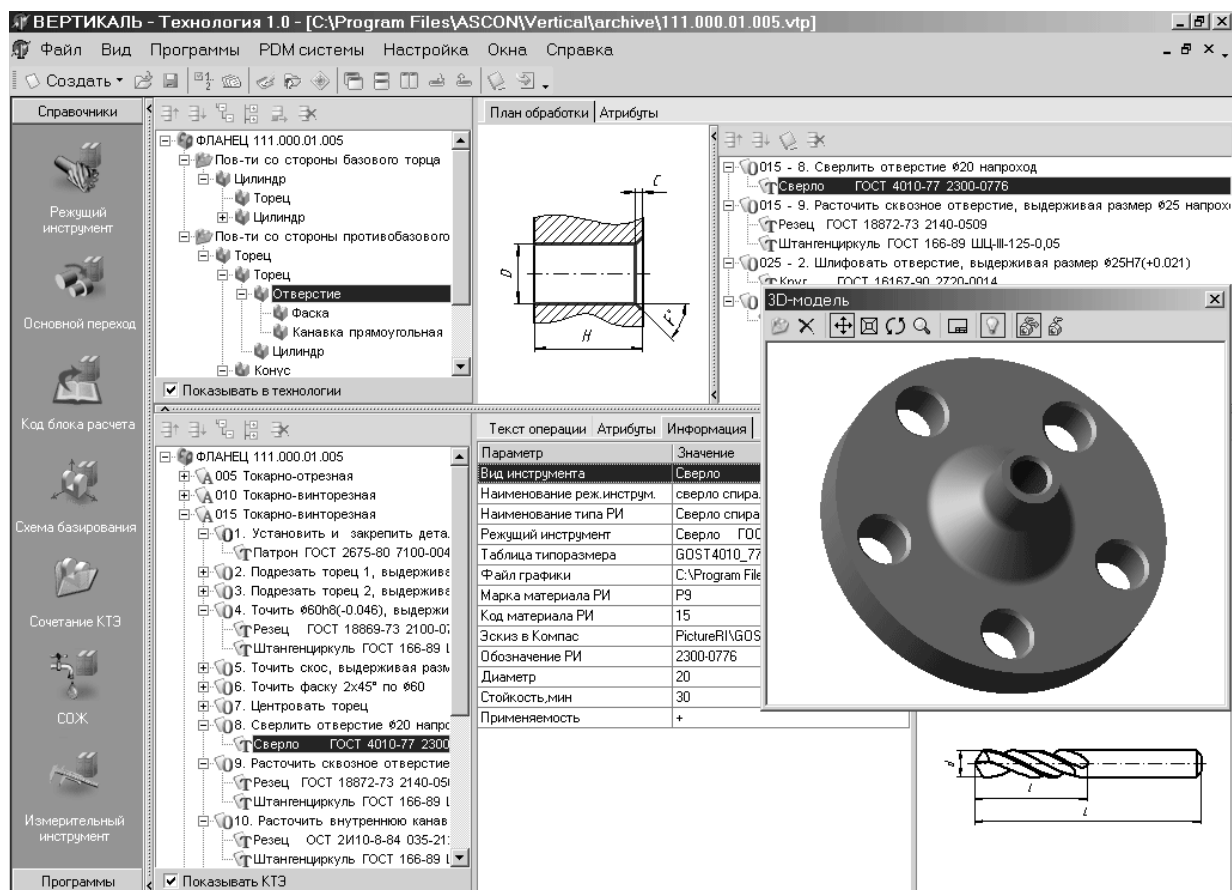


Рис. 7.3.1 Интерфейс САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

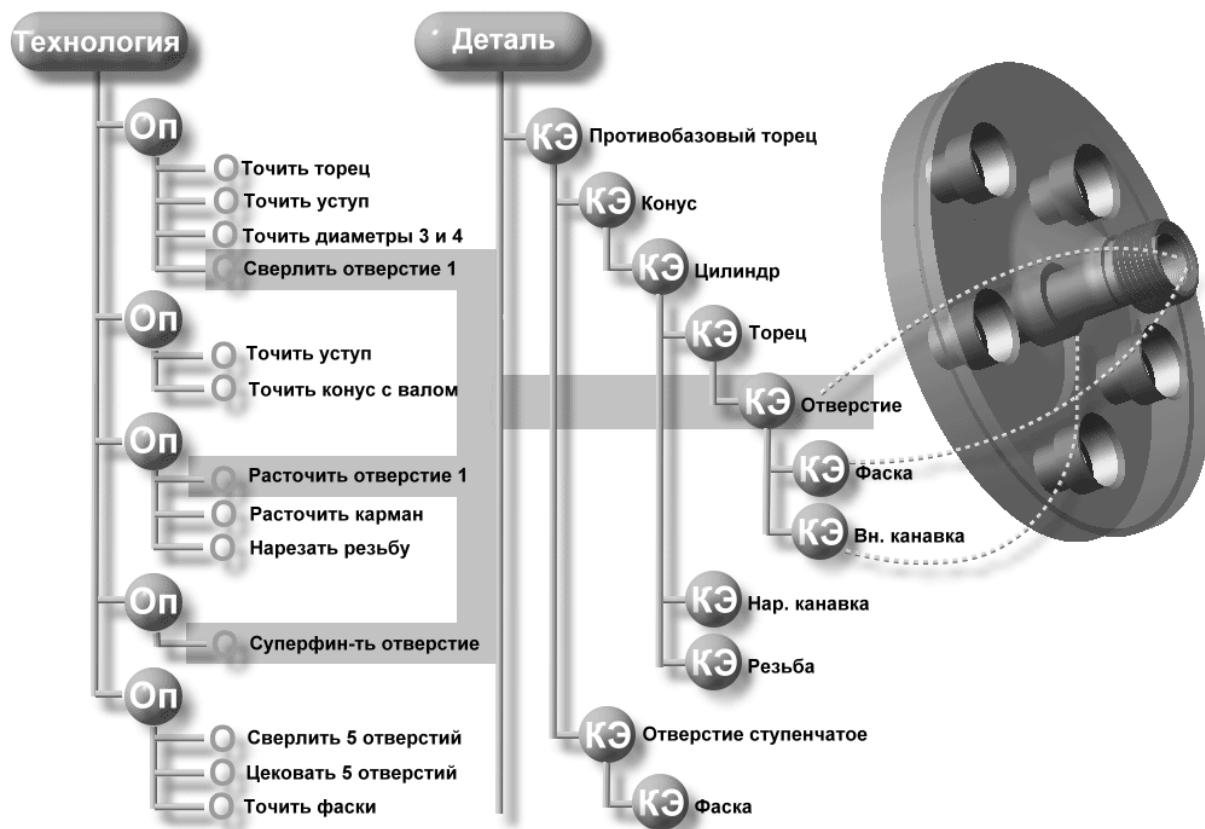


Рис. 7.3.2 Отображение взаимосвязи дерева конструктивных элементов и технологического процесса.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет устанавливать связь конструкторских элементов модели с конструкторско-технологическими элементами. Если от выбранной точки в технологическом процессе (от перехода) подняться вверх по модели, то можно определить, в каком состоянии находится каждый конструктивный элемент, и, следовательно, сгенерировать текущий облик 3D-модели детали и передать его в САМ-систему для разработки управляющей программы. Возможность организации коллективной работы позволяет комплексно решать задачи автоматизации технологической подготовке производства на основе современных информационных технологий. Для удобства работы в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ предусмотрены механизмы конфигурирования и управления доступом к технологической информации. В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ реализованы следующие основные методы проектирования ТП:

- проектирование на основе техпроцесса-аналога;
- проектирование с использованием библиотеки часто повторяемых технологических решений;
- проектирование с использованием Библиотеки конструкторско-технологических элементов (КЭТ) (рис. 7.3.3);
- заимствование технологических решений из ранее разработанных технологий;
- диалоговый режим проектирования с использованием баз данных системы.

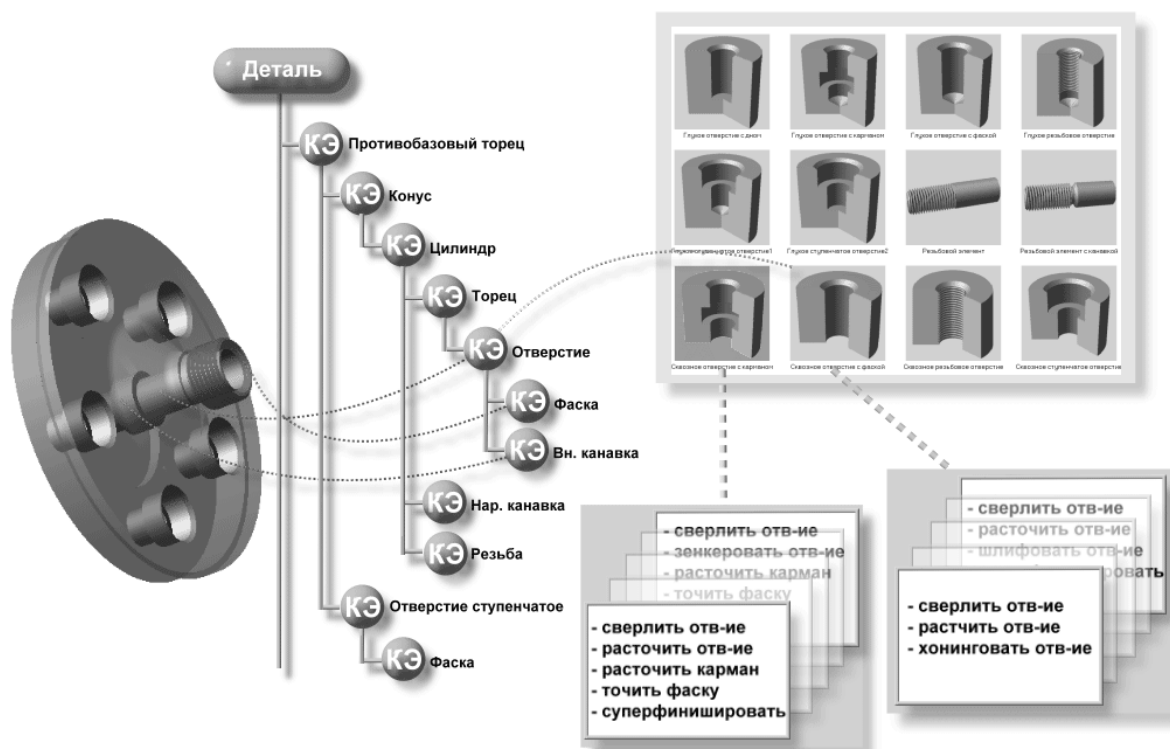


Рис. 7.3.3. Библиотека КТЭ связана с типовыми планами обработки и обеспечивает объектную модель технологии, содержащую конструкторские и технологические данные

Применение САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет повысить эффективность методов проектирования ТП на основе КЭТ и значительно упростить процедуры навигации по тексту техпроцесса и поиска требуемых данных ТП. Кроме того, система позволяет сократить количество ошибок на этапе ТПП и обеспечить наглядность технологической документации, увеличив при этом скорость принятия решения и степень автоматизации работы технолога.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ включает следующие основные компоненты:

- ВЕРТИКАЛЬ-Технология;
- универсальный технологический справочник;
- справочник «Материалы и сортаменты»;
- система трудового нормирования по укрупнённым нормативам времени; система расчета режимов резания;
- система трудового нормирования;
- АРМ нормирования материалов.

Универсальный технологический справочник содержит данные по режущему, вспомогательному и измерительному инструменту, операциям и станочным приспособлениям, оборудованию и т.п. (рис. 7.3.4).

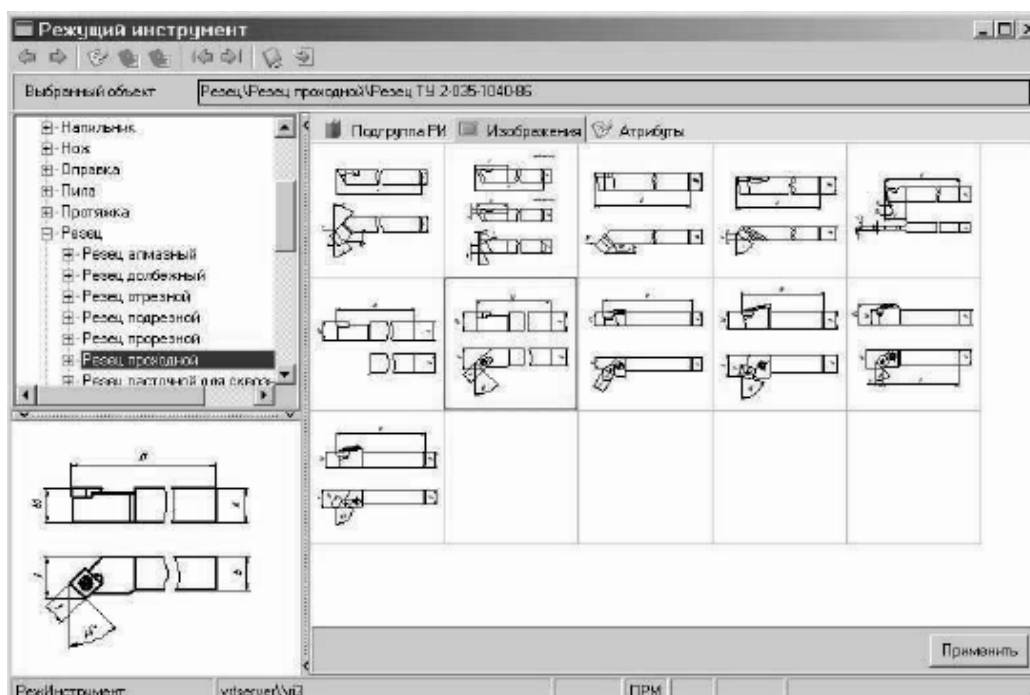


Рис. 7.3.4. Универсальный технологический справочник позволяет редактировать данные и их структуры

Система трудового нормирования по укрупненным нормативам времени помогает выполнить автоматизированный расчет неполного штучного времени на операции (рис. 7.3.5). В основу системы заложены общемашиностроительные нормативы времени — вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно заключительного для технического нормирования станочных работ. В системе реализован расчет временных затрат на такие операции последующих видов производства, как механообработка, штамповка, слесарные работы, слесарно-сборочные работы и нанесение лакокрасочных покрытий. Результатом расчета является подготовительно заключительное время, сумма неполного штучного и вспомогательного времени в минутах.

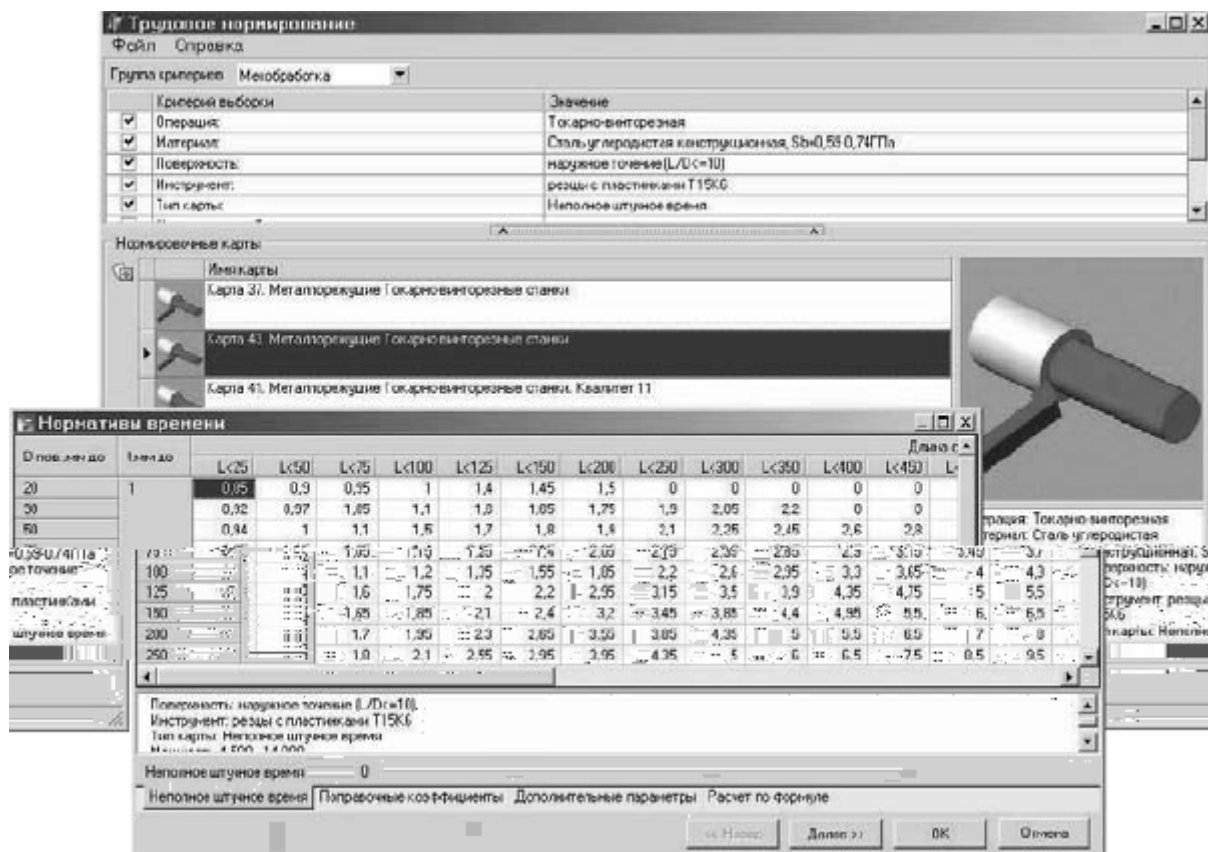


Рис. 7.3.5. Система трудового нормирования по укрупненным нормативам времени

ВЕРТИКАЛЬ — система автоматизированного проектирования технологических процессов, решающая большинство задач автоматизации процессов ТПП.

САПР ТП **ВЕРТИКАЛЬ** позволяет:

- проектировать технологические процессы в нескольких автоматизированных режимах;
- рассчитывать материальные и трудовые затраты на производство;
- формировать все необходимые комплекты технологической документации, используемые на предприятии.

Универсальный технологический справочник, входящий в САПР ТП **ВЕРТИКАЛЬ**, позволяет организовать и развивать базы данных предприятия, предоставляет всю технологическую справочную информацию. Интеграция **ВЕРТИКАЛЬ** с ЛОЦМАН:PLM решает задачи создания единой электронной среды для совместной разработки изделия, подготовки производства. В результате электронное описание изделия содержит полную информацию,

необходимую для поддержки всех этапов его жизненного цикла. На этапе подготовки производства обеспечивается накопление данных о результатах конструкторско-технологического проектирования и обмен информацией между инженерными службами.

В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ реализован подход к организации данных о технологических процессах, базирующийся на объектной модели представления и обработки информации. Объектно-ориентированные методы организации технологических баз данных, СОМ-технологии, новые интерфейсные решения, открытая архитектура, основанная на компонентах ActiveX.

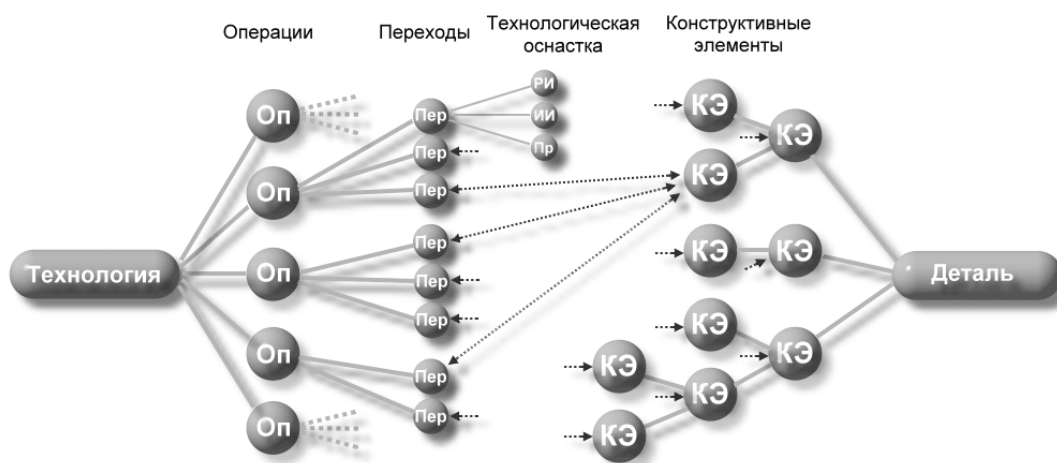


Рис.7.3.6. Объектная модель технологии

«Технологическая» часть модели содержит сведения об операциях, переходах, оснастке. «Конструкторская» - отображает состав и структуру обрабатываемых поверхностей детали. Объекты «переходы» и «конструктивные элементы» имеют двусторонние связи, что позволяет определять как список переходов по каждой поверхности, так и состав поверхностей, обрабатываемых на отдельных технологических операциях. Особенностью данной модели является наличие у объекта «переходы» двух родителей: «операции» и «конструктивные элементы», что позволяет получить вторую «пространственную» точку зрения на технологический процесс, идущую от конструкции детали.

Объектная модель, в отличие от табличной, реляционной, - содержит в себе информацию не только о физической структуре данных, но и логику взаимосвязей своих компонентов, т.е. метаданные. Настройкой состава и структуры объектов, а также их атрибутов, свойств и методов занимается специальное приложение - конфигуратор модели, позволяющий пользователю самостоятельно создавать новые типы технологических процессов.

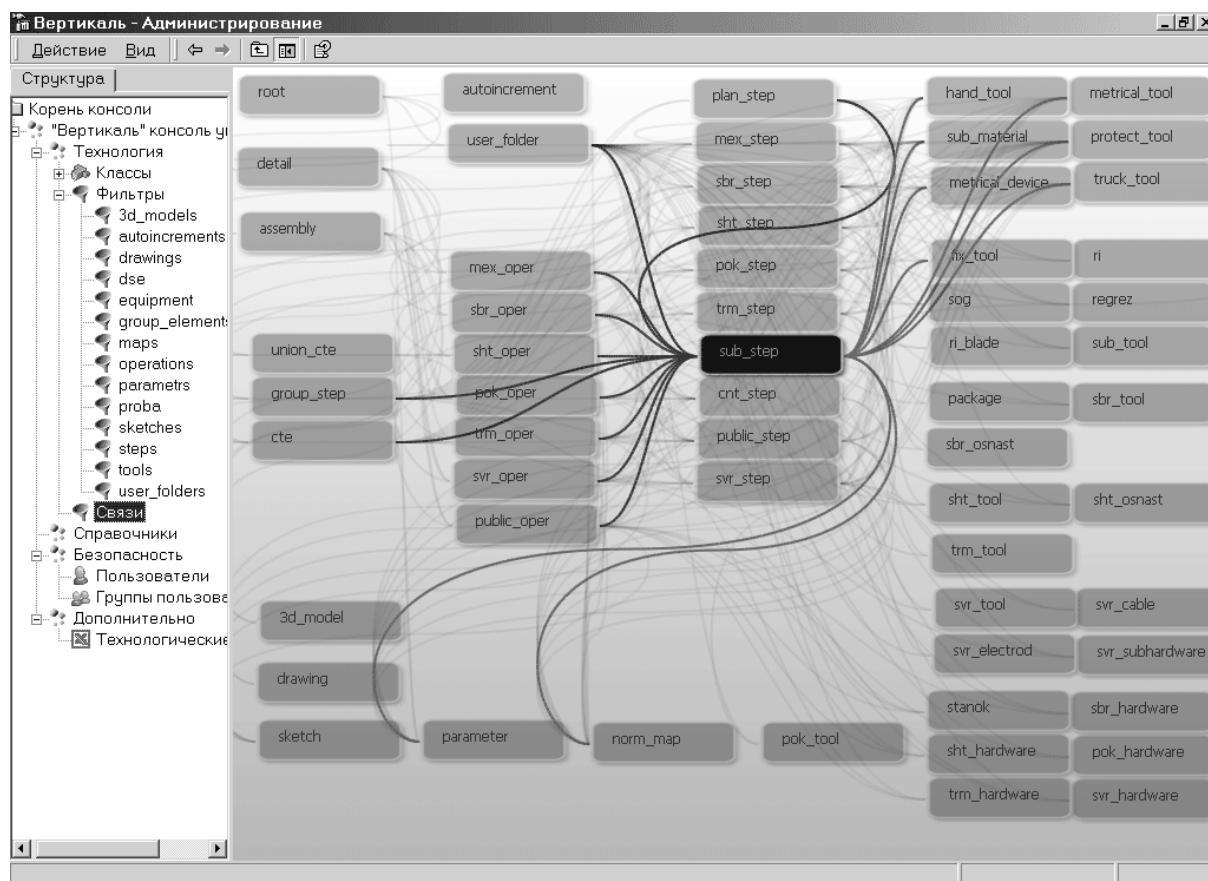


Рис. 7.3.7. Конфигуратор объектной модели технологии

Иерархия классов, описывающих технологические сущности (операция, переход, оснастка, конструктивный элемент), позволяет реализовать механизмы наследования. Это облегчает доступ к атрибутам объектов из внешних приложений, таких как расчет режимов обработки, припусков, трудовое и материальное нормирование и др. Развитый API-функционал объектной модели ТП, базирующийся на COM-технологии, делает архитектуру программного комплекса «Вертикаль» открытой для интеграции с любыми системами, в том числе PDM, ERP, CAD, CAM.

Для реализации предложенной модели ТП в состав визуальных компонентов, представленных на рис.7.3.1, вводится дерево конструкторско-технологических элементов (КТЭ) и компонент для отображения планов обработки, расположенный в правом верхнем углу формы.

В дереве КТЭ отображается состав и иерархия поверхностей детали. Выбор определенного элемента в дереве автоматически собирает технологические переходы по данному конструктивному элементу детали и выводит их на закладке «План обработки». Между деревьями КТЭ и ТП существует взаимообратная синхронизация. Активизация перехода на закладке «План обработки» выделяет его в дереве ТП и наоборот.

Автоматизация проектирования ТП на основе конструкторско-технологических элементов 1 (КТЭ) в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ (обладает компонентами — Автоматической генерацией планов обработки КТЭ и Мастером формирования планов обработки КТЭ) основан на применении типовых конструкторско-технологических элементов (КТЭ) и связанных с ними планов технологической обработки. Любую деталь можно представить как совокупность типовых КТЭ, при этом каждому элементу соответствует определенный набор планов его обработки. Таким образом, КТЭ объединяют в себе и конструкторскую, и технологическую информацию об элементах, из которых состоит деталь. В результате обеспечивается автоматизированный переход от геометрии детали к технологии ее изготовления.

В большинстве случаев КТЭ имеет не один, а несколько возможных планов обработки. Чтобы выбрать оптимальный план, необходимо использовать уточняющие параметры. Что касается конструкции изделия, к ним относятся геометрические параметры, значения шероховатости и качества, параметры сопрягаемых поверхностей. С точки зрения технологии — материал детали, оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент.

Набор типовых КЭ с планами их обработки и алгоритмами синтеза этих планов в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ объединены в Библиотеку конструкторско-технологических элементов (Библиотеку КТЭ).

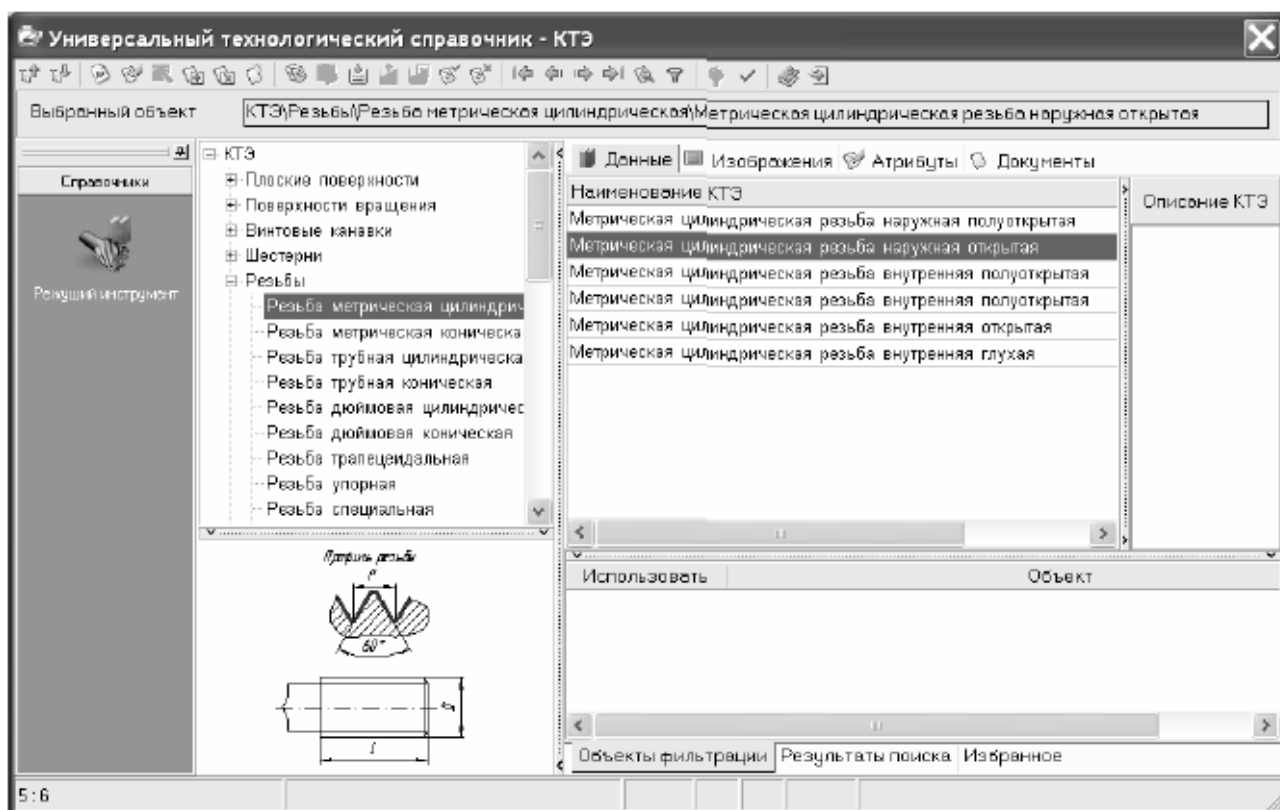


Рис. 7.3.8 Библиотека КТЭ

В результате для написания технологии обработки какого-либо элемента детали нужно выполнить всего 4 (четыре!) действия (рис. 7.3.9):

✗ выбрать необходимый элемент из Библиотеки КТЭ;



Рис. 7.3.9

✗ указать значения параметров выбранного КТЭ (например, для сквозного отверстия следует ввести его диаметр, глубину и требуемую шероховатость поверхности). Необходимо отметить, что значения параметров могут указываться с учетом заданного качества;

✗ нажать кнопку «Получить план обработки». На основе заданных параметров система автоматически сгенерирует возможные планы обработки КТЭ в виде последовательности переходов с указанием необходимого инструмента;

✗ выбрать один из предложенных системой планов обработки и двойным щелчком мыши скопировать его в техпроцесс.

Полнофункциональную алгоритмическую поддержку библиотеки КТЭ обеспечивает Мастер формирования планов обработки КТЭ.

Кроме ускорения проектирования технологического процесса Библиотека КТЭ дает возможность создавать базу знаний, сохранять и передавать опыт, накопленный за многие годы работы специалистов.

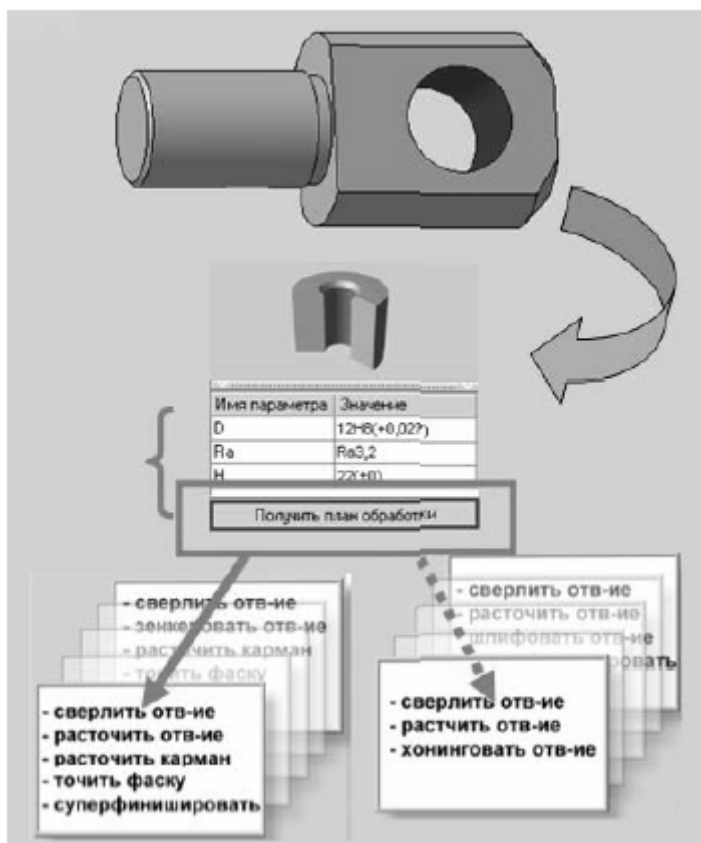


Рис 7.3.10 Схема выбора плана обработки из Библиотеки КТЭ

Связь конструкции детали и технологии ее обработки через КТЭ существенно упрощает проектирование ТП на основе техпроцесса-аналога. Помимо операций, переходов и оснастки (Дерево ТП) технологический процесс ВЕРТИКАЛЬ содержит все данные об использованных КТЭ (Дерево КТЭ). Между этими компонентами существует двусторонняя взаимосвязь: выбор КТЭ позволяет автоматически увидеть план его обработки, любой переход из плана обработки КТЭ можно сразу найти в тексте технологии.

Удаление КТЭ приводит к автоматическому удалению соответствующих переходов из технологии. Проектирование ТП на основе техпроцесса-аналога сводится к простому редактированию набора используемых КТЭ.

В системе ВЕРТИКАЛЬ технолог работает сразу с несколькими технологиями как с обычными документами. Открыв нужные в работе техпроцессы, можно удобно расположить их в окне системы и оперативно использовать данные в новом ТП. Проектирование технологии на основе заимствования технологических решений из ранее разработанных ТП становится быстрым, наглядным и удобным.

Чертежи и эскизы, необходимые для проектирования техпроцесса в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, могут быть созданы в любой САД-системе.

Максимальный эффект от совместной работы конструкторских и технологических САПР обеспечивается взаимодействием ВЕРТИКАЛЬ с КОМПАС-3D. 3D-модель и чертеж детали, на которую разрабатывается техпроцесс, технолог видит в окне ВЕРТИКАЛЬ, где ему доступен определенный набор функций для работы с графикой. Для 3D-модели — измерение геометрии и команды навигации по изображению (вращение, выделение граней, масштабирование и т.д.); а для чертежа — измерение, связь размера чертежа с переходом, автоматический перенос данных в текст ТП, импорт параметров, команды навигации по изображению.

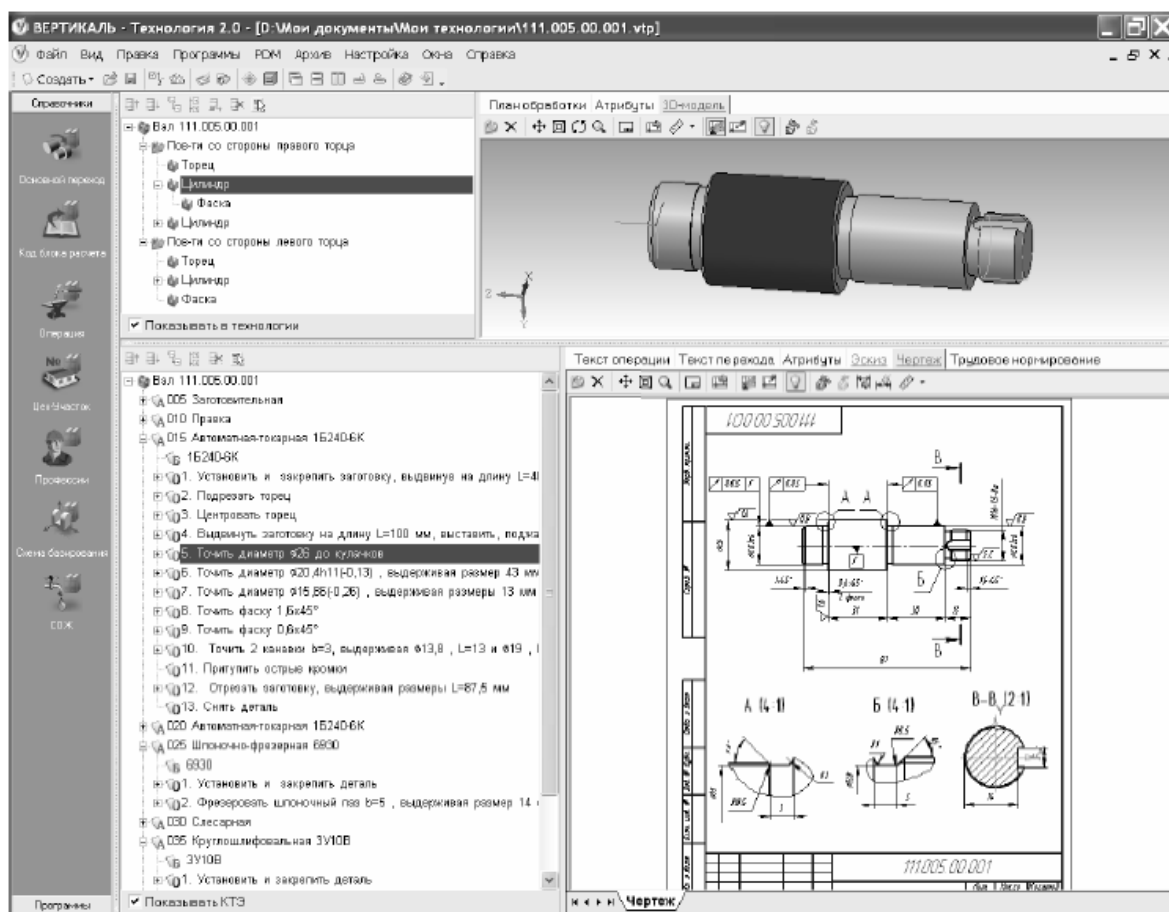


Рис 7.3.11 Чертеж и 3D-модуль в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ реализован новый подход к поиску и отображению информации, в котором 3D-модель детали используется как средство навигации в технологическом процессе. Двусторонняя связь 3D-модели детали с КТЭ позволяет легко найти план обработки любой поверхности — достаточно выделить эту поверхность на 3D-модели. И наоборот: при выборе технологического перехода подсвечивается соответствующий элемент КТЭ и обрабатываемая поверхность в 3D-модели.

Таким образом, в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ реализованы:

- тесная интеграция с КОМПАС-3D;
- работа со всеми видами графических документов — 3D-моделями, чертежами и эскизами изделий КОМПАС — непосредственно в окне ВЕРТИКАЛЬ;
- автоматический перенос данных с чертежа (и 3D-модели) в текст ТП;

- визуальная настраиваемая связь графических данных со структурными элементами технологического процесса;
- просмотр и редактирование планов обработки поверхностей КТЭ в привязке к элементам 3D-модели;
- навигация в тексте техпроцесса по 3D-модели и (или) по чертежу;
- работа с различными документами, включая графические, разработанные в любой CAD-системе.

Создавать и подключать технологические эскизы к операции техпроцесса в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет специальное приложение. Эскиз можно сформировать на основе шаблона, на основе подключенного чертежа детали, на основе 3D-модели, на основе уже созданных ранее эскизов к операциям данной технологии.

К операциям ТП можно подключить произвольное количество эскизов, выполненных в любом графическом формате. При этом содержимое любого подключенного к операции документа можно сразу просмотреть на вкладке системы — это могут быть не только графические документы, но и фрагмент управляющей программы для станков с ЧПУ, карта наладки оборудования, сканированная версия технического паспорта и т.п.

Обращение к электронным справочным базам данных является неотъемлемой частью работы технолога в системах автоматизированного проектирования технологических процессов. Навыки работы технолога со справочными базами данных во многом определяют скорость и эффективность проектирования технологических процессов. При работе в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ основным источником технологической информации является специальное приложение — Универсальный технологический справочник.

Подбор инструмента и оснастки — одна из самых сложных задач при проектировании ТП, особенно для начинающих технологов. В системе ВЕРТИКАЛЬ эта задача решена с помощью фильтрации данных Универсального технологического справочника. Фильтрация производится

как по применяемости, так и по ассоциативным связям между различными справочниками: «Станок – Приспособление», «Станок – Режущий инструмент», «Операции – Переходы», «Переходы – Измерительный инструмент» и т.д. Фильтры позволяют автоматически подобрать данные по различным критериям, быстро и безошибочно сформировать техпроцесс.

В ВЕРТИКАЛЬ удобный доступ ко всем ресурсам Универсального технологического справочника сокращает время поиска информации, необходимой для принятия технологических решений. Различные режимы поиска (многокритериальный, контекстный, сортировка и т.д.) в справочниках и в технологии значительно помогают технологу в работе.

Корпоративный справочник Материалы и Сортаменты (или Библиотека Материалы и Сортаменты при локальной установке систем) предоставляет информацию о химическом составе, физико-механических свойствах материала из которого изготовлена деталь, помогает сформировать обозначение материала в соответствии с нормативно-технической документацией. Справочник можно использовать как для выбора основного материала детали, так и для назначения вспомогательных материалов при проектировании техпроцесса.

Различные прикладные модули к САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяют получать в процессе работы дополнительную справочную информацию, осуществлять расчеты, взаимодействовать с другими программами. Для процессов планирования и управления особую актуальность представляют приложения по расчету материальных и трудовых затрат:

- Система нормирования материалов
- Универсальная система трудового нормирования по укрупненным общемашиностроительным нормативам времени;
- Система расчета режимов резания для механообработки;
- Система расчета режимов сварки.

Важная особенность системы ВЕРТИКАЛЬ — возможность хранить технологические процессы не только локально (на рабочем месте технолога),

но и в среде любой PDM-системы. Это позволяет организовать коллективную работу специалистов, облегчить и ускорить заимствование типовых решений, упорядочить (структурировать) технологическую документацию, что в конечном итоге приводит к многократному увеличению эффективности работы технологических подразделений в целом.

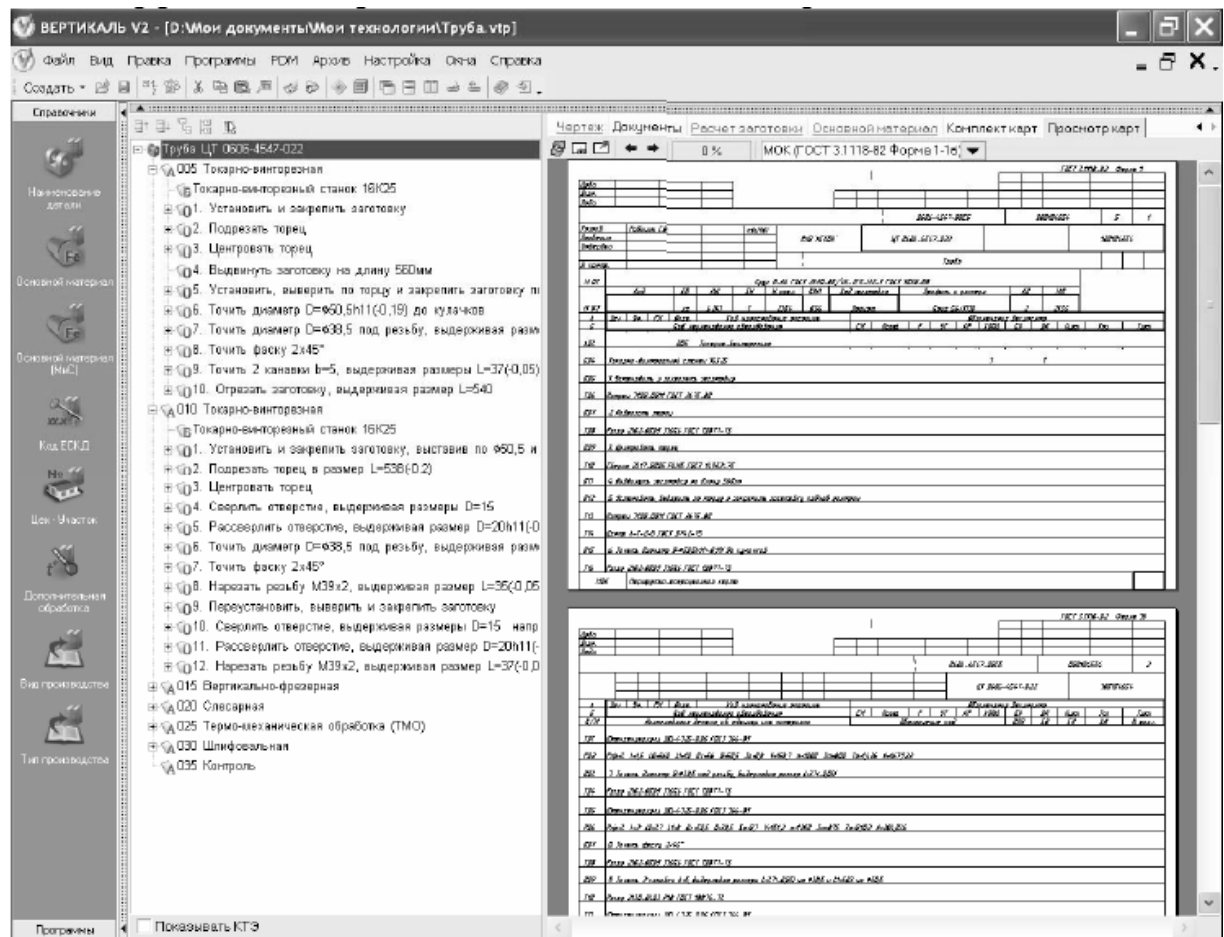


Рис 7.3.12 Формирование технологической документации

Если предприятие полностью не перешло на электронный документооборот, то после утверждения техпроцесса и сохранения его в едином электронном архиве можно сформировать комплект документации. Приложение Мастер формирования технологической документации позволяет сформировать технологические карты или комплект карт, при этом формы карт и распределение данных осуществляется согласно ГОСТ. В комплект может входить произвольное количество карт из списка доступных документов, причем комплект карт может быть сформирован как

горизонтального, так и вертикального исполнения; обеспечивается сквозная или операционная нумерация карт, операционная подборка карт.

При разработке технологического процесса технолог оперативно может просмотреть, как информация отображается в том или ином документе (карты отображаются в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ на отдельной вкладке «Просмотр карт»).

Отдельное приложение позволяет открывать документы и комплекты для просмотра и аннотирования на любых рабочих местах (приложение находится в открытом доступе и его использование не требует лицензии). В качестве элементов аннотации могут использоваться текстовые фрагменты (в том числе многострочный форматированный текст), графические элементы (линия, эллипс, прямоугольник и др.), растровые изображения, чертежи, эскизы и пр.

Сформированные документы можно сохранить в виде файла с расширением *.vtp, при этом документы и комплекты можно экспортировать в формат Adobe Acrobat Reader (*.pdf) и Microsoft Excel (*.xls).

Возможность настраивать параметры печати, включая автоматическое изменение масштаба документов в соответствии с возможностями принтера, обеспечит правильное расположение и отображение данных на листе техкарты.

При необходимости можно создавать, редактировать бланки документов и алгоритмы их заполнения, например, в соответствии со стандартами предприятия. Данные операции не требуют знания языков программирования и навыков работы в каких-либо сторонних программных продуктах.



Расширенный API-функционал системы ВЕРТИКАЛЬ дает возможность передавать данные в различные системы планирования и управления (системы классов PDM\MRP II\ERP), а также организовать совместную работу САПР ТП с модулями и приложениями, разработанными на предприятии.

Применение объектной модели данных и объектной модели технологии обеспечивают гибкую настройку всех компонентов программного технологического комплекса (например, систему ВЕРТИКАЛЬ можно настроить на любые виды производств, а Универсальный технологический справочник — на использование базы данных предприятия). Настройка может производиться непосредственно специалистами предприятия без участия разработчика.

Многоуровневое разграничение прав доступа позволяет надежно защитить информацию от несанкционированного просмотра или изменения, а также предотвратить потерю и порчу данных, документов, содержимого файлов и другой ответственной информации.

Основные функциональные характеристики САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

Виды производств

Комплексный ТП (с использованием БД для различных производств: механообработка, штамповка, сварка, резка, гальваника, покрытия, термообработка, литье металлов, сборка), ТП на сборочные единицы. Учитываются особенности структуры ТП и данных каждого вида производства. Реализована возможность добавления новых видов ТП и переделов средствами администрирования.

Методы проектирования технологических процессов:

- проектирование на основе техпроцесса-аналога;
- проектирование с использованием библиотеки часто повторяемых технологических решений;
- проектирование с использованием библиотеки конструкторско-технологических элементов (КТЭ). Автоматическое формирование фрагментов ТП на основе типовых планов обработки КТЭ;
- заимствование технологических решений из ранее разработанных технологий;

- диалоговый режим проектирования с использованием баз данных системы.

Режимы формирования текстов переходов:

- ручное написание текста с использованием динамического словаря и переменных модели ТП (с применением спецзнаков и спецсимволов);
- автоматическое формирование текстов переходов по алгоритмам выбранного плана обработки;
- автоматическое формирование текстов переходов по нормируемой операции ТП;
- формирование стандартизованных переходов (по ЕСТД или СТП) с помощью справочников;
- копирование готовых переходов из Библиотеки пользователя или других ТП.

Режимы работы с конструкторской документацией/ эскизами:

- тесная интеграция с КОМПАС 3D: работа с 3D моделью и чертежом КОМПАС непосредственно в окне ВЕРТИКАЛИ (применение технологии ActiveX), автоматический перенос данных из чертежа (и 3D модели) в текст ТП;
- работа с графическими файлами любых САД систем;
- работа с растровыми изображениями; подключение графических моделей к элементам ТП и подключение произвольного количества эскизов к каждому элементу «Операция»;
- обеспечение визуальной настраиваемой связи графических данных (конструкторской информации) со структурными элементами ТП (технологической информацией): просмотр и редактирование планов обработки поверхностей КТЭ в привязке к элементам 3D модели. Навигация в тексте ТП по 3D модели и (или) по чертежу.

Автоматизация выбора средств технологического оснащения:

- автоматический подбор инструмента и оснастки по параметрам, заданным для выбранного типового плана обработки КТЭ;

- выбор из справочников с учетом возможных связей инструмента с оборудованием и других заданных ограничений на выборку.

Процессы выпуска технологической документации

Электронные формы технологических карт (файлы формата Microsoft Excel) и распределение информации по картам соответствуют ГОСТам. Создание новых и редактирование имеющихся форм бланков технологической документации обеспечивается средствами администрирования без привлечения программистов (за исключением сложных требований СТП к распределению информации). Эскизы могут размещаться на картах различного формата с автоматическим масштабированием по размеру поля, выделенного в карте для эскиза. При формировании комплекта карт производится сквозная нумерация страниц с выводом их общего количества на титульном листе.

Характеристики базы данных

Поддерживает работу с СУБД: FireBird, MS SQL Server, Oracle.

Администрирование БД обеспечивается как средствами СУБД, так и специальной подсистемой (поставляется в дистрибутиве ВЕРТИКАЛИ). Базы данных представлены как единый источник информации для группы приложений.

Средствами администрирования можно модифицировать структуру массивов, создавать и подключать новые БД. Объектно-ориентированный подход к работе с данными дает возможность быстро настроить собственную (оригинальную) БД предприятия на работу в системе ВЕРТИКАЛЬ без процедур ручного переноса данных.

БД (для различных видов производств) наполнены данными, соответствующими ГОСТам и ОСТам, табличные данные сопровождаются графическими изображениями.

Средства и методы защиты информации

Реализована полнофункциональная система идентификации пользователей с разграничением прав доступа к различным уровням информации (как к данным, так и к функциям).

Ведение учета действий пользователей

Автоматически ведется подробный журнал работы и действий пользователей, регистрация времени работы пользователя в системе, а также типов выполняемых им действий.

Автоматическая проверка техпроцесса

Для исключения ошибок, возникающих при использовании ТП из электронных архивов, в ВЕРТИКАЛЬ добавлены такие функциональные возможности по проверке актуальности данных, содержащихся в техпроцессе. Здесь не нужно выискивать в тексте старых ТП, например, номенклатурные позиции списанного оборудования или устаревшую оснастку — достаточно одним щелчком мыши запустить проверку открытого техпроцесса. Система автоматически сопоставит данные из открытого ТП с содержимым базы данных и выведет подробный список найденных несоответствий (рис. 7.3.13). В большинстве случаев актуализация данных в ТП на основе такой проверки проводится нажатием одной кнопки.



Рис. 7.3.13

Для автоматизации получения данных из различных источников — как нормативно-справочных данных, так и оперативной информации, полученной на более ранних стадиях КТПП (определяющиеся архитектурой

самой САПР и структурой среды ее функционирования). реализованы следующие сервисы для технолога:

- ✓ более эффективным и наглядным стал процесс автоматизированного подбора оборудования и оснастки — в системе Универсальный технологический справочник, интегрированной с САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, создан новый универсальный механизм подбора данных. Отметим, что Универсальный технологический справочник представляет собой многофункциональную систему, обзор которой будет дан в отдельной статье;

- ✓ более тесная интеграция с системой КОМПАС 3D обеспечивает автоматизированный импорт всех параметров из чертежа или эскиза в текст ТП: размеров, позиций, допусков формы и расположения, параметров шероховатости и т.д. Например, чтобы импортировать значение размера в текст ТП или в параметр КТЭ, достаточно указать мышью этот размер на вкладке КОМПАС. Кроме того, в 3D модели, чертеже или эскизе детали технолог может оперативно измерить любую необходимую геометрическую величину (расстояние, угол, площадь и т.д.) и сразу импортировать результат измерения в техпроцесс. (Подчеркнем, что все рассмотренные операции выполняются в окне одной системы — САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ!);

- ✓ реализована возможность подключения любых документов к техпроцессу и его отдельным элементам, причем технолог может сразу видеть содержимое подключенного документа (благодаря применению технологии OLE). Это позволяет, например, подключить к операциям фрагменты управляющей программы для СЧПУ, карты наладки оборудования и т.п.;

- ✓ обеспечена тесная интеграция САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ с Системой нормирования материалов 3, которая позволяет рассчитать норму расхода материалов и автоматически импортировать результаты расчета в структуру техпроцесса.

Среди расчетных приложений к САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, кроме уже упомянутой выше Универсальной системы трудового нормирования по УНВ,

особо выделим Систему расчета режимов резания (рис. 7.3.14). Реализованные в дистрибутивной поставке системы расчетные алгоритмы базируются на методиках и рекомендациях, приведенных в справочнике общемашиностроительных нормативов режимов резания под редакцией А.Д. Локтева. При необходимости можно ввести собственные (оригинальные) алгоритмы расчета, используемые на предприятии, — модуль администрирования обеспечивает максимальную алгоритмическую гибкость приложения, а встроенный пошаговый отладчик позволяет оперативно проверить корректность введенного алгоритма и справочных данных.

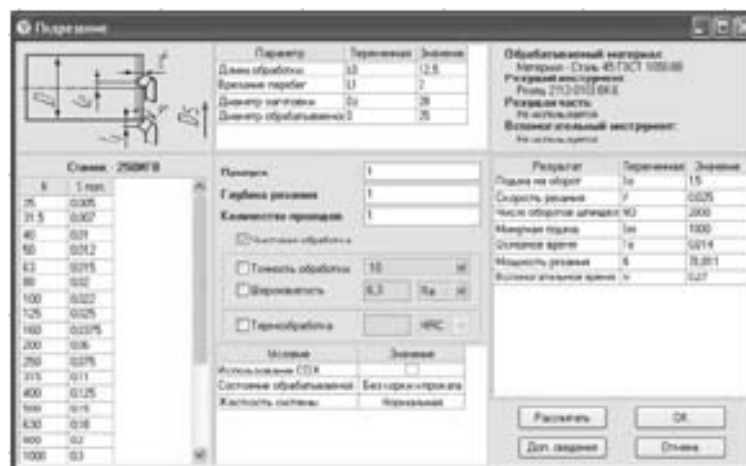


Рис. 7.3.14

Система расчета режимов резания

Система расчета режимов резания функционирует в среде САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Она предназначена для расчета режимов обработки, основного (машинного) и вспомогательного времени на основной переход.

В основе алгоритмов использованы методики расчета режимов резания из справочника «Общестроительные нормативы режимов резания: В 2-х т./ А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. — М.: Машиностроение, 1991».

Рекомендуемые нормативы режимов резания позволяют выбрать подачу, глубину резания, скорость резания в зависимости от точности и качества обрабатываемых поверхностей, заданного эксплуатационного ресурса и необходимой производительности. Таблицы нормативов режимов резания и расхода режущего инструмента в сочетании с математическими

моделями и алгоритмами сводят к минимуму необходимые расчеты и позволяют облегчить труд технолога.

Расчет осуществляется для следующих способов обработки:

- ✓ фрезерная обработка;
- ✓ токарная обработка;
- ✓ обработка отверстий осевым инструментом;
- ✓ нарезание резьбы.

Обтачивание

Диаграмма: L , L_0 , L_1 , D_z , D

Параметр	Перемен...	Знач...
Длина обработки	L0	100
Врезание перебеж	L1	10
Диаметр заготовки	Dz	50
Диаметр обработки	D	40

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Режущий инструмент: Резец 8x8 2100-0555 P6M5 ГОСТ 18863-73
Режущая часть: Не используется
Вспомогательный инструмент: Не используется

Станок - 1K62

N	S пр...	S поп.
12,5	0,07	0,035
16	0,074	0,037
20	0,084	0,042
25	0,097	0,048
31,5	0,11	0,055
40	0,12	0,06
50	0,13	0,065
63	0,14	0,07
80	0,15	0,074
100	0,17	0,084
125	0,195	0,097
160	0,21	0,11
200	0,23	0,12
250	0,26	0,13
315	0,28	0,14
400	0,3	0,15

Припуск 5
Глубина резания 2,5
Количество проходов 2
☐ Чистовая обработка
☐ Точность обработки 12
☐ Шероховатость Ra
☐ Термообработка HRC

Условие	Значение
Использование СОЖ	☐
Состояние обрабатываемого	Без корки и пр
Жесткость системы	Нормальная

Результат	Перемен...	Значен...
Подача на оборот	So	0,87
Скорость резания	V	25,1
Число оборотов шп.	NO	200
Минутная подача	Sm	174
Основное время	To	1,264
Мощность резания	N	11079,221
Вспомогательное время	tv	0,31

Кнопки: Рассчитать, ОК, Доп. сведения, Отмена

Рис 7.3.15 Система расчета режимов резания

В зависимости от вида обработки изменяется и набор рассчитываемых параметров: подача и число оборотов шпинделя, скорректированные по паспорту станка, скорость резания, сила резания, мощности резания и энергозатраты.

При расчете учитываются тип и геометрия обрабатываемого конструктивного элемента, физико-механические свойства материала и состояние поверхностного слоя заготовки, жесткость технологической системы, паспортные данные станка и параметры режущего инструмента.

Особенностями Системы расчета режимов резания являются её гибкость и настраиваемость. Специальный модуль администрирования позволяет

быстро скорректировать имеющуюся методику расчета или создать свою, полностью отвечающую текущим задачам предприятия.

Система расчета режимов сварки

Система расчета режимов сварки предназначена для комплексной автоматизации работ технолога-сварщика при проектировании техпроцессов сварки. Система работает в структуре САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ и решает следующие задачи:

- ✓ автоматизированный подбор для основных режимов сварки;
- ✓ автоматизированный подбор сварочных материалов;
- ✓ расчет норм расходов сварочных материалов;
- ✓ расчет расходов электроэнергии и основного времени на технологический переход;
- ✓ генерация готовых техпроцессов электросварки (наборы операции переходов) по заданным параметрам сварного шва и способам сварки;
- ✓ настройка всех параметров и алгоритмов обработки данных для любых сварных швов и способов сварки.

При проектировании техпроцессов сварки и подборе режимов учитываются конструктивные элементы сварных швов (ГОСТ 5264-80, ГОСТ 14771-76 и др.), положение шва в пространстве, применяемые материалы (основные, вспомогательные), характеристики оборудования и другие необходимые параметры. Способ сварки деталей может быть указан для всего шва или отдельно для каждого слоя шва; возможен автоматизированный подбор сварочных материалов с учетом требований к межкристаллитной коррозии и условиям эксплуатации сварной конструкции.

В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ обеспечивается полномасштабная автоматизация работ по виду «Сварка» в контексте технологической подготовке производства. Компонентами комплекса решаются следующие задачи:

- ✓ автоматизация проектирование ТП сварки;

- ✓ автоматическое формирование комплектов технологической документации по виду производства «Сварка» (согласно ГОСТ, СТП);
- ✓ формирование сводных ведомостей расхода сварочных материалов и др. технологических норм (на сборочную единицу, узел, изделия, заказ и пр.);
- ✓ ведение БД по режимам сварки;
- ✓ ведение справочника технологических операций сварки;
- ✓ ведение справочника сварочного оборудования;
- ✓ ведение справочника материалов и сортаментов, применяемых на производстве (включая ведение физических характеристик материалов);
- ✓ укрупненный расчет норм трудовых затрат на сварочные операции.

Универсальная система трудового нормирования по укрупненным общемашиностроительным нормативам времени

Универсальная система трудового нормирования по укрупненным общемашиностроительным нормативам времени решает задачи автоматизированного расчета затрат времени на технологические операции. В результате расчетов определяется подготовительно-заключительное время, сумма неполного штучного и вспомогательного времени в минутах.

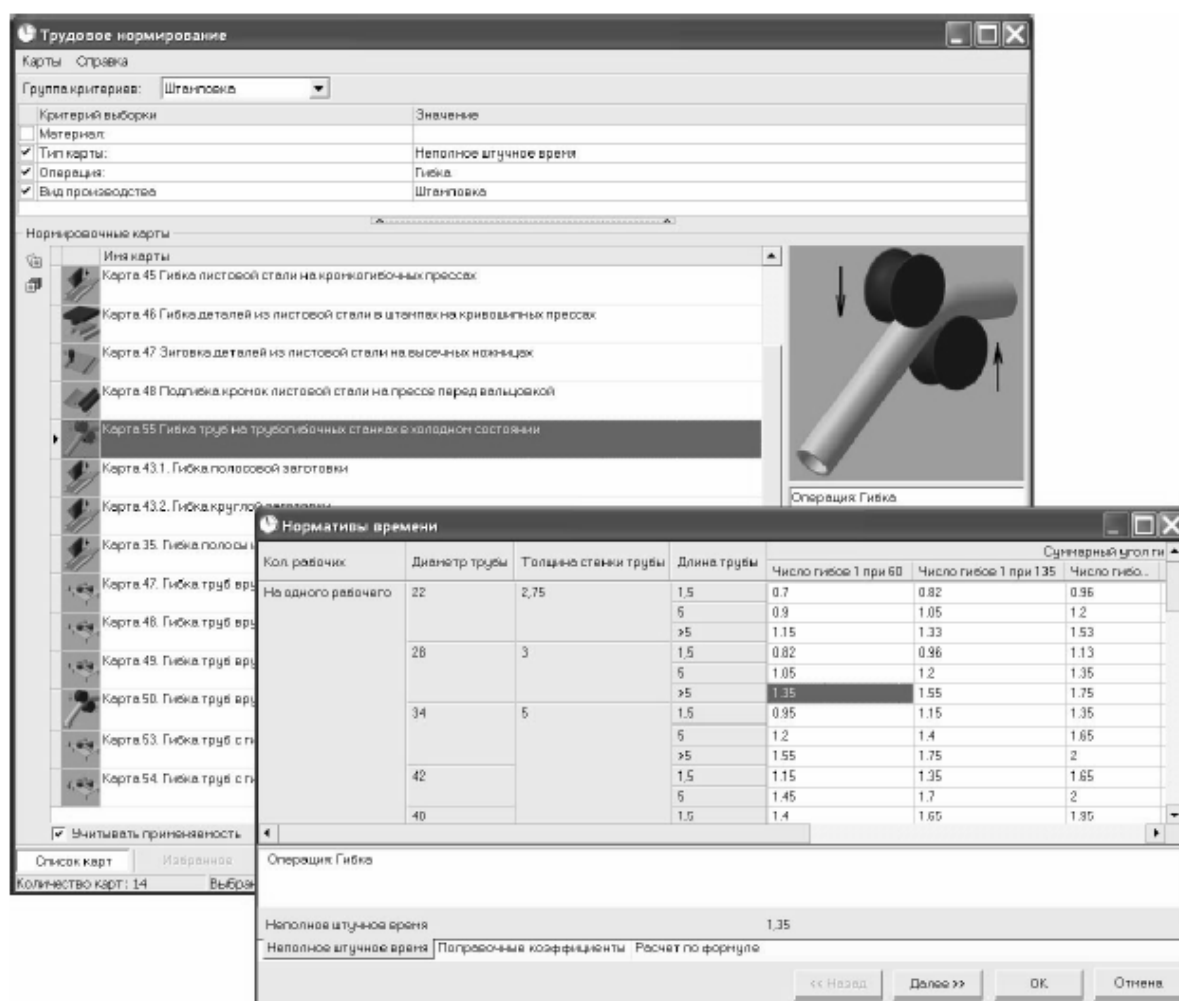


Рис 7.3.16 Универсальная система трудового нормирования по УНВ

Неполное штучное время на станочную операцию рассчитывается как сумма времен выполнения переходов этой операции. В соответствии с нормативами НИИ труда в качестве исходных данных для расчета неполного штучного времени используются: вид технологической операции, вид оборудования, мощность станка (для обработки резанием), материал заготовки, вид обрабатываемой поверхности, качество точности обрабатываемой поверхности, шероховатость обрабатываемой поверхности, вид инструмента. Часть этой информации определяется по чертежу детали, другая часть назначается технологом с помощью справочников при разработке технологического процесса в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. По данным из техпроцесса система отыскивает наиболее подходящие карты трудового нормирования. Исходя из геометрических параметров перехода, пользователь по выбранной из списка карте определяет штучное время.

Далее в большинстве случаев необходимо применение поправочных коэффициентов, учитывающих состояние поверхности заготовки, твердость материала и прочие факторы. Коэффициенты выбираются из соответствующих справочных таблиц. Неполное штучное время автоматически рассчитывается согласно формуле, учитывающей все поправочные коэффициенты карты. Суммирование штучного времени на операцию выполняется автоматически.

Система трудового нормирования по УНВ (укрупненным нормативам времени) может работать как автономно, так и совместно с САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ и ЛОЦМАН:PLM.

После выполнения расчета информация о выбранных картах, параметрах и результатах расчета передается либо на вкладку Трудовое нормирование системы ВЕРТИКАЛЬ, либо сохраняется в отдельном файле. Пользователь может просмотреть перечень карт, использованных для нормирования операции, а также при необходимости провести перерасчет по любой карте.

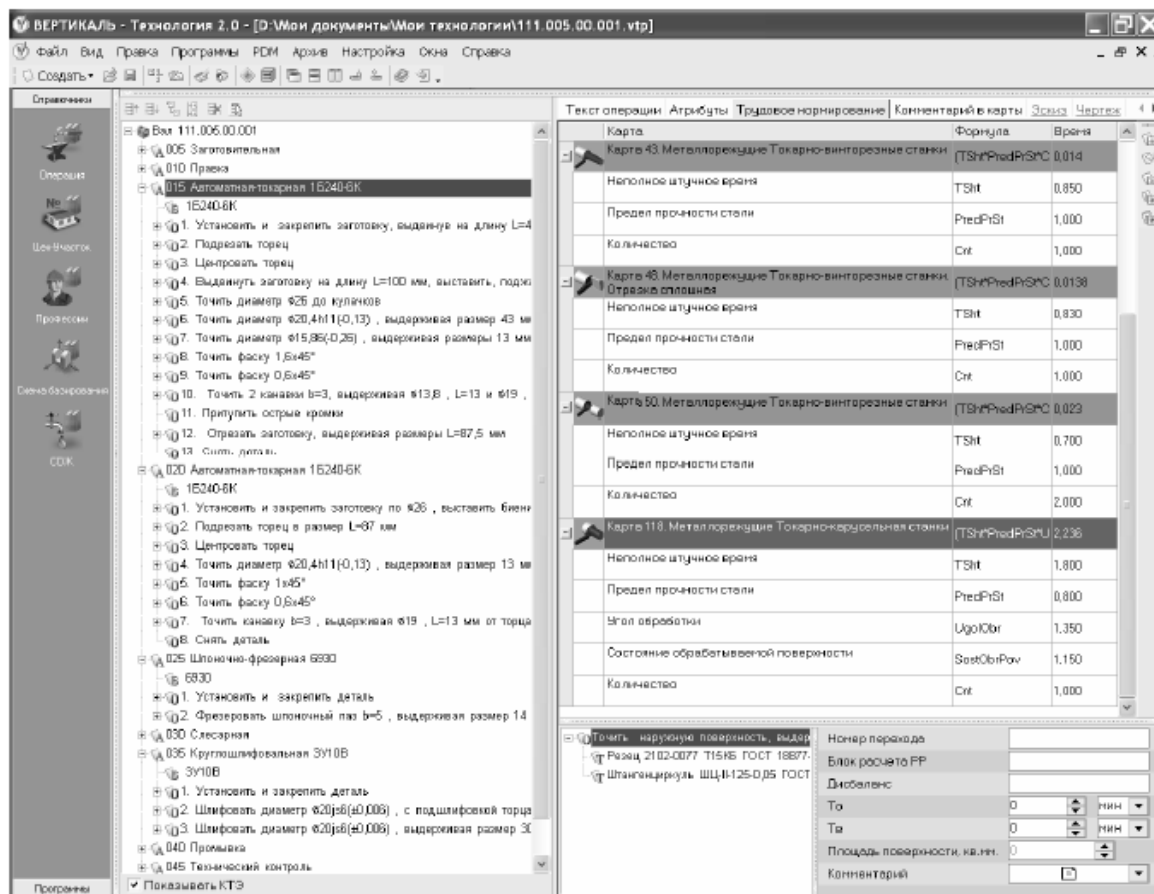


Рис 7.3.17 Вкладка Трудовое нормирование системы ВЕРТИКАЛЬ

В настоящий момент с помощью Системы трудового нормирования по УНВ можно реализовать расчет временных затрат на следующие операции:

Бесцентрово-шлифовальная	Поперечно-строгальная
Вальцовка	Правка
Вертикально-сверлильная	Продольно-строгальная
Внутришлифовальная	Продольно-шлифовальная
Вырубка заготовок	Протяжка заготовок
Гибка листовых заготовок	Разметка листового
Горизонтально-фрезерная	материала
Зубодолбежная	Раскатка
Зубострогальная	Расточная
Зубофрезерная	Резка на ленту
Зубошлифовальная	Резка на полосы
Ковка	Резьбошлифовальная
Кругло-шлифовальная	Слесарно-сборочные работы
Лакокрасочные покрытия	Слесарные (включая
Надрезка	зачистку листового материала)
Обкатка	Сушка, покраска
Осадка заготовок	Токарно-винторезная
Отрубка	Хонинговальная
Плоскошлифовальная	Шлицефрезерная
	Шлицешлифовальная

К большинству нормировочных карт подключены переходы текста технологии, которые соответствуют выполненным операциям за данную норму времени. В результате расчета технолог получает не только норму времени, но и часть технологического процесса, который потом может оперативно использовать при проектировании ТП в системе ВЕРТИКАЛЬ.

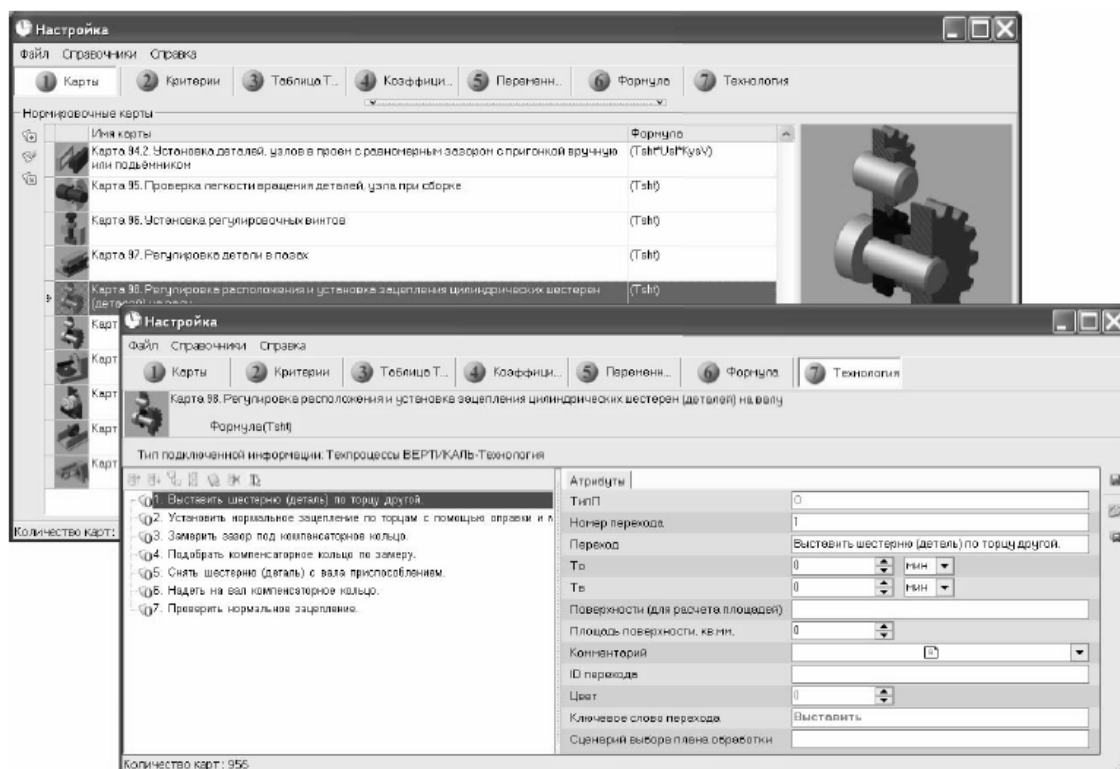


Рис 7.2.18 Приложение Настройка системы трудового нормирования. Подключение переходов текста технологии к нормировочной карте

Указанный подход, основанный на использовании «принципа индуцируемых данных», позволяет значительно сократить время разработки технологического процесса. Кроме того, информация, представленная в типовых фрагментах, будет полезна начинающим технологам — всегда можно посмотреть процесс обработки того или иного элемента детали.

Система предусматривает возможность разработки и подключения пользовательских карт по трудовому нормированию; таблиц поправочных коэффициентов; корректировку формул, определяющих результаты расчета неполного штучного времени.

Система трудового нормирования по укрупненным общемашиностроительным нормативам времени универсальна — расчет времени можно осуществить для любых видов производств, система совместно работает как с ВЕРТИКАЛЬ, так и с любой системой класса ERP/PDM (интеграция осуществляется благодаря API-функционалу и использованию COM-серверных технологий). Система работает под СУБД FireBird, Microsoft SQL Server и Oracle.

Укрупненное нормирование трудоемкости — источник данных для автоматизированной разработки ТП

Помимо КТЭ и традиционных методов разработки техпроцессов с помощью САПР, в системе ВЕРТИКАЛЬ реализован метод автоматизации работы технолога — формирование фрагментов ТП на основе данных укрупненного расчета трудоемкости. Как известно, карты укрупненных нормативов времени (УНВ) содержат достаточное количество априорной информации о нормируемой операции — основные и вспомогательные переходы, данные о применяемой типовой оснастке, приспособлениях и т.д. Теперь вся эта информация подключена к электронным нормировочным картам в виде фрагментов техпроцесса. Приложение Универсальной системы трудового нормирования по укрупненным нормативам времени позволяет оперативно применять такие фрагменты при разработке ТП. Например, если выполнена предварительная оценка трудоемкости с помощью этого приложения, то технолог имеет оперативный доступ к тем фрагментам ТП, которые содержатся в выбранных картах нормирования. В этом случае разработка ТП в основном сводится к простому копированию данных из соответствующих фрагментов в текст технологии (рис. 7.3.19). Указанный подход, основанный на использовании «принципа индуцируемых данных», позволяет значительно сократить время разработки технологического процесса. Кроме того, информация, представленная в типовых фрагментах, будет полезна начинающим технологам — всегда можно посмотреть процесс обработки того или иного элемента детали.

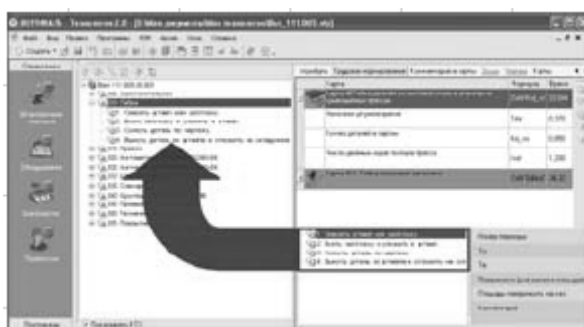


Рис 7.3.19

Система нормирования материалов

Система нормирования материалов предназначена для выбора заготовки детали, автоматизация расчета нормы расхода основного материала.

При расчете заготовки учитываются припуски на обработку, некруглость размеров поставляемого материала и др. нормативы технологических потерь. В зависимости от вида и профиля заготовки пользователю предоставляется возможность выбрать необходимый вид расчета.

Расчет заготовки (МЧ.00.36.00.02)

Исходные данные

Название	Значение	Ед. изм.
Обозначение	МЧ.00.36.00.02	
Наименование	Стопор	
Кол. деталей		
Масса детали	0.1	кг
Марка материала	Сталь 45	
ГОСТ на материал	ГОСТ 1050-88	

Варианты заготовок

..... Заготовка основная

Сортамент

Название	Значение
Сортамент	Круг {г/катаный}
ГОСТ на сортамент	ГОСТ 2590-88
Вид заготовки	Прокат
Профиль заготовки	Круг
Типоразмер	28

Вид расчета

Расчет для проката кратной длины

Параметры расчета

Параметр	Код	Значение	Ед. изм.
Длина заготовки	LZ	60	мм
Плотность материала	PL	7810	кг/куб.м
Диаметр заготовки	DZ	28	мм
Припуск на отрезку	LOTR	4	мм
Кол. деталей	KDET	0	
Масса детали	MDET	0.1	кг

Припуск на отрезку

Отрезка резцом

Второй дополнительный параметр

Нет данных

Результат расчета

Параметр	Код	Значение
Масса заготовки	MZAG	0.289
Норма расхода	NR	0.314
Коэффициент использования материала	KIM	0.318

Расчет

Рис 7.3.20 Система нормирования материалов

Для оптимизации расхода материалов предусмотрена возможность наполнения нескольких вариантов расчета с выбором оптимального. Предыдущие варианты расчетов сохраняются в документе.

Встроенный мастер настройки БД на расчет заготовки обеспечивает ввод пользователем алгоритмов нормирования материалов, используемых на предприятии.

Программный интерфейс обеспечивает интеграцию Системы нормирования материалов с различными системами. В составе комплекса автоматизации конструкторско-технологической подготовке система интегрирована:

- ✓ с корпоративным справочником Материалы и Сортаменты (и Библиотекой Материалов и Сортаментов) для получения необходимых данных по применяемым на предприятии материалам и сортаментам, включая размеры профиля и свойства материала;

- ✓ системой ЛОЦМАН: PLM для формирования технологических ведомостей по расходу материалов, передачи данных в различные системы подготовки, планирования и управления производством класса MRP II\ERP;

- ✓ с системой КОМПАС - Автопроект и САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

7.4 Проектирование технологических процессов в среде PDM – системы

Следования, выполненные фирмой «Bee Pitron», показали возможность проектирования технологических процессов в среде PDM – системы. Практическая реализация САПР ТП была выполнена средствами API PDM-системы SMARTEAM. Предложенный подход обладает следующими достоинствами.

Во – первых, САПР ТП тесно интегрирована с PDM-системой с целью обеспечения работы технолога в среде ЕИП, а также с целью устранения дублирования баз данных по технологическому оборудованию, оснастке и инструменту. Такая интеграция, в частности, достигнута за счет непосредственной реализации функций проектирования ТП в среде PDM-системы средствами API.

Во – вторых, САПР ТП может быть использована на виртуальных предприятиях на основе средств передачи данных по Интернету, которые имеются в составе «SMARTEAM».

В – третьих, благодаря реализованному в PMD SMARTEAM объектно-ориентированному подходу информационная модель ТП не содержит в себе непосредственно тех данных, которые были «взяты» из базы при проектировании ТП (например, наименования операций и переходов, сведения о режущем инструменте, нормативно-справочная информация и др.). Она содержит в себе только ссылки – специальные указатели на местоположение этих данных. Это позволяет исключить ненужное дублирование информации. Любое изменение элемента базы данных (например, наименования приспособления или инструкции по технике безопасности) приводит к тому, что эта информация автоматически «заменяется» во всех разработанных ТП. Тем самым автоматически обеспечивается соответствие информации, содержащейся в ТП, информации различных разделов базы данных

При проектировании ТП в PDM-системе SMARTTEAM используются следующие группы классов:

- Проекты ;
- Технологические процессы ;
- Оборудование ;
- Инструменты и оснастка ;
- Материалы ;
- Нормативно-технологическая документация .

Проектируемый в Smarteam технологический процесс представляется в виде дерева. Элементы дерева располагаются в следующей последовательности (рис. 7.4.1):

- план подготовки производства (ППП);
- «Сумма технологий»;
- процесс «Расцеховки» (Рц);
- этап обработки (Э);
- технологический процесс;
- № операции;
- № перехода;
- контролируемый параметр (П).

Таким образом, для формирования электронной модели ТП вводятся новые обозначения. Под планом подготовки производства (ППП) понимается множество предварительных инструкций, записываемых перед началом описания ТП. «Сумма технологий» представляет собой папку в дереве модели, в которой размещается вся информация о проектируемом ТП. Расцеховочный маршрут описывает последовательность цехов, задействованных при изготовлении изделия. Кроме того, в дереве указывается этап обработки (Э), задающий номер цеха-исполнителя.



Рис. 7.4.1. Проектирование ТП в SMARTTEAM

Далее по дереву последовательно формируется технологический процесс, включающий операции, переходы и контролируемые параметры. Предложенная модель позволяет сохранить привычную структуру технологического процесса, что должно способствовать внедрению АСТПП. В системе Smarteam существует два способа проектирования ТП:

- Проектирование «сквозных» ТП.
- Проектирование ТП по методам обработки.

Под «Сквозным» ТП понимается технологический процесс одного метода обработки. «Проектирование ТП по методам обработки» – это технологический процесс, описывающий все методы обработки, входящие в состав данного ТП.

Для проектирования ТП в АСТПП Smarteam разработан специальный графический интерфейс (рис. 7.4.2), использование которого позволяет:

- обеспечить наглядное представление структуры ТП в соответствии с требованиями стандартов ЕСТД;
- показать оптимальную последовательность описания ТП;
- оперативно использовать накопленный опыт проектирования;

■ упростить и ускорить процесс проектирования за счет повышения эргономичности.

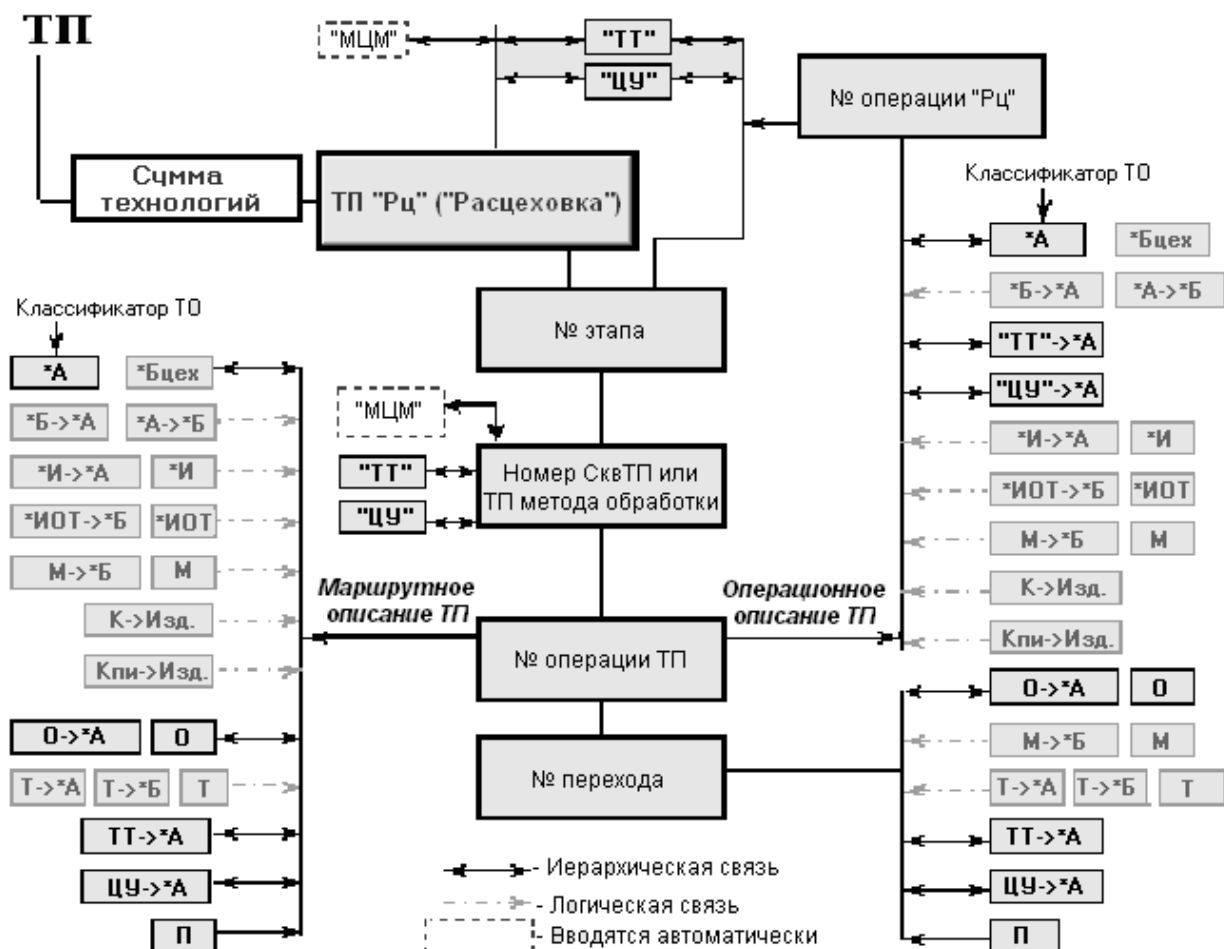


Рис. 7.4.2. Графический интерфейс проектирования технологических процессов в SMARTTEAM

Данный интерфейс определяет последовательность проектирования ТП. Например, если в дереве модели выделен некоторый элемент, то на схеме будут цветом выделены только те этапы проектирования, которые могут быть доступны при описании именно указанного элемента.

Обозначения, использованные для его создания, соответствуют обозначениям, принятым при проектировании ТП на бумажных носителях (табл. 7.4.1).

Обозначения ТП

№ п/п	Коды строк в ТП	Содержание
1	*А	Наименование операции
2	МЕ	Мероприятие по плану подготовки производства
3	“МЦМ”	Межцеховой маршрут
4	О	Содержание операции или перехода
5	П01-Пnn	Контролируемый параметр (размер)
6	ТТ	Техническое требование
7	ЦУ	Примечание
8	*Б	Оборудование
9	*И	Инструкция или другая НТД
10	*ИОТ	Инструкция по охране труда и ТБ
11	М	Материал заготовки или материал технологический
12	Тпр	Приспособление
13	ТпрВ	Инструмент вспомогательный к приспособлению
14	Три	Инструмент режущий
15	ТриВ	Инструмент вспомогательный к режущему
16	Тси	Средства измерения
17	ТсиВ	Инструмент вспомогательный к средствам измерения
18	Тслес	Инструмент слесарно-монтажный
19	Тспец	Инструмент специальный
20	Ттара	Специальная тара
21	Туп	Управляющая программа (станком)

Информация элементов электронной модели ТП разделена на две части: постоянную и переменную. К постоянной информации относится описание объекта, а к переменной – принимаемые элементом значения.

Для разработки ТП на некоторое изделие необходимо выполнить следующие действия. В самом общем случае на первом этапе необходимо создать новый проект в группе классов «*Проекты*». Затем выбрать изделие, входящее в данный проект, для которого требуется разработать технологический процесс. На его электронном паспорте имеется клавиша вызова программы «Передачи данных в ТП». При ее активации в группе классов «Технологические процессы» автоматически создаются следующие объекты в логической связи с изделием:

- папка «Сумма технологий с обозначением проекта»;
- «Расцеховка».

Далее с использованием графического интерфейса производится формирование ТП. Например, для создания операции необходимо указать элемент схемы «№ операции», для перехода – «№ перехода» и т.д. Технологические процессы по различным видам обработки для одного изделия в АСТПП Smarteam могут разрабатываться параллельно несколькими технологами.

Вся необходимая текстовая и текстово-графическая технологическая документация формируется автоматически на основании электронной модели ТП. Для генерации технологической документации в разделе «Сформировать технологические документы» необходимо выбрать элемент с обозначением создаваемого документа.

Технологическая документация на изделия в Smarteam формируется в формате Excel, на следующем рисунке представлен элемент сгенерированной операционной карты.

01У	А. Установить изделие в рабочую зону		
02	Подрезать торец, выдерживая размеры		
П>ТСИ	L56-0,74(п01)>>ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89		
Три	2102-4005 T15K6		
Р	Рр (ПИ=1) (D=40мм) (L=215мм) (t=1,5) (i=1) (S=0,2мм/об) (n=315об/мин) (v=38м/мин)		
03	Точить поверхность, выдерживая размеры		
П>ТСИ	D75-0,46(п02)>>ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89		
Три	2102-4005 T15K6		
04	Сверлить отверстие, выдерживая размеры		
П>ТСИ	№3>>ТМ8133-4074h11; №4>>ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90		
Три	Сверло Ф8		
05	Притупить острые кромки в пределах 0,1...0,4мм радиусом или фаской		
Три	2102-4005 T15K6		
06У	Б. Переустановить изделие		

Рис.7.4.3. Операционная карта, сгенерированная в системе АСТПП Smarteam.

Предложенный метод проектирования технологической документации учитывает необходимость выполнения ТПП изделий в единой интегрированной информационной среде предприятия. Разработка технологических процессов непосредственно средствами PDM-системы позволяет избежать излишнего дублирования информации. Традиционно АСТПП создаются в виде самостоятельных систем, интегрированных с PDM по принципу импорта-экспорта. Использование такого подхода часто приводит к дублированию нормативно-справочной информации. При этом возникает проблема поддержания их актуальности (синхронизации БД).

Таким образом, рассмотренная САПР ТП представляет собой современный подход к созданию подсистем АСТПП, интегрированных между собой на основе единого информационного пространства и функционирующих в среде виртуальных предприятий.

7.5 Учебная система «ТИС-Процесс»

Как было показано в разделе 8.1 система "ТИС- **Процесс**" – это учебная САПР ТП, разработанная в СПбГУ ИТМО на кафедре технологии приборостроения и предназначенная для отработки новых подходов к разработке САПР, на базе которых возможно создание САПР технологических процессов нового поколения.

В настоящее время на кафедре технологии приборостроения существует несколько версий системы «ТИС - Процесс», входящих как составная часть в «Технологическую Информационную Систему».

Новое поколение «ТИС - Процесс» создается как открытая система для выполнения учебно-исследовательских работ при изучении основ разработки современных САПР ТП. Создание САПР ТП нового поколения ведется на базе комплекса требований, отражающих современный подход к созданию сложных информационных систем. Рассмотрим кратко основные требования.

Общесистемные требования. Проектирование САПР ТП должно вестись исходя из общей методологии создания АСТПП. Эта методология основана на концепции ИПИ/CALS и предполагает использование в АСТПП современных информационных технологий. Информационные технологии (ИТ) применительно к САПР ТП дают возможность:

- применить PDM - систему для управления процессом выполнения технологического проекта и отслеживания жизненного цикла изделия на стадии технологического проекта;
- образовать единое информационное пространство ТПП и обеспечить эффективное взаимодействие исполнителей технологического проекта;
- организовать взаимодействие САПР ТП с CAD/CAM системами;
- применить различные методы и средства, позволяющие быстро адаптировать САПР ТП к изменившимся производственным условиям.

Исходя из указанных требований для управления процессом проектирования в системе «ТИС - Процесс» используется PDM система «SMARTEAM». Организация единого информационного пространства и

интегрированная база данных и знаний реализованы на основе электронного архива, входящего в «SMARTEAM». Средства адаптации в ТИС - Процесс» основаны на использовании табличных алгоритмах и табличных процессорах.

Требования к САПР ТП как программному продукту исходят из тенденции к виртуализации ТПП. Технологическая подготовка производства изделия есть часть его жизненного цикла, при этом часть функций ТПП в современных условиях также может быть передана на аутсорсинг. Принцип аутсорсинга: «оставляю себе только то, что могу делать лучше других, передаю внешнему исполнителю то, что он делает лучше других» с одной стороны позволяет снизить издержки и повысить качество ТПП, а с другой стороны требует организации единого информационного пространства и организации ТПП на основе PLM решений. В условиях «виртуальной» ТПП возникает необходимость в создании автоматизированных подсистем ТПП, обеспечивающих возможность совместной работы не только различных подразделений одного предприятия, но и различных предприятий, осуществляющих совместный проект или входящих в состав виртуального предприятия.

На сегодняшний день организация доступа к приложениям, решающим технологические задачи, должна быть основана на технологии web-сервисов, которая считается одной из наиболее перспективных и универсальных технологий для удаленной работы с программным обеспечением. Web-сервис – это программная компонента, доступная через глобальную (или локальную) вычислительную сеть и не привязанная к каким-либо конкретным языкам программирования или операционным системам. Web-сервис использует стандартизированную систему обмена сообщениями, в которой применяется расширяемый язык разметки XML. Технология web-сервисов основана на создании гибких платформонезависимых решений, позволяющих значительно снизить затраты на внедрение и общую стоимость владения программным обеспечением.

Web интерфейс работает медленнее обычного приложения, реализующего те же функции, однако, его применение не требует затрат на настройку и поддержку конечных рабочих мест пользователя. Обращение к модулям САПР ТП выполняется с помощью интернет-браузера с любого рабочего места пользователя. Такой подход значительно сокращает конечную стоимость владения программным обеспечением, и решает задачи развертывания системы на удаленных площадках.

Наличие удаленного доступа дает возможность использования методологии «программное обеспечение в качестве услуги» (Software as a Service – SaaS). На основе SaaS разработаны, например, такие программные продукты Microsoft как SharePoint, Exchange, Project и ряд других систем.

В нашем случае САПР ТП размещается на сервере разработчика и сдается в аренду. Арендатору не требуется развертывание системы, что примерно на 80% снижает затраты на ее приобретение. Новые версии САПР ТП немедленно становятся доступны всем использующим её арендаторам. Адаптация системы к проблемной среде заключается в настройке потоков заданий и документооборота, форм и извещений для учета особенностей предприятия-арендатора. Кроме того, необходимо сформировать базы данных, при этом могут быть использованы типовые базы, например, со стандартизованным режущим и измерительным инструментом. В базу данных могут так же закладываться хранимые процедуры, учитывающие специфику обработки данных баз данных «виртуального» предприятия.

Исходя из сказанного, программирование системы «ТИС - Процесс», выполнено на базе Web - технологий, при этом программные компоненты разрабатываются как Web - приложения, реализующие функции указанной системы. Основное ядро и компоненты «ТИС - Процесс» организованы как Web-сервис. В качестве средств разработки используется Microsoft Visual Studio® 2005 и Microsoft ASP.NET 2.0. Для организации и обслуживания баз данных - Microsoft SQL Server 2005.

Информационные требования. Основным информационным требованием к САПР ТП нового поколения является включение САПР ТП в единое информационное пространство ТПП. Это предполагает информационную совместимость САПР ТП с подсистемам ТПП и хранение файлов с результатами технологического проектирования в электронном архиве.

Для информационной совместимости в системе «ТИС - Процесс» используется язык XML. Более подробно этот язык рассмотрен в разделах, посвященных моделированию технологических процессов.

Единое информационное пространство позволяет реализовать принцип неизменности нахождения информационного объекта. Документ любого вида находится в электронном архиве PDM – системы на всех стадиях его создания и согласования, что дает возможность быстрого и авторизованного доступа к документу. Возможность распараллеливания выполняемых над документом работ является важным достоинством электронного архива, позволяющим сокращать сроки ТПП изделий. Следовательно, любая документация, необходимая для функционирования САПР ТП (например, файлы с 3D моделями деталей и чертежами деталей из различных CAD систем) или документация, сформированная в процессе технологического проектирования (3D модели операционных заготовок, технологические карты, управляющие программы для технологического оборудования с ЧПУ и т. д.), должна быть занесена в электронный архив независимо от уровня автоматизации, принятого в САПР ТП.

Например, в PDM – системе SMARTTEAM просмотр комплекта технологических карт, сформированных в системе «ТИС - Процесс», может выполняться одновременно всеми подразделениями ТПП, которые должны его утвердить или использовать.

Составной частью электронного архива является интегрированная база данных и знаний. Для успешного функционирования интегрированная база должна включать в себя базы данных технологического назначения

(технологическое оснащение, припуски, режимы резания и т. д.), графические библиотеки с технологической оснасткой, государственные и отраслевые стандарты, применяемые в ТПП и т.п. Интегрированная база данных может быть распределенной и для работы с такой базой необходимо использовать коммуникационные технологии для обмена информацией по Интернету. Для удовлетворения этих требований в составе ТИС разработана система «ТИС-Поиск», представляющая собой информационно-поисковую систему технологического назначения, программное ядро которой оформлено как web-сервис. «ТИС-Поиск» используется при проектировании ТП с помощью системы «ТИС - Процесс». В «ТИС-Поиск» в качестве СУБД была выбрана серверная СУБД корпорации Microsoft SQL Server 2005, так как эта СУБД имеет встроенную поддержку реляционных и XML данных, включая XQuery. XQuery, является развитым языком, который оптимизирован для запросов ко всем типам XML данных. Поддержка существующих и развивающихся стандартов, таких как Simple Object Access Protocol (SOAP), Schema definition language (XSD) также делает этот программный продукт весьма удобным для реализации системы «ТИС-Поиск». Кроме того, SQL Server 2005 является востребованной системой управления базами данных и зачастую уже имеется на предприятиях приборо- и машиностроения, отдавшим предпочтение продукции компании Microsoft.

Методические и организационные требования. Создаваемая САПР ТП должна быть достаточно универсальной, следовательно, в ней должны быть заложены как метод синтеза, так и метод адресации к унифицированным ТП. Система должна быть расширяемой и допускать последовательное наращивание своих функций и повышение уровня автоматизации САПР ТП. Необходимо предусмотреть возможность работы в автономной режиме. Применительно к системе «ТИС - Процесс» автономный режим позволяет не только выполнять отладку отдельных модулей системы, но и проводить

исследование и расширение системы при выполнении НИРС, курсовых и дипломных проектов.

Методика проектирования

САПР ТП функционируют во взаимодействии с окружающими их системами в соответствии с заданной методикой проектирования. Поэтому рассмотрим методику проектирования ТП, принятую для системы «ТИС - Процесс».

Одной из важнейших задач, связанных с проектированием технологических процессов является проектирование операционных заготовок (ОЗ). Автоматизированное проектирование ОЗ является сложной задачей, решение которой, на наш взгляд, может быть достигнуто лишь в рамках методики, основанной на обратном проектировании технологических процессов. Кроме того, автоматизация проектирования ОЗ должна основываться на использовании САД-системы, с помощью которой создается 3D-модель операционной заготовки. На базе 3D-модели формируется 2D модель, которая дорабатывается до операционного эскиза для заданной операции. В операционном эскизе необходимо фиксировать операционные размеры (ОР), которые будут выдерживаться при выполнении операции. Системы автоматизированного расчета операционных размеров (САПР ОР) позволяют определить номинальную величину и точность выдерживаемых ОР и основаны на составлении технологических размерных цепей, у которых замыкающим звеном является конструкторский размер или припуск, а составляющими звеньями являются операционные размеры. САПР ОР может быть применена лишь тогда, когда сформированы операционные эскизы для всех операционных заготовок и в них выполнена простановка технологических баз и операционных размеров. Результаты расчетов используются при проектировании переходов и для окончательного оформления операционных эскизов. Организация взаимодействия между САПР ТП, САД и САПР ОР может быть выражена в виде общей схемы технологического проектирования, названной нами «схемой обратного

двухпроходного проектирования технологических процессов» (рис. 7.5.1).

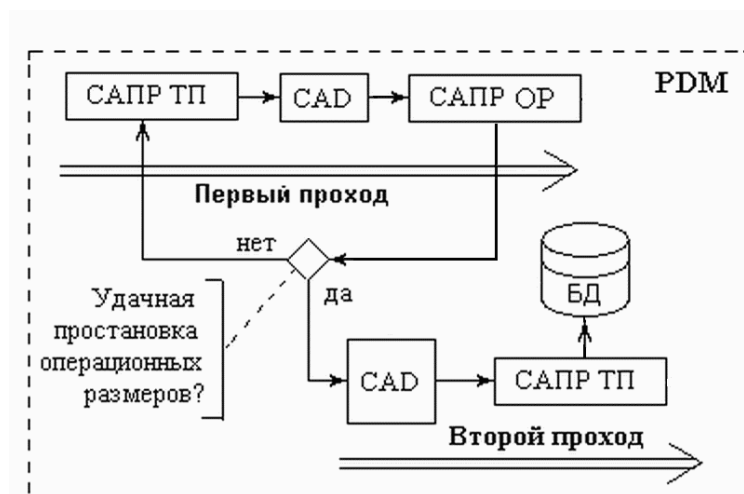


Рис.7.5.1.Схема обратного двухпроходного проектирования технологических процессов

Первый проход заключается в проектировании маршрутной технологии с помощью САПР ТП. Проектирование операций выполняется, начиная от последней операции и кончая первой. Далее для каждой операции помощью CAD проектируется 3D-модель операционной заготовки путем наращивания материала на соответствующие поверхности 3D-модели детали и формируется предварительная 2D-модель операционного эскиза, в которой проставлены базы и показана лишь простановка операционных размеров.

После завершения формирования 3D- и 2D-моделей по всем операциям с помощью САПР ОР производится расчет операционных размеров. Если расчет ОР закончился неудачно, то выполняется повторное проектирование маршрутной технологии (заново выбираются технологические базы, меняется состав операций и т. д.).

Второй проход заключается в окончательном формировании с помощью CAD-системы операционных эскизов. Для этого в 2D-модели вместо буквенного обозначения проставляются в рассчитанные в САПР ОР номинальная величина и точность для каждого ОР. Далее с помощью САПР ТП выполняется проектирование переходов. Информация, полученная в САПР ОР, используется для формирования содержания переходов и назначения режущих и измерительных инструментов. Как видно из рисунка

7.5.1 САПР ТП и CAD-система используются дважды, поэтому процесс проектирования является **двухпроходным**. Для организации эффективного взаимодействия указанных систем используется PDM-система. Экспериментальное исследование рассмотренной методики проводилось на основе использовании следующих систем: САПР ТП – система «ТИС - Процесс», САПР ОР - система «ТИС-Цепь», CAD – система «CATIA», PDM - система «SMARTEAM».

Архитектура системы

Система «ТИС - Процесс» в программном отношении построена как система с сервис-ориентированной архитектурой (Service-Oriented Architecture или SOA), имеющая доступ к удаленной базе данных и знаний технологического назначения. Поэтому система имеет трех уровневую архитектуру, показанную на рисунке 7.5.2.

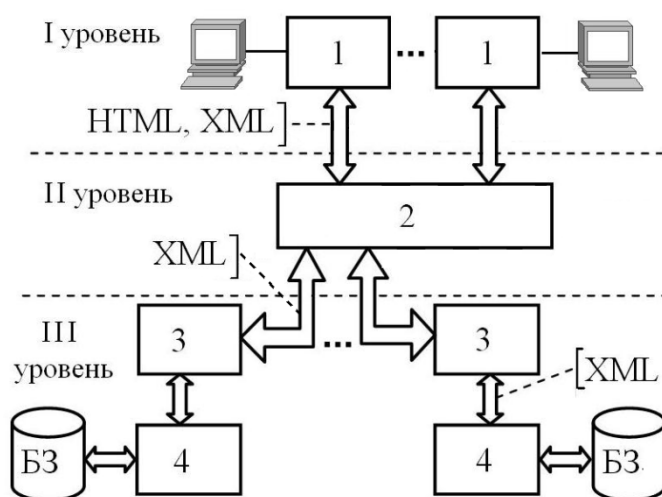


Рис.7.5.2. Структура модуля расчета режимов резания.

Обозначения: 1 - интерфейс; 2 - web-сервис «Работа с ТП»;

3 - web-сервис «Работа с БД и БЗ»; 4 - СУБД; БЗ – база данных и знаний.

Первый уровень – это графический интерфейс пользователя. На этом уровне пользователь с помощью Web-браузера загружает необходимые HTML – странички, с помощью которых выполняется проектирование ТП.

Второй уровень – это уровень, обычно называемый уровнем «бизнес-логики», содержит web-сервис «Работа с ТП». Этот web-сервис выполняет следующие задачи:

- получает задание от первого уровня и занимается его выполнением;
- вырабатывает задание для третьего уровня и получает результаты обработки данных с третьего уровня;
- передает результаты обработки данных на первый уровень.

На **третьем уровне** web-сервис «Работа с БЗ» взаимодействует с СУБД при выполнении следующих задач:

- ❖ Получение от web-сервиса «Работа с ТП» SQL-запроса на получение нужной информации и передача его СУБД;
- ❖ Получение от СУБД найденной информации и передача её web-сервису «Работа с ТП»;

Как было указано выше, в качестве СУБД была выбрана серверная СУБД корпорации Microsoft SQL Server 2005, так как эта СУБД имеет встроенную поддержку реляционных и XML данных, включая XQuery.

Для обмена сообщений между уровнями выбран транспортный протокол SOAP (Simple Object Access Protocol), предназначенный для организации взаимодействия удаленных приложений при помощи асинхронного обмена XML-документами. Выбор SOAP обусловлен тем, что технология SOAP реализуется значительно проще, чем такие технологии как CORBA или DCOM. Благодаря использованию XML, сообщения SOAP могут передаваться посредством транспортного протокола HTTP, как правило, не закрываемого сетевыми экранами. Кроме того, протокол SOAP обеспечивает взаимодействие распределенных систем независимо от типа объектной модели, операционной системы или языка программирования. Для обслуживания разных подразделений и учета их специфики может быть создано несколько удаленных баз знаний со своими СУБД и web-сервисом «Работа с БЗ». Поэтому, на втором уровне в рамках SOAP создается спецификация UDDI, предназначенная для поиска веб-сервисов в реестре UDDI. Механизм обмена сообщениями определяется в описании сервисов на WSDL, которое включает форматы сообщений, типы данных, транспортные

протоколы и способы сериализации, используемые при обмене между уровнями.

Система «ТИС - Процесс» всегда может быть запущена для работы с помощью Web-браузера из любого территориально удаленного предприятия. Так как любой пользователь может зайти на сайт системы, то она снабжена блоком регистрации пользователей и проверки их прав доступа к системе.

Моделирование технологического процесса

Для хранения информации о технологических процессах на кафедре ТПС была разработана система Т-95. Эта система предназначена для моделирования технологических процессов (единичных, типовых и групповых) в основном для механической обработки деталей. С помощью системы получают модель технологического процесса, которую будем называть параметрической моделью технологического процесса (ПМТП). Модель ТП вводится в базу знаний и используется для автоматизированного решения технологических задач. Технологические карты, хранимые в базе данных как текстовые файлы, будем называть текстовыми моделями ТП. Достоинствами параметрической модели являются:

- независимость модели от форм технологических документов;
- на порядок меньший объем информации по сравнению с текстовой моделью ТП;
- простота и удобство редактирования модели;
- возможность вывода любых технологических карт, принятых на конкретном предприятии;
- возможность поэтапного моделирования ТП.

Структура технологического процесса является сложной, динамичной и может быть выражена в виде трехуровневой структуры (рис. 7.5.3). Выделены три уровня моделирования ТП: уровень маршрута, уровень операций, уровень переходов. Уровень рабочих и вспомогательных ходов не рассматривается. Каждый уровень характеризуется множеством допустимых

для уровня параметров. Однако для конкретного ТП может использоваться лишь часть этих параметров.

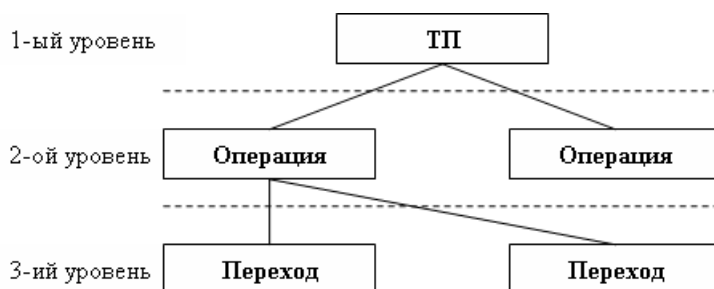


Рис. 7.5.3. Иерархическая структура ТП

В процессе проектирования ТП эта структура последовательно модифицируется: в процесс добавляются новые операции, а в операции - новые переходы. При нормировании процесса в операцию добавляют нормы времени, а в переходы – инструмент и режимы резания. В процессе утверждения ТП может существенно измениться как по составу, так и по содержанию параметров.

Методика моделирования ТП основана на поэтапном моделировании ТП в соответствии с методикой двухпроходного обратного проектирования технологических процессов. На первом этапе выполняется моделирование, отражающее лишь маршрутную технологию, при этом модель ТП содержит лишь модель маршрута, содержащую перечень выполняемых операций и модели этих операций. Последовательность выполнения операций фиксируется путем их нумерации.

На втором этапе модель маршрута дополняется списками переходов, выполняемых на операциях, и дополняется моделями этих переходов. На третьем этапе модель ТП дополняется моделями операционных эскизов и моделями управляющих программ. Модель ТП на любом уровне детализации может быть создана с любой заданной степенью полноты описания. Для этого в модель заносят лишь те параметры, которые необходимы для решаемой задачи или класса задач. Если появятся новые задачи, требующие

новых параметров, производится дополнение моделей, хранимых в базе данных.

Таким образом, технологические процессы – это сложные объекты, отличающиеся друг от друга структурой и динамически меняющиеся во времени. На наш взгляд, такие сложные объекты наиболее целесообразно выражать в виде фреймовой формы представления знаний

Для этого модель ТП разделяется на структурные единицы, называемые **фреймами**. В свою очередь фреймы содержит заголовок и тело фрейма. Заголовок содержит обозначение, называемое меткой (короткое алфавитное слово), и название, которое может быть полным или сокращенным.

Тело фрейма содержит **слоты**, каждый из которых обычно выражает какой либо параметр ТП и содержит: полное обозначение, краткое обозначение (имя), отношение и значение параметра. При моделировании единичных ТП обычно используется отношение "равно", означающее, что параметр с заданным именем имеет какое-либо значение. Для унифицированных (групповых и типовых) ТП могут использоваться отношения порядка ("больше", "меньше", "больше или равно", "меньше или равно", "не равно"). В качестве значения могут быть целые или действительные числа, а также длинные алфавитные слова.

Модель ТП выражается на входном языке, выраженном в табличном виде. Табличная форма записи используется системой для диалогового ввода и редактирования модели технологического процесса (смотри таблицу 7.5.1).

Таблица 7.5.1

Форма табличной записи фрейма

метка	полное название фрейма		
полное обозначение слота	имя	отношение	значение

В шапке таблицы записывается метка и наименование фрейма. В первой колонке записывается наименование параметра, во второй обозначение параметров, в третьей - обозначение отношения, в четвертой - значение

параметра. Перечень возможных отношений и их обозначения приведены в таблице 7.5.2.

Таблица 7.5.2

Отношения и их обозначения

Отноше- ние	Обозна- чение	Отноше- ние	Обозна- чение	Отноше- ние	Обозна- чение
равно	=	меньше	<	интерва л	bet
больше	>	меньше или равно	<=	список	in
больше или равно	>=	не равно	# или != или ≠		

Лексика входного языка представляет собой словарный состав языка, зафиксированный в словаре параметров системы Т-95. Словарь хранится в базе данных. Наличие словаря позволяет организовать синтаксический и лексический контроль при вводе модели ТП в базу данных. В словаре, за каждым параметром закреплены его атрибуты: тип, размерность, номер классификатора для значений параметра (если это нужно) и ряд других атрибутов. Словарь помещен в базу данных "Образцы, Классификаторы и Словарь" (БОКС). Наличие словаря позволяет раскрыть и семантику применяемых параметров, так как в словаре за каждым параметром закреплено его полное наименование.

Под семантикой входного языка понимается смысловая сторона языковых единиц, которая определяется понятиями, принятыми при проектировании технологических процессов. В семантическом плане технологический процесс рассматривается как система, обладающая общими характеристиками, и состоящая из операций, между которыми установлено

отношение следования: за i -ой операцией следует (выполняется) j -ая операция. В свою очередь, операция рассматривается как система, обладающая общими характеристиками, и состоящая из переходов, между которыми установлено отношение следования: за i - ым переходом следует (выполняется) j - ый переход.

В соответствии со сказанным описание ТП разбито на следующие фреймы:

- описание общих характеристик (фрейм ОБЩ);
- описание титульного листа (фрейм ТИТЛ);
- описание материала и заготовки (фрейм ЗАГОТ);
- описание структуры процесса (фрейм МАРШ);
- описание общих характеристик операции (фрейм ОПЕР);
- описание структуры операции (фрейм СОСТ);
- описание общих характеристик перехода (фрейм ПЕРЕХ).

В качестве примера, ниже приведена таблица 7.5.3. содержащая параметры фрейма ЗАГОТ.

Таблица 7.5.3

Параметры фрейма **ЗАГОТ** (Заготовка)

Наименование		Обозначение
Марка материала		МАРК
ГОСТ на материал		ГМ
Код группы материала		КОД
Масса детали, кг		МАС
Наименование заготовки		НАИМ
Код вида заготовки		ВИД
Наименование профиля		ПРОФ
Код профиля		КОДП
	длина, мм	L
	ширина, мм	B

Размеры	диаметр, мм	D
	высота, мм	H
	внутренний диаметр отверстия трубы, мм*	ДОТ
Кол-во деталей из заготовки		КОЛ
Масса заготовки, кг		МЗАГ
Коэффициент использования материала для данной заготовки, %		ИСП
Норма расхода материала на деталь, кг		РАСХ
Обозначение сортамента по стандарту предприятия		СТ

Необходимо отметить, что заполняются значениями лишь те параметры, которые необходимы для заданной заготовки. Не заполненные параметры в параметрическую модель ТП не войдут и не будут храниться в электронном архиве. Фреймовые шаблоны – это пустые фреймы, содержащие все параметры заданного фрейма, без их значений. При проектировании ТП шаблон для заданного фрейма выводится на экран монитора и значения параметров шаблона заполняются из параметрической модели ТП. Таким образом, при редактировании появляется возможность заполнять одни параметры и удалять значения других параметров.

Так как параметрическая модель ТП является иерархической, то её можно графически выразить в виде дерева фреймов, как показано на рис. 7.5.4.

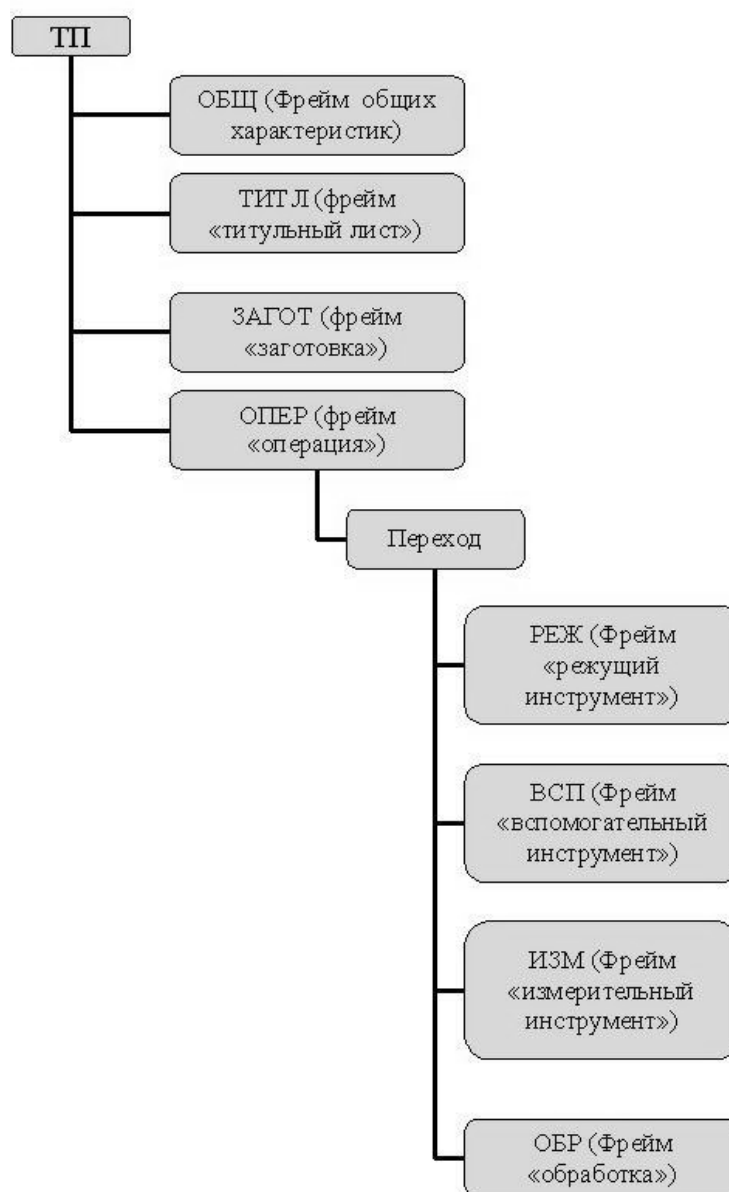


Рис. 7.5.4. Модель ТП как дерево фреймов.

Применение языка XML для хранения модели ТП

В процессе ввода модели ТП система выполняет преобразование модели с внешнего на внутренний язык. В базе данных модель хранится на внутреннем языке. Одним из главных требования к внутреннему языку - это его простота, что выполнить достаточно сложно, так как модель ТП - сложный, иерархический по структуре объект. Другое требование - это удобство извлечения информации при обмене информацией с подсистемами АСТПП, а также с АСУ предприятия.

На наш взгляд, наиболее подходящим внутренним языком для модели ТП является язык XML (*Extensible Markup Language*). Это язык разметки,

позволяет описывать классы объектов данных, называемых XML-документами.

Выделим круг задач, связанных с созданием и обработкой структурированной информации, для решения которых может использоваться XML:

- Разработка сложных подсистем ТПП, с большим количеством приложений, связанных потоками информации самой различной структуры. XML - документы служат универсальным форматом для обмена информацией как между отдельными подсистемами ТПП, так и их внешним окружением.

- XML может стать базовым стандартом для новых языков описания объектов ТПП, основанных на пространстве имен ТПП и позволяющих упростить многие проблемы в Web, связанные с поиском нужной информации и созданием электронных архивов для ТПП. XML-документы могут использоваться в качестве промежуточного формата данных в трехзвенных системах при поиске информации в удаленных базах данных технологического назначения с помощью языка запросов XQuery

- Информация, содержащаяся в XML-документах, может изменяться, передаваться на машину клиента и обновляться по частям. Разрабатываемые спецификации XLink и Xpointer позволяют ссылаться на отдельные элементы документа, с учетом их вложенности и значений атрибутов.

- XML позволяет также осуществлять контроль за корректностью данных, хранящихся в документах, производить проверки иерархических соотношений внутри документа и устанавливать единый стандарт на структуру документов, содержимым которых могут быть самые различные данные.

- Одним из достоинств XML является то, что программы-обработчики XML- документов не сложны и уже сегодня появились и свободно распространяются всевозможные программные продукты, предназначенные

для работы с XML-документами. XML поддерживается большинством браузеров и СУБД, а так же в приложениях Microsoft Office и т. д.

Вышеперечисленные преимущества во многом объясняют целесообразность использования XML в качестве формата хранения данных для модели ТП.

Модель ТП как XML - документ

Проведенный анализ показал, что система, разработанная Д. Куликовым для описания технологических процессов (система Т-95) и основанная на фреймовом представлении параметрической модели ТП, может быть доработана для записи ТП в виде XML документа. Использование XML-модели для создания параметрической модели ТП дает возможность удобным способом выражать технологический процесс, как сложный и динамический объект.

XML документ, полученный на основе новой версии Т-95, заносится в электронный архив с использованием web-сервисов как было показано выше. Использование XML в качестве средства передачи данных позволяет интегрировать «ТИС - Процесс» с другими подсистемами ТПП и АСУ предприятия. При необходимости, полученные при помощи САПР ТП и выраженные в XML данные, могут быть преобразованы в специфические для других систем форматы данных и переданы на обработку. В системе «ТИС - Процесс» имеется модуль преобразования XML документа с моделью технологического процесса в текстовые файлы, содержащие комплект технологически карт.

Разработка XML документа достаточно проста и требует лишь базовых знаний HTML и понимания тех задач, которые необходимо выполнить, используя XML в качестве языка разметки. В первую очередь необходимо построить структуру документа и задать связи между элементами. Далее определяются теги, которые необходимы для выполнения операций просмотра, поиска, анализа документа.

Рассмотрим структуру разработанного XML-документа:

```

<?xml version="1.0" encoding="windows-1251"?>
<TABLE>
<par>
<lev1>...</lev1> <!-- Вид фрейма -->
<lev2>...</lev2> <!-- Номер операции -->
<lev3>...</lev3> <!-- Номер перехода -->
<name>...</name> <!-- Наименование параметра -->
<oboz>...</oboz> <!-- Обозначение параметра -->
<otn>...</otn> <!-- Отношение -->
<vel>...</vel> <!-- Значение параметра -->
<razm>...</razm> <!-- Размерность -->
<kl>...</kl> <!-- Классификатор -->
</par>
...
</TABLE>

```

Каждый тэг <par>...</par>, названный блок-параметром, описывает некоторый параметр и включает в себя трехуровневый идентификатор и шесть атрибутов параметра. Таким образом, XML документ представляет собой множество блок-параметров и не имеет иерархической структуры, присущей параметрической модели ТП! Иерархия модели фиксируется с помощью идентификаторов параметров.

Первый уровень иерархии (теги <lev1>...</lev1>) является структурным. По коду структурного уровня можно судить о информации находящейся в восьми оставшихся тэгах.

Второй уровень (теги <lev2>...</lev2>) несет информацию о номере операции.

Третий уровень (<lev3></lev3>) несет информацию о номере перехода

Значения для тегов идентификаторов блок-параметров приведены в таблице 7.5.4.

Таблица 7.5.4

Значения для тегов идентификаторов блок-параметров

1 уровень	2 уровень	3 уровень	Фрейм	Название или блок-параметры фрейма
<lev1>-1</lev1>			ОБЩ	Название фрейма
<lev1>1</lev1>			ОБЩ	блок-параметры
<lev1>-2</lev1>			ТИТЛ	Название фрейма
<lev1>2</lev1>			ТИТЛ	блок-параметры
<lev1>-3</lev1>			ЗАГОТ	Название фрейма
<lev1>3</lev1>			ЗАГОТ	блок-параметры
<lev1>-4</lev1>			ОПЕР	Название фрейма
<lev1>4</lev1>	<lev2> <i>i</i> </lev2> <i>i –номер операции</i>		ОПЕР	блок-параметры для i-ой операции
<lev1>-5</lev1>			ПЕРЕХ	Название фрейма
<lev1>5</lev1>	<lev2> <i>i</i> </lev2> <i>i –номер операции</i>	<lev3> <i>j</i> </lev3> > <i>j –номер перехода</i>	ПЕРЕХ	блок-параметры для j-го перехода

В качестве примера рассмотрим блок-параметр для параметра «масса детали», входящий во фрейм ЗАГОТ:

<par>

<lev1>**3**</lev1>

```

<name>Масса детали</name>
<oboz>М</oboz>
<otn>=</otn>
<vel> 1.25</vel>
<razm>кг</razm>
</par>

```

Другой пример: для параметра «группа материала», входящего во фрейм ЗАГОТ, при вводе необходимо использовать классификатор 04 «Группы материалов»:

```

<par>
<lev1>3</lev1>
<name>Группа материала</name>
<oboz>ГРУППА</oboz>
<otn>=</otn>
<vel>Магниевого сплавы</vel>
<kl>04</kl>
</par>

```

Структура XML документа разработана таким образом, чтобы XML документ можно было легко преобразовать в реляционный вид для хранения в реляционной базе данных. Для этого XML документ выражается в виде набора данных, в котором каждый блок-параметр выражен в виде записи, которая включает в себя три поля для идентификаторов и шесть полей с атрибутами параметра. Пример записи ранее рассмотренных параметров «масса детали» и «группа» приведен в таблице 7.5.5.

Таблица 7.5.5

Реляционное представление блок-параметра

lev1	lev2	lev2	name	oboz	otn	vel	razm	kl
3	0	0	Масса детали	М	=	1.25	кг	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...

3	0	0	Группа материала	ГМ	=	Магние- вые сплавы		4
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Для сокращения объема хранимой информации модель ТП может быть свернута. Для этого используется словарь, в котором для каждого параметра записываются его атрибуты. Структура словаря приведена в таблице 7.5.6. Для рассмотренных выше параметров их атрибуты приведены в таблице 7.5.7.

Таблица 7.5.6

Структура словаря

Название атрибута	Поле	Тип	Примечание
Системное обозначение параметра	P2	N(5)	Наиболее важный атрибут параметра, т.к. он является системным обозначением параметра в свертке фрейма.
Обозначение параметра	Name	C(8)	Сокращенное наименование параметра
Тип параметра	Tip	C(1)	Тип данных, закрепленный за параметром Приняты обозначения: N - целый тип; C - текстовый тип; F - действительный тип.
Длина значения параметра	Wid	N(2)	Длина значения параметра в байтах
Кол-во знаков после запятой	Dec	C(3)	Количество знаков после запятой для параметров действительного типа.
Размерность параметра	Razm	C(3)	Сокращённое обозначение

			размерности, закрепленной за этим параметром
Наименование параметра	Naim	C(35)	Полное наименование параметра
Номер классификатора	Class	N(3)	Номер классификатора, применяемого для кодирования значения параметра.
Количество уровней у классификатора	Lev	N(1)	

Таблица 7.5.7

P	Name	Tip	Wid	Dec	Razm	Naim	Class	Lev
P79	М	F	8	3	кг	Масса детали		
...	...	...	...	...	...	...		
P76	Группа	C	16	0		Группа материала	4	1
...	...	...	...	...	...	...		

При свертке фрейма из каждого блок-параметра выбрасываются теги <name>...</name>, <oboz>...</oboz>, <razm>...</razm>, <kl>...</kl>. в место них вставляется тег <syst>**системный номер параметра**</syst>

Для рассмотренных выше параметров их свертку можно записать в следующем виде.

Для параметра «Масса детали»:

<par>

<lev1>**3**</lev1> <syst> P79</syst> <otn>=</otn> <vel>1.25</vel>

</par>

Для параметра «Группа материала»:

<par>

`<lev1>3</lev1> <syst> P76</syst> <otn>=</otn> <vel> Магние
сплавы </vel>`

`</par>`

Свернутые параметры при реляционном представлении фрейма показаны в таблице 7.5.8.

Таблица 7.5.8

lev1	lev2	lev2	syst	otn	vel
3	0	0	P79	=	1.25
...	...	...	...	...	...
3	0	0	P76	=	Магние сплавы

Таким образом, при свертке параметров достигается значительное сокращение хранимой информации, однако требуются дополнительные действия, связанные со сверткой и разверткой параметров.

Выражение модели ТП в виде XML - документа позволяет достаточно простыми способами выполнять фильтрацию данных и выделять нужные части при формировании web-страницы на машине клиента. Для этого используется язык XSL и специально разработанные скрипты на JavaScript и VBA. Открытость внутренней структуры ТП дает возможность достаточно просто выполнять информационную интеграцию с подсистемами АСТПП путем передачи информации, отфильтрованной из XML - модели ТП.

Формирование технологических документов

Для формирования технологической документации был выбран Microsoft Excel. Современные версии Excel позволяют загружать и обрабатывать XML - документы. Поэтому для каждого технологического документа в Excel была разработана форма-шаблон. Для заполнения полей формы-шаблона был использован VBA (Visual Basic for Application – Visual Basic для приложений). Этот выбор был сделан вследствие того, что Visual Basic является инструментом написания макросов в приложениях Microsoft Office.

VBA сочетает в себе большие возможности с простотой изучения и использования. Большинство необходимых функций можно разработать, используя VBA. В том случае, если возможностей языка недостаточно, можно обратиться к API-функциям Windows.

Таким образом, формирование технологической документации осуществляется в Microsoft Excel встроенными средствами разработки, а именно – с помощью макроса на VBA.

Для различных карт документации макросы заполнения шаблонов данными из XML различны. Но имеют одинаковый функциональный состав. Приведем некоторые необходимые функции:

- Функция загрузки данных из XML-модели;
- Функция проверки необходимости создания нового бланка (второго и последующих листов);
- Функция копирования бланков (второго и последующих листов);
- Функции построчного заполнения бланков;
- Функция считывания количества строк для операции или перехода;
- Функция-алгоритм сопоставления ячейкам excel соответствующих данных из xml.

Указанный подход к формированию технологических карт оказался весьма удачным, так как позволяет легко адаптировать вывод карт на условия конкретного предприятия. Дополнение XML - документа с моделью ТП новыми параметрами и даже дополнение новыми фреймами не влияет на вывод ранее разработанных технологических документов. Может лишь понадобится разработка новых макросов на VBA.

Интерфейс пользователя

Система "ТИС-Процесс" может работать в четырех режимах:

- Standalone-editor (режим реактора, работающего автономно);
- Standalone-viewer (автономный режим только для просмотра ТП);
- Integrated-editor (режим редактора, интегрированного в PDM-систему SMARTEAM);

– Integrated-viewer (Режим просмотра ТП в PDM-системе).

Взаимодействие с пользователем реализовано посредством графической среды, реализованной через WEB интерфейс. Весь процесс взаимодействия достаточно прост, нагляден и не вызывает затруднения у пользователя.

Далее будем рассматривать лишь автономный режим работы системы для того, чтобы не вдаваться в подробности её взаимодействия с PDM-системой. В первую очередь покажем создание маршрутной технологии. При первоначальном входе в систему выводится сообщение, что пользователь не авторизован. При этом просмотр и редактирование ТП ему недоступны. После ввода имени пользователя и пароля в левой части экрана (под кнопками меню) пользователь может начать работу с ТП. При этом на месте формы ввода регистрационных данных вводится имя пользователя и его должность. После загрузки на экран выводится окно архива технологических процессов (рис. 7.5.5).

Рабочее пространство, выведенной на монитор страницы, разделено на три части.

Первая часть содержит главное меню и информацию о пользователе. Главное меню является статическим, оно неизменно.

Во второй части содержится верхнее функциональное меню, которое динамически меняется, в зависимости от того, какую часть ТП мы просматриваем или редактируем.

В третьей части находится рабочее поле, в него выводится название раздела ТП и содержание.



Рис. 7.5.5. Вывод списка технологических процессов, хранимых в архиве

Перемещаясь по главному меню, мы можем работать со следующими разделами:

- Архив технологических процессов (рис. 7.5.5);
- Общая информация (рис. 7.5.6);
- Титульный лист ТП (рис. 7.5.7);
- Информация о заготовке (рис. 7.5.8);
- Список операций (рис. 7.5.9);
- Страница выбора документации.

При нажатии на первую кнопку меню (“Архив ТП”) пользователь видит список технологических процессов, доступных для выбора и работы с ними. По кнопкам верхнего меню он может создать новый ТП, редактировать существующий, или удалить выбранный ТП. Кроме того, возможен поиск по любым полям таблицы со списком ТП.

Редактировать

Подтверждение ввода

Архив ТП

Общая информация

Титульный лист

Заготовка

Операции

Документы

Сохранить ТП

Сохранить ТП как...

Перезагрузить ТП

Регистрация в PDM

Пользователь:
Andrew
(Администратор)
уровень доступа: 0
Выйти

Общая информация:

Наименование	Обозн.	Вел.	Кл.
Обозначение изделия	ИЗД	Искра-217	
Обозначение детали	ЧЕРТ	2648.10.23	
Наименование детали	Дет	Фланец верхний	
Код ТП	ПРОЦ		
Обозначение документа	Док	2648.10.23-ТП	
Литера	ЛИТ	А	

Рис. 7.5.6 Раздел «Общая информация»

В разделе «Общая информация» представлена общая информация о разрабатываемом изделии.

Архив ТП

Общая информация

Титульный лист

Заготовка

Операции

Документы

Сохранить ТП

Сохранить ТП как...

Перезагрузить ТП

Регистрация в PDM

Пользователь:
Andrew
(Администратор)
уровень доступа: 0
Выйти

Титульный лист:

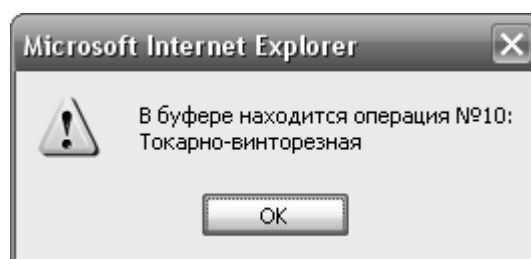
Наименование	Обозн.	Вел.
Исполнитель	Исп	Кольтяков А.В.
Главный технолог	ГлТ	
Главный металлург	ГлМт	
Главный контролер	ГлК	
Главный метролог	ГлМе	
Ведущий технолог ОГТ	ВедТ	
Начальник ТБ цеха	Н.ТБ	
Дата внедрения в производство	дата	
Номер акта внедрения	АктВ	

Рис. 7.5.7. Раздел «Титульный лист»

На «Титульном листе» вводятся ответственные лица, а также данные о внедрении в производство.

По нажатию на кнопку “Операции” выводится список операций с указанием ее типа и количества переходов, которое в ней содержится. По щелчку мыши на строчке с названием операции она подсвечивается, при этом ее номер выводится в “окошке” в верхнем меню. По нажатию кнопки “Редактировать содержание операции” (самая правая в верхнем меню) откроется подробная информация об операции (рис. 7.5.10). Для ввода модели оборудования используются соответствующие классификаторы.

Кнопки верхнего меню позволяют добавить (зарегистрировать) новую операцию (либо в конец списка, либо перед выделенной операцией). В верхнем меню имеются кнопки для работы с буфером. Буфер необходим для



копирования операций и вставки их в нужное место в списке операций. Например, в ТП могут присутствовать несколько контрольных операций. Управление буфером осуществляется при помощи набора кнопок. Первая кнопка (📋) позволяет скопировать информацию о существующем объекте в буфер, после чего по нажатию второй кнопки этой группы (📄) вставить его как новый в конец списка, или перед выделенным объектом (📄). Также есть возможность посмотреть, какой именно объект содержится в буфере на текущий момент. За это отвечает последняя кнопка группы - 🔍. ниже приведено информационное сообщение буфера.

При регистрации новой операции (рис. 7.5.11) ввод информации сделан так, чтобы максимально упростить данную процедуру для пользователя. Некоторые операции могут быть унифицированными (типовыми или групповыми). Тип таких операций - УО. Для поиска таких операций используется кнопка «Обзор УО». Не унифицированные операции названы рабочими операциями (РО). Для ввода кода операции и её наименования используются выпадающие меню.

Стоит также отметить, что после регистрации операции поля “Наименование операции”, “Код операции” и “Тип операции” для предотвращения некорректных изменений не редактируются. Поэтому в случае, если пользователь ввел наименование операции неверно, но заметил это только когда начал вводить остальную информацию об операции, он может воспользоваться кнопкой удаления операции в разделе со списком операций.

Архив ТП	  																																																							
Общая информация	Операция № 10: Токарно-винторезная <table border="1"> <thead> <tr> <th>Наименование</th> <th>Обозн.</th> <th>Отн.</th> <th>Вел.</th> <th>Кл.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Номер операции</td> <td>НОМ</td> <td>=</td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Номер цеха</td> <td>ЦЕХ</td> <td>=</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Участок</td> <td>УЧС</td> <td>=</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Наименование операции</td> <td>НАИМ</td> <td>=</td> <td>Токарно-винторезная</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Код операции</td> <td>КОД</td> <td>=</td> <td>4114</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Тип операции</td> <td>ТИПО</td> <td>=</td> <td>РО</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Дополнительная информация об операции</td> <td>ДОПИ</td> <td>=</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Обозначение документа (операционной карты)</td> <td>ДОК</td> <td>=</td> <td></td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>Наименование оборудования</td> <td>ОБОР</td> <td>=</td> <td>Станок токарно-винторезный</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Обозначение (модель) оборудования</td> <td>МОД</td> <td>=</td> <td>1К62</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Наименование	Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.	Номер операции	НОМ	=	10		Номер цеха	ЦЕХ	=	2		Участок	УЧС	=			Наименование операции	НАИМ	=	Токарно-винторезная	60	Код операции	КОД	=	4114	60	Тип операции	ТИПО	=	РО		Дополнительная информация об операции	ДОПИ	=			Обозначение документа (операционной карты)	ДОК	=		61	Наименование оборудования	ОБОР	=	Станок токарно-винторезный	62	Обозначение (модель) оборудования	МОД	=	1К62	
Наименование		Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.																																																			
Номер операции		НОМ	=	10																																																				
Номер цеха		ЦЕХ	=	2																																																				
Участок		УЧС	=																																																					
Наименование операции		НАИМ	=	Токарно-винторезная	60																																																			
Код операции		КОД	=	4114	60																																																			
Тип операции		ТИПО	=	РО																																																				
Дополнительная информация об операции		ДОПИ	=																																																					
Обозначение документа (операционной карты)		ДОК	=		61																																																			
Наименование оборудования	ОБОР	=	Станок токарно-винторезный	62																																																				
Обозначение (модель) оборудования	МОД	=	1К62																																																					
Титульный лист																																																								
Заготовка																																																								
Операции																																																								
Документы																																																								
Сохранить ТП																																																								
Сохранить ТП как...																																																								
Перезагрузить ТП																																																								
Регистрация в PDM																																																								
Пользователь: Andrew (Администратор) уровень доступа: 0 Выйти																																																								

Рис. 7.5.10. Раздел с информацией об операции

Архив ТП

Общая информация

Титульный лист

Заготовка

Операции

Документы

Сохранить ТП

Сохранить ТП как...

Перезагрузить ТП

Регистрация в PDM

Пользователь:
Andrew
(Администратор)
уровень доступа: 0

Выйти

Регистрация новой операции:

Номер: 55

Код: 4132

Наименование операции:

Внутришлифовальная

Тип:

PO

Дополнение:

Обзор УО:

Обзор

Регистрация

Отмена

Рис. 7.5.11. Раздел для регистрации новой операции

По кнопке “Документы” выводится страница со списком всей технологических документов, которые можно сформировать для данного ТП (рис. 7.5.12).

Архив ТП

Общая информация

Титульный лист

Заготовка

Операции

Документы

Сохранить ТП

Сохранить ТП как...

Перезагрузить ТП

Регистрация в PDM

Пользователь:
Andrew
(Администратор)
уровень доступа: 0

Выйти

Горизонтальные карты

Вертикальные карты

Просмотр бланка карты

Формирование карты

Список документов:

Название документа	Г	В		
Титульный лист (ТЛ)	☐	☐		
Карта технологических инструкций (КТИ)	☐	☐		
Операционная карта (ОК)	☐	☐		
Маршрутно-операционная карта (МОК)	☒	☐		
Карта эскизов (КЭ)	☐	☐		
Карта технологического процесса (КТП)	☐	☐		
Маршрутная карта (МК)	☒	☐		
Операционная карта контроля (ОКК)	☐	☐		
Ведомость материалов (ВМ)	☐	☐		
Ведомость оснастки (ВО)	☐	☐		
Карта контроля (КК)	☐	☐		
Лист регистрации изменений (ЛРИ)	☐	☐		

Сбросить

Сбросить выбранный комплект

Рис. 7.5.12 Раздел со списком технологических документов

На рисунке 7.5.13 представлена часть сформированной маршрутной карты.

										ГОСТ 3.1118-82										Форма 1	
Дубл.																					
Взам.																					
Повл.																					
																				2	1
Разраб.		Кольяков А.В.			12.05.2003		СПбГУИМО ТУ				2648.10.23										
И контр.							Фланец верхний														
М01		ГОСТ 2590-88 / 45-ЗГП-М1-ТВ1 ГОСТ 1050-88																			
		Код		ЗВ	МД	ЕН	Мрасс	КИМ	Код загот.		Профиль и размеры				КД	МЗ					
М02		09500091785		кг					КРУГ		КРУГ В-11-МД-140										
А		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа									
Б		Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тиз.	Тит.			
А03		1		005	4115	Токарно-отрезная															
Б04		16240							19149		1	100									
05																					
А06		2		010	4114	Токарно-винторезная						№ ИОТ 52									
Б07		1К62							19149		1	100									
08																					
А09		2		015	4114	Токарно-винторезная						№ ИОТ 52									
Б10		1К62							19149		1	100									
11																					
А12		2		020	слес. Перемещение																
Б13								18466													
14																					
15																					
МК		Маршрутная карта																			

Рис. 7.5.13 Часть сформированной маршрутной карты

Моделирование переходов

Информация о переходах необходима при формировании маршрутно-операционных или операционных технологических карт. Поэтому рассмотрим моделирование переходов в системе «ТИС-Процесс».

Содержание перехода фиксируется с помощью фрейма ПЕРЕХ. В каждом переходе фиксируется с помощью соответствующих фреймов содержание перехода, инструмент и режимы резания. Перечень фреймов, применяемых при описании перехода, приведен в таблице 7.5.9.

Таблица 7.5.9

Фреймы для записи информации о переходе

Наименование фрейма		Обозначение
Содержание перехода		ПЕРЕХ
	режущий	РЕЖ

Инструмент	вспомогательный	ВСП
	измерительный	ИЗМ
Режим обработки		ОБР

По ГОСТ 3.1702-77 допускается полная или сокращенная форма записи перехода. Полная форма записи используется при отсутствии операционных эскизов, сокращенная - при их наличии. Пример полной записи: "Сверлить 4 сквозных отверстия с последующим зенкованием фасок, выдерживая $d = 10 + 0,2$, $d_1 = 40 \pm 0,05$, и $1 \times 45^\circ$ согласно чертежу". Сокращенная запись: "Сверлить 4 отв., зенковать фаски согласно чертежу".

Для записи наименования перехода используется параметр НАИМ. Как видно из приведенного примера, количество символов в наименовании перехода может быть достаточно большим, поэтому запись перехода происходит последовательно с продолжением в нескольких строках. Запись наименования перехода является трудоемкой процедурой, поэтому при диалоговом режиме кодирования для уменьшения объема вводимой информации целесообразно кодировать содержание перехода и оперировать кодовыми обозначениями перехода. При печати карты из кодов формируется текст перехода.

Если вместо наименования перехода использовать кодовые обозначения, то для этого целесообразно применить коды по ГОСТ 3.1702-79. В этом стандарте даны два типа кодовых обозначений перехода: полный, занимающий 15 позиций, и сокращенный, требующий 7 позиций. Использовать эти кодовые обозначения неудобно, особенно в режиме диалога. Эти коды состоят из самостоятельных частей, поэтому в данной системе кодирования предлагается использовать вместо всего кодового обозначения лишь его части. Каждая часть фиксируется своим параметром, указанным в таблице 7.5.10.

Параметры фрейма ПЕР

Наименование	Обозначение	Тип значения	Классификатор
Номер перехода	НОМ	целое	
Наименование перехода	НАИМ	текст	
Вид перехода	ВИД	целое	33
Количество одновременно обрабатываемых поверхностей	КОЛ	целое	
Количество последовательно обрабатываемых поверхностей	КОЛП	целое	
Обрабатываемый объект	ПОВ	целое	34
Обозначение размеров обрабатываемых поверхностей	РАЗМ	целое	
Дополнительная информация об объекте	ДОП	целое	35
Способ выполнения перехода	СПОС	целое	36
Порядковый номер перехода	НОМП	целое	

Для указания обозначения перехода используется параметр ВИД. Кодовые обозначения для этого параметра берутся из таблицы 7.5.11. Для указания количества одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей используется параметр КОЛ или КОЛП. Если КОЛ = 1, или КОЛП = 1, то параметры не записываются, а по умолчанию предполагается, что обрабатывается одна поверхность или конструктивный элемент.

Таблица 7.5.11

Кодовые обозначения для параметра ВИД

Наименование	Код	Наименование	Код
Врезаться	2	Хонинговать	31
Галтовать	3	Шевинговать	32

Гравировать	4	Шлифовать	33
Довести	5	Центровать	35
Долбить	6	Фрезеровать	36
Закруглить	7	Выверить	80
Заточить	8	Закрепить	81
Зенкеровать	10	Настроить	82
Зенковать	11	Переустановить	83
Накатать	12	Переустановить и закрепить	84
Нарезать	13	Переустановить, выверить	
Опилить	15	и закрепить	85
Отрезать	16	Переместить	86
Подрезать	17	Поджать	87
Полировать	18	Проверить	88
Притирать	19	Смазать	89
Приработать	20	Снять	90
Протянуть	21	Установить	91
Развернуть	22	Установить и выверить	92
Раскатать	24	Установить и закрепить	93
Рассверлить	25	Установить, выверить	
Расточить	26	и закрепить	94
Сверлить	27	Подвести	95
Строгать	28	Отвести	96
Суперфинишировать	29	Притупить	97
Точить	30		

Параметр ПОВ предназначен для указания обрабатываемого объекта. В качестве такого объекта могут выступать заготовка, обрабатываемые поверхности и конструктивные элементы (пазы, канавки, зубья и т.д.). Коды для обрабатываемых объектов даны в таблице 7.5.12. Если для операции выполнена графическая часть, т.е. имеется операционный эскиз, то для указания условных обозначений выдерживаемых размеров или поверхностей используются выражения типа "Поверхность 1" или "Выдерживая размеры 1 и 2". Для кодирования таких выражений используется параметр РАЗМ. Если РАЗМ = 1, то это означает "Выдерживая размер 1, если РАЗМ = 1-2, то это означает наличие выражения: "Выдерживая размеры 1 и 2". Если РАЗМ = 1,3, то это - "Выдерживая размеры 1 и 3".

Таблица 7.5.12

Кодовые обозначения для параметра ПОВ

Наименование	Код	Наименование	Код
буртик	1	отверстия	19
буртики	2	паз	20
выточка	3	пазы	21
выточки	4	поверхность	22
галтель	5	поверхности	23
галтели	6	пружина	24
деталь	7	пружины	25
детали	8	резьба	26
заготовка	9	рифление	27
зуб	10	ступень	28
зубья	11	сфера	29
канавка	12	торец	30
канавки	13	торцы	31
контур	14	фаска	32
конус	15	фаски	33

лыска	16	червяк	34
лыски	17	цилиндр	35

Для указания дополнительной информации об обрабатываемом объекте используется параметр ДОП, а для кодирования этой информации применяется таблицей 7.5.13.

Таблица 7.5.13

Кодовые обозначения для дополнительной информации
об обрабатываемом объекте (параметр ДОП)

Наименование	Код	Наименование	Код
внутренняя	1	спиральная	12
глухое	2	ступенчатое	15
кольцевая	3	уплотнительная	16
коническая	4	фасонная	20
криволинейная	5	шлицевой	25
наружная	6	шпоночный	26
сквозное	11	Т-образный	27
		"Ласточкин хвост"	28

Для указания способа выполнения перехода применяется параметр СПОС, коды для этого параметра берутся из таблицы 7.5.14.

Таблица 7.5.14

Кодовые обозначения для способа выполнения перехода
(параметр СПОС)

Наименование	Код	Наименование	Код
окончательно	1	с подрезкой торца	7
одновременно	2	с подрезкой торцов	8
по копиру	3	согласно чертежу	9
по программе	4	согласно эскизу	10
последовательно	5	на глубину	11
предварительно	6		

При кодировании конкретных переходов используют тот минимальный набор параметров, который необходим для последующего правильного понимания содержания параметра и формирования текста перехода при автоматизированной печати технологической карты. Если на конкретном предприятии выбрана сокращенная форма записи перехода, то можно использовать, либо параметры ВИД, ПОВ, РАЗМ, либо семизначный код сокращенного перехода. В этом случае используется параметр КОД.

Кодирование перехода осложняется тем, что в полном наименовании перехода присутствуют размеры и точность обрабатываемых поверхностей. Поэтому во фрейм ПЕР вводятся в качестве параметров обозначения размеров $D, D1, D2, \dots, L, L1, L2, \dots, B, B1, B2, \dots, P, P1, P2, \dots, C, C1, C2, \dots$, УГОЛ, $H1, H2, \dots, M, Z, PN$,. Например, если в переходе выдерживается диаметр $10 + 0,2$, то в содержании перехода необходимо добавить: $D = 10 + 0,2$. Если задан угол $90 \pm 30'$, то добавляют: $УГОЛ = 90^\circ \pm 30'$, мин. Для фаски записывают: $C = 1 \times 45$. Под одним номером перехода могут идти несколько переходов, выполняемых одновременно (блочный переход) или последовательно. Для выделения этих переходов используется параметр НОМП, обозначающий порядковый номер перехода (инструментального перехода) внутри общего перехода с номером НОМ.

Запись информации об инструменте

Кодирование инструмента производится с помощью фреймов РЕЖ, ВСП, ИЗМ. Для этих фреймов разработан единый перечень параметров, приведенный в таблице 7.5.15.

Таблица 7.5.15

Параметры фреймов РЕЖ, ВСП, ИЗМ

Наименование	Обозначение	Тип
Наименование инструмента	НАИМ	текст
Номер общесоюзного стандарта	ГОСТ	текст
Номер отраслевого стандарта	ОСТ	текст
Номер стандарта предприятия	СП	текст

Номер изделия		ИЗД	текст
Номер чертежа детали		ЧЕРТ	текст
Цеховое обозначение		ОБОЗН	текст
Код инструмента		КОД	целое
Машинный номер инструмента		НОМ	целое
Размеры	диаметр	D	действ.
	длина	L	действ.
	высота	H	действ.
	ширина	B	действ.
Материал инструмента		МИ	текст

В обозначении стандартного инструмента обычно кроме непосредственного наименования инструмента записываются дополнительные обозначения и размеры. Например: «P18 10×20×60 ГОСТ 19913-74» (можно записать: НАИМ= Резец МИ= P18 ГОСТ= 19913-74 и т.д.) или «Скоба двусторонняя 12h6 СП 8118-0023». Выделение обозначения стандарта и размеров в отдельные параметры позволяет в дальнейшем выполнять поиск по этим параметрам.

Для специальных инструментов используются параметры ИЗД, ЧЕРТ, ОБОЗ. Например, специальный режущий инструмент: «Искра K1836-0021 зенкер P-52-3» будет записан следующим образом:

НАИМ = ЗЕНКЕР ИЗД = ИСКРА ЧЕРТ = K18360021 ОБЗ = P-52-3

Параметры КОД, НОМ и параметры, выражающие размеры, используются лишь при поиске инструмента с помощью системы «ТИС-Поиск». В этой системе Параметр КОД определяется по классификатору и совместно с системным номером НОМ позволяет из базы данных "Инструмент" выбрать требуемую информацию о заданном инструменте, включая наименование инструмента, номер стандарта или номер чертежа, а также выдерживаемые или измеряемые параметры.

Расчет режимов резания

Кодирование режимов резания (обработки) производится с помощью фрейма ОБР. Перечень параметров этого фрейма приведен в таблице 7.5.16. Запись этих параметров сложностей не вызывает.

Время обработки для каждого перехода заносится с использованием оператора ВРЕМ. У этого оператора выделены два параметра: ТОСН - основное время обработки, ТВСП - вспомогательное время обработки. Значение этих параметров - обычно действительного типа.

Таблица. 7.5.16.

Параметры фрейма ОБР

Наименование		Обозначение	Тип
Глубина резания (t)		T	действ.
Число рабочих ходов (i)		I	целое
Подача	при фрезеровании - мм/мин	S _{MIN}	действ.
	при точении - мм/об	S	действ.
Прочие		S _p	действ.
Частота вращения шпинделя, об/мин		N	действ.
Скорость резания V, м/мин		V	действ.

Ввод переходов

На странице, с информацией об операции (см. рис. 7.5.10), имеется кнопка  (“просмотр списка переходов”), по нажатию которой выполняется переход к странице, содержащий список переходов этой операции (рис. 7.5.14).



Операция № 5: Токарно-отрезная

Номер	Наименование	Тип
1	Отрезать	РП
2	Контроль	УП
88	Проверить	
89	Смазать	
90	Снять	
91	Установить	
92	Установить и выверить	
93	Установить и закрепить	
94	Установить, выверить и закрепить	
95	Подвести	
96	Отвести	
97	Притупить	
	Контроль	

Рис. 7.5.14. Список переходов

Первая слева группа верхних кнопок на этой странице отвечает за вход в режим ввода информации при регистрации перехода (📋) и выход из него (✓). Вторая группа кнопок позволяет непосредственно добавить (“зарегистрировать”) новый переход - либо в конец списка (📋➡), либо перед выделенным переходом (📋➡). При этом из списка выбирается название перехода, а также его тип (унифицированный или рабочий). Последняя кнопка этой группы (✕) позволяет удалить существующий переход.

Третья группа кнопок верхнего меню отвечает за работу с буфером (который отчасти напоминает работу стандартного буфера обмена Windows). Первая кнопка (📋) позволяет скопировать информацию о существующем переходе в буфер, после чего по нажатию второй кнопки этой группы (📋➡) вставить его как новый в конец списка, или перед выделенным переходом (📋➡). Также есть возможность посмотреть, какой именно переход содержится в буфере на текущий момент. За это отвечает последняя кнопка группы - 🔍. При этом кроме непосредственно номера и наименования перехода выводится информация и о том, к какой именно операции он принадлежит. Например, “В буфере находится переход №1 (Отрезать) операции №5 (Токарно-отрезная)” (см. рис. 7.5.15).

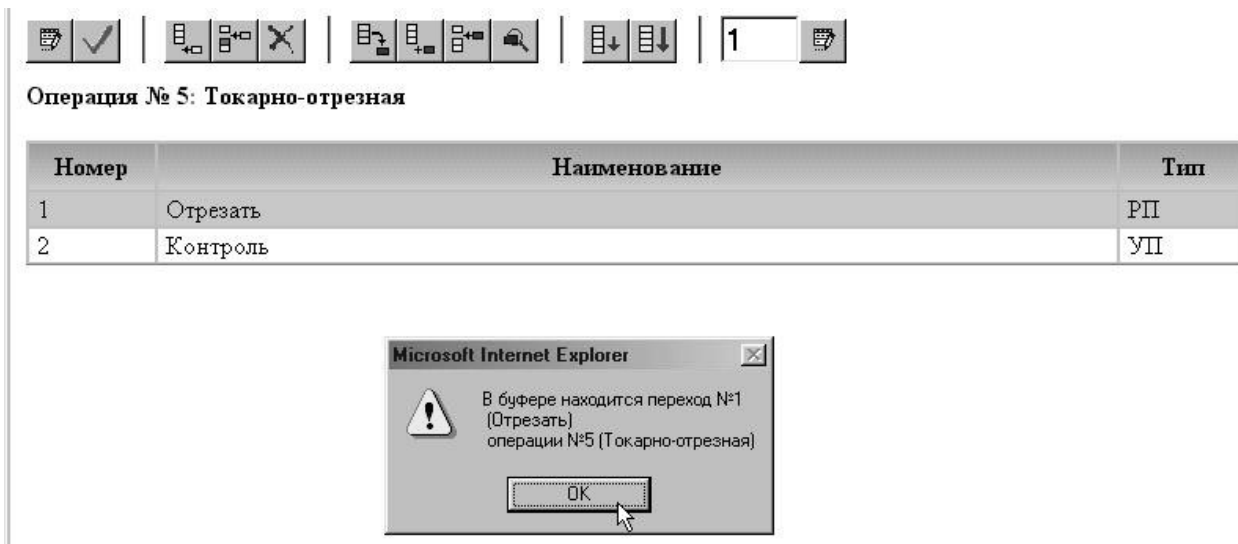


Рис. 7.5.15. Просмотр буфера с переходом

После щелчка мыши на строчке с названием перехода при нажатии кнопки  (“Редактировать содержание перехода”) так же, как и в списке операций, откроется подробная информация о переходе. Ввод информации о переходе сделан так, чтобы максимально упростить данную процедуру для пользователя.

Ввод данных возможен как по “наименованию” (например, “обрабатываемый объект” – “деталь”), так и по его коду (код объекта “деталь” = 7). Кроме того, данные могут вводиться 2 способами. Первый – выбором из выпадающего списка – по двойному щелчку мыши на поле “Кл” (см. рис. 7.5.16). Данный способ ввода предусмотрен для тех пунктов, в которых есть классификаторы. Второй способ – универсальный – вручную в текстовом окне (см. рис. 7.5.17).



Операция № 5: Токарно-отрезная

Переход № 1: Отрезать

Наименование	Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.
Наименование перехода	НАИМ	=	Отрезать	63
Код перехода	КодП	=	16	63
Тип перехода	ТипП	=	РП	
Количество одновременно обрабатываемых поверхностей	КОЛ	=		
Количество последовательно обрабатываемых поверхностей	КОЛП	=		
Код обрабатываемого объекта	КПов	=	7 деталь	64
Обрабатываемый объект	ПОВ	=	7 деталь	64
Обозначение размеров обрабатываемых поверхностей	РАЗМ	=	8 детали 9 заготовка 10 зуб 11 зубья 12 канавка 13 канавки	
Код дополнит. информации	КДоп	=	14 контур 15 конус	65
Дополнительная информация об объекте	ДОП	=	16 лыска 17 лыски	65
Код способа выполн. перехода	КСпо	=		69
Способ выполнения проекта	СПОС	=		69

Рис. 7.5.16. Ввод обрабатываемого объекта



Операция № 5: Токарно-отрезная

Переход № 1: Отрезать

Наименование	Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.
Наименование перехода	НАИМ	=	Отрезать	63
Код перехода	КодП	=	16	63
Тип перехода	ТипП	=	РП	
Количество одновременно обрабатываемых поверхностей	КОЛ	=		
Количество последовательно обрабатываемых поверхностей	КОЛП	=		
Код обрабатываемого объекта	КПов	=	7	64
Обрабатываемый объект	ПОВ	=	деталь	64
Обозначение размеров обрабатываемых поверхностей	РАЗМ	=	58	
Код дополнит. информации	КДоп	=		65
Дополнительная информация об объекте	ДОП	=		65
Код способа выполн. перехода	КСпо	=		69
Способ выполнения проекта	СПОС	=		69

Рис. 7.5.17. Результат ввода вида обрабатываемого объекта

Ввод информации вручную может уменьшить время ввода информации при работе опытных пользователей, которые помнят коды наиболее часто используемых пунктов.

Колонка “Кл.” содержит номер справочника, из которого выбираются значения для списков.

Стоит также отметить, что после “регистрации” перехода поля “Наименование перехода”, “Код перехода” и “Тип перехода” для предотвращения некорректных изменений недоступны для редактирования. Поэтому в случае, если пользователь ввел наименование перехода неверно, но заметил это только когда начал вводить остальную информацию по переходу, он может воспользоваться кнопкой удаления перехода в разделе со списком переходов. Для перехода туда он может воспользоваться кнопкой  (“Назад”) из верхнего меню программы. Использование данной кнопки необходимо из-за того, что стандартная кнопка “Назад” браузера из-за особенностей модуля работать не будет.

Вариант ввода информации через текстовое окно имеет еще одно важное значение (кроме ускорения ввода) – изменение текста в роде и падеже. Это важно для последующего формирования операционных карт. Например, если обрабатываются сразу 4 отверстия, то в поле “Дополнительная информация об объекте” мы слово “сквозное” (как оно значится в классификаторе) заменяем на “сквозных”. Просмотреть, как будет выглядеть описание перехода целиком поможет кнопка  (“Составление текста перехода”) (см. рис. 7.5.18).

Операция № 5: Токарно-отрезная

Переход № 3: Сверлить

Сверлить 4 сквозных отверстия с последующим зенкованием фасок, выдерживая $d = 10 \pm 0,2$, $d1 = 40 \pm 0,05$, $90^\circ \pm 30'$ и $C=1 \times 45^\circ$ согласно чертежу

Наименование	Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.
Наименование перехода	НАИМ	=	Сверлить	63
Код перехода	КодП	=	27	63
Тип перехода	ТипП	=	РП	
Количество одновременно обрабатываемых поверхностей	КОЛ	=		
Количество последовательно обрабатываемых поверхностей	КОЛП	=	4	
Код обрабатываемого объекта	КПов	=	19	64
Обрабатываемый объект	ПОВ	=	отверстия	64
Обозначение размеров обрабатываемых поверхностей	РАЗМ	=	с последующим зенкованием фасок, выдерживая $d = 10 \pm 0,2$, $d1 = 40 \pm 0,05$, $90^\circ \pm 30'$ и $1 \times 45^\circ$	
Код дополнит. информации	КДоп	=		65
Дополнительная информация об объекте	ДОП	=	сквозных	65
Код способа выполн. перехода	КСпо	=	9	69
Способ выполнения проекта	СПОС	=	согласно чертежу	69

Рис. 7.5.18. Вывод текстового содержания перехода

При вводе данных в текстовые поля поддерживается синтаксический и семантический контроль. Этот контроль проводится на основе атрибутов, зафиксированных для данного параметра в словаре параметров (смотри таблицу 7.5.6). Контролируется тип, длина поля и количество знаков после запятой для действительных чисел, проверяется правильность ввода точности значения параметра.

Операция № 5: Токарно-отрезная

Переход № 1: Отрезать

Наименование	Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.
Наименование перехода	НАИМ	=	Отрезать	63
Код перехода	КодП	=	16	63
Тип перехода	ТипП	=	РП	
Количество обрабатываемых объектов				
Количество обрабатываемых объектов				
Код обработки				64
Обработка				64
Обозначение инструмента				
Обработка				
Код дополнения				65
Дополнительная информация об объекте	ДОП	=		65
Код способа выполн. перехода	КСпо	=		69
Способ выполнения проекта	СПОС	=		69

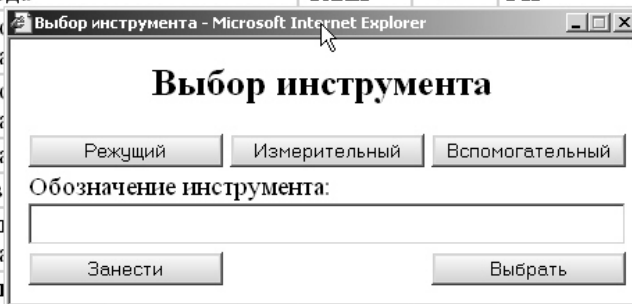


Рис. 7.5.19. Окно выбора инструмента

Для выбора инструмента предназначена кнопка  («Выбор инструмента»). При нажатии этой кнопки открывается окно выбора инструмента (рис. 7.5.19). Кнопка «Выбрать» в этом окне используется для обращения модулю «ТИС-Поиск» для поиска нужного инструмента. Результаты поиска фиксируются на странице с параметрами перехода.

Для расчета режимов резания предназначена кнопка «V,s,n». При нажатии этой кнопки открывается окно выбора инструмента (рис. 7.5.20). Кнопка «Рассчитать» в этом окне используется для обращения модулю «ТИС-Режимы». Этот модуль расчета режимов резания основан на представлении нормативных таблиц с режимами резания в виде таблиц соответствий (ТС), хранимых в базе знаний, и обработке ТС с помощью табличного процессора, реализованного в виде Web - сервиса. Результаты расчета режимов резания фиксируются на странице с параметрами перехода.

Операция № 5: Токарно-отрезная

Переход № 1: Отрезать

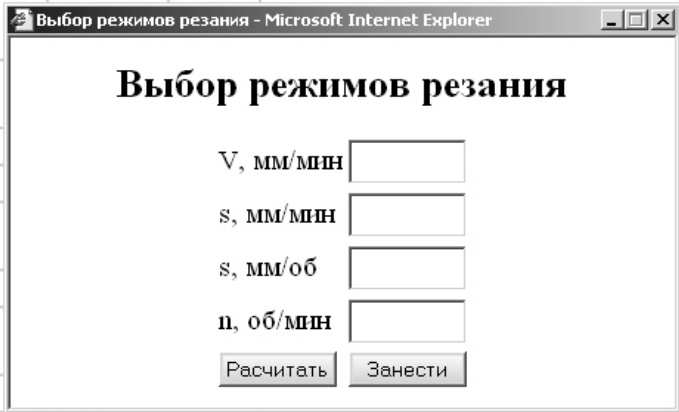
Наименование	Обозн.	Отн.	Вел.	Кл.
Наименование перехода	НАИМ	=	Отрезать	63
Код перехода	КодП	=	16	63
Тип перехода	ТипП	=	РП	
Количество одновременно обрабатываемых поверхностей				
Количество последовательно обрабатываемых поверхностей				
Код обрабатываемого объекта				64
Обрабатываемый объект				64
Обозначение размеров обрабатываемых поверхностей				
Код дополнит. информации				65
Дополнительная информация об объекте				65
Код способа выполн. перехода				69
Способ выполнения проекта	СПОС	=		69

Рис. 7.5.20. Окно для расчета режимов резания

Для вывода операционной технологии в окне со списком документов (рис. 7.5.12) выбирается нужный комплект документов книжного (вертикального) или альбомного (горизонтального) вида.

Может быть выбрано сочетание:

 Маршрутная и операционная карта. Тогда, кроме маршрутной карты, будет выведен комплект операционных карт отдельно для каждой операции.

 Если выбрана маршрутно-операционная карта, тогда будет выведен комплект маршрутно-операционных карт. Если необходимо провести изменения в технологическом процессе, то используя клавишу (просмотр уже сформированной карты) определяют в каких картах требуются корректировки. После этого исправляется параметрическая модель процесса и заново формируются необходимые технологические карты. Вывод на печать выполняется по клавише.

Интеграция с PDM системой

Методика двухпроходного проектирования технологических процессов требует обеспечения эффективного взаимодействия систем, участвующих в технологическом проектировании. Такое взаимодействие может быть достигнуто при функционировании систем под управлением PDM - системы. В данном случае была выбрана система «SMARTTEAM».

Архив системы «ТИС-Процесс» - это временный (текущий) архив, который содержит не зарегистрированные в «SMARTTEAM» технологические процессы. Как только маршрут ТП сформирован, то он регистрируется в текущем архиве. Это позволяет одному или нескольким пользователям многократно загружать один и тот же ТП для продолжения работы над процессом, включая ввод изменений.

PDM «SMARTTEAM» с помощью специально разработанного приложения в фоновом режиме регулярно сканирует текущий архив. Как только находится новый маршрут, то он регистрируется в дереве проекта PDM «SMARTTEAM». Для этого используются идентификационные параметры процесса, которые содержатся в разделе «Общие характеристики» (см. рис. 7.5.6). В результате регистрации файлы с параметрической моделью ТП и технологическими документами помещаются в архив PDM «SMARTTEAM». С этого момента начинается отслеживание жизненного цикла технологического процесса. Если в дереве проекта обратиться к узлу с зарегистрированным ТП, то экран монитора будет выведена учетная карточка для этого ТП. Из этой карточки возможен вызов всех используемых систем: «ТИС-Процесс», CAD - системы для проектирования операционных заготовок, системы «ТИС-Цепь» для расчета операционных размеров.

Если проектирование некоторого ТП завершено, то эта ситуация фиксируется в текущем архиве системы «ТИС-Процесс». При очередном сканировании текущего архива информация о завершенном ТП заносится в архив PDM «SMARTTEAM», а сам ТП удаляется из текущего архива. Дальнейшее управление технологическим проектированием (утверждение

ТП в подразделениях ТПП, проведение изменений, внедрение ТП и т. д.) выполняется с помощью PDM «SMARTEAM».

Если «ТИС-Процесс» функционирует без поддержки PDM «SMARTEAM», то спроектированные ТП накапливаются в текущем архиве «ТИС-Процесс».

Поиск в PDM «SMARTEAM» единичных технологических процессов для определения возможности их заимствования выполняется с помощью специально разработанного приложения. С помощью того же приложения осуществляется поиск и унифицированных (типовых и групповых) ТП для дальнейшей их доработки (параметрической настройки) применительно к конкретной детали. Возможен поиск с помощью комплексных деталей. Результаты поиска (параметрические модели ТП) записываются в буфер для дальнейшей оценки возможности их использования в системе «ТИС-Процесс».

"ТИС-Процесс" является учебным полигоном для изучения принципов построения САПР ТП и подвергается непрерывным изменениям и дополнениям при проведении курсового и дипломного проектирования. Потому реальные варианты системы могут отличаться от варианта, изложенного в данном пособии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Информационные технологии в проектировании производстве. – СПб: Политехника, 2008. – 304 с.
2. Яблочников Е. И. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении, 2002 г.
3. Шутко В., Куприянчик А. Комплексная система автоматизации технологической подготовки производства TECHCARD 4.1 - САПР и графика, №12, 2000 г.
4. Саган А., Макеенко С. TechCard 7.0— седьмой виток развития технологической САПР от «ИНТЕРМЕХ» САПР и графика, №3, 2006 г.
5. Саган А., Макеенко С. TechCard v7: пять шагов технологической подготовки производства. Шаг второй. Материальное нормирование. САПР и графика, №11, 2007 г.
6. Гинзбург И., Куприянчик А. TECHCARD — самый мощный набор инструментов технолога. САПР и графика, №6, 2001 г.
7. Шутко В., Булгак С. Techcard V6.0 как неотъемлемое звено корпоративной среды автоматизации предприятия. САПР и графика, №9, 2005 г.
8. Карев Е.А., Булыгина М.Н., Крупенников О.Г. Автоматизированное проектирование технологических процессов с использованием системы TECHCARD. - Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 14 с.
9. Коржев М. ВЕРТИКАЛЬ v2: снова только хорошие новости. САПР и графика, №9, 2006 г.
10. Коржев М. Изящные инструменты технолога — интегрированное решение от АСКОН. САПР и графика, №5, 2007 г.
11. Талдыкин В. T-FLEX Технология — современная система автоматизации технологической подготовки производства. САПР и графика, №3, 2006 г.

12. Вивденко Ю.Н. Технологические системы производства деталей наукоемкой техники: Учебное пособие для вузов. Издательство: "Машиностроение", 2006/ Вивденко Ю.Н.

Дополнительная литература

1. САПР и графика. - «КомпьютерПресс», 2006 г.
2. Технологическая подготовка производства в машиностроение и металлообработке. - «КомпьютерПресс», 2007 г

Internet – источники:

1. <http://nipinfor.spb.ru/goods.html?id=178>
2. http://www.support.ascon.ru/newserv/faq.php?selGr=31&pr_id=20
3. <http://www.intermech.ru/techcard.htm>
4. http://www.solver.ru/products/cadprod/tech_project.asp - 31k -

Вопросы для самостоятельной работы студента

1. Методы проектирования ТП?
2. Общая характеристика современных САПР ТП.
3. Особенности метода синтеза ТП, предложенного В. Д. Цветковым.
4. Особенности метода синтеза ТП, разработанного Б. Е. Челищевым.
5. Особенности метода проектирования ТП, предложенного С. П. Митрофановым.
6. Назначение системы «TechCard».
7. Задачи, решаемые в системе «TechCard».
8. Содержание базы данных для системы «TechCard».
9. Особенности новой версии системы «TechCard».
10. Назначение системы «T-FLEX Технология».
11. Задачи, решаемые в системе «T-FLEX Технология».
12. Назначение системы «T-FLEX DOCs».
13. Назначение системы «САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ».
14. Задачи, решаемые в системе «САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ».
15. Способы проектирования ТП в системе «САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ».
16. Назначение и задачи, решаемые в системе «TechnologiCS».
17. Новые возможности САПР ТП «TechnologiCS» версии 4.
18. Назначение и задачи, решаемые в системе "ТИС-Процесс".
19. Особенности системы "ТИС-Процесс".
20. Перспективы развития САПР ТП.

Список частей для учебного пособия
«Интеллектуальные программные комплексы для технической и
технологической подготовки производства»

Часть 1. Проектирования подсистем ТПП

Часть 2. Системы управления жизненным циклом приборов, систем и технологий

Часть 3. Системы проектирования оптико-механических приборов

Часть 4. Системы конструирования деталей, заготовок и сборочных единиц

Часть 5. Системы инженерного расчета и анализа деталей и сборочных единиц.

Часть 6. Системы анализа и моделирования технологической подготовки производства

Часть 7. Системы проектирования технологических процессов

Часть 8. Системы проектирования технологической оснастки



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Кафедра технологии приборостроения относится к числу ведущих кафедр института со дня его основания в 1931 году. Тогда она называлась кафедрой механической технологии и возглавлялась известным ученым в области разработки инструмента профессором А.П. Знаменским. Позже она была переименована в кафедру технологии приборостроения.

За время своего существования кафедра выпустила из стен института более тысячи квалифицированных инженеров, более сотни кандидатов и докторов наук. В разные годы ее возглавляли известные ученые и педагоги профессора Николай Павлович Соболев и Сергей Петрович Митрофанов.

Кафедра имеет выдающиеся научные достижения. Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, профессором С.П. Митрофановым были разработаны научные основы группового производства, за что он был удостоен Ленинской премии СССР. Методы группового производства с успехом применяются в промышленности и постоянно развиваются его учениками. Заслуженным изобретателем Российской Федерации Юрием Григорьевичем Шнейдером разработаны метод и инструментарий нанесения регулярного микрорельефа на функциональной поверхности.

В настоящее время кафедра осуществляет выпуск специалистов по специальностям "Технология приборостроения" (инженер-технолог, инженер-технолог-менеджер, инженер-технолог по искусственному интеллекту в приборостроении) и "Системы автоматизированного проектирования" (инженер-системотехник). На кафедре ведется подготовка бакалавров, магистров, инженеров и аспирантов по названным специализациям силами семи профессоров и девяти доцентов.

Дмитрий Дмитриевич Куликов
Евгений Иванович Яблочников
Виктор Сергеевич Бабанин

**Интеллектуальные программные комплексы для технической и
технологической подготовки производства**
Часть 7. Системы проектирования технологических процессов

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Дизайн

Д.Д. Куликов

Верстка

В.С. Бабанин

Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского
государственного университета информационных технологий,
механики и оптики

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 50шт.

Отпечатано на ризографе