

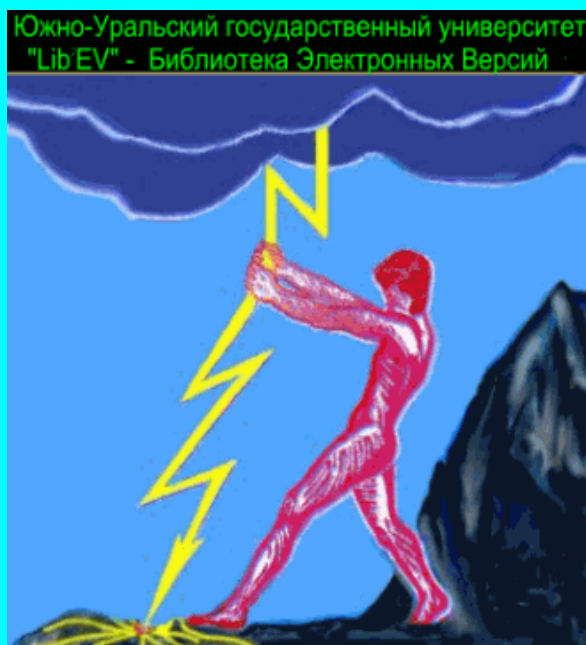
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»

621
Н 634

А.А. Николаенко

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАСЧЕТ
БИЗНЕС-ПЛАНА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ

Монография
Компьютерная версия



Челябинск
2007

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»

621
Н 634

А.А. Николаенко

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАСЧЕТ
БИЗНЕС-ПЛАНА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ

Монография
Компьютерная версия
Издание второе, переработанное

Челябинск
2007

УДК 621:658.51 + 658.512

Николаенко А.А. Автоматизированное проектирование технологических процессов и расчет бизнес-плана машиностроительного предприятия: Монография. Компьютерная версия. – 2-е изд., перер. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – 103 с.

© Николаенко А.А. Автоматизированное проектирование технологических процессов и расчет бизнес-плана машиностроительного предприятия: Монография. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 103 с.

В монографии рассмотрены вопросы автоматизации проектирования и планирования за счет использования компьютерных программ для конструкторской, технологической и организационно-плановой подготовки машиностроительного производства.

Рассмотрены принципы конструкторской, технологической и организационно-плановой работы на машиностроительном предприятии.

Приведены материалы ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП и рекомендаций.

Показаны примеры работы в CAD, CAPP, ERP-программах.

Монография может быть использована при проектировании и планировании машиностроительного производства, при научной работе аспирантов и соискателей, при обучении студентов специальностей 120100 и 120200 всех форм обучения.

Ил. 12, табл. 30, список лит. – 30 назв.

Одобрено Ученым советом механико-технологического факультета.

Рецензенты: С.А. Богатенков, В.Г. Лихачев.

АББРЕВИАТУРЫ И СОКРАЩЕНИЯ

Отделы и службы предприятия

ОГК – отдел главного конструктора.

КБ – конструкторское бюро.

ОГТ – отдел главного технолога.

ТБ – технологическое бюро.

ПЭО – планово-экономический отдел.

Компьютерные программы

CAD (Computer Aided Design) – программы компьютерного проектирования изделий (конструкторской подготовки производства).

CAE (Computer Aided Engineering) – программы инженерных расчетов изделий (конструкторской подготовки производства).

CAM (Computer Aided Manufacturing) – программы компьютерной поддержки изготовления изделий (технологической подготовки производства).

CAPP (Computer Aided Process Planning) – программы планирования технологии производства (технологической подготовки).

PDM (Product Data Management) – программы управления проектами и техническим документооборотом при автоматизированном проектировании (интегрирующие, связующие программы).

ERP (Enterprise Resource Planning) – программы планирования и управления ресурсами предприятия (организационно-плановой подготовки).

Автоматизированные системы

АСТПП – автоматизированная система технологической подготовки производства.

САПР – система автоматизированного проектирования.

СУБД – система управления базами данных.

АСУП – автоматизированная система управления.

Числовое программное управление

ЧПУ – числовое программное управление.

УЧПУ – устройство числового программного управления.

УП – управляющая программа.

РТК – расчетно-технологическая карта.

Государственные стандарты и рекомендации

ГОСТ – государственный стандарт.

ТУ – технические условия.

Р – рекомендации.

ЕСКД – единая система конструкторской документации.

ЕСТД – единая система технологической документации.

ЕСТПП – единая система технологической подготовки производства.

Конструкторские документы

КД – конструкторские документы.

ЧД – чертеж детали.

СЧ – сборочный чертеж.

ЧОВ – чертеж общего вида.

ТЧ – теоретический чертеж.

ГЧ – габаритный чертеж.

МЧ – монтажный чертеж.

Технологические процессы

ТП – технологический процесс.

ОТП – общий технологический процесс.

ТТП – типовой технологический процесс.

ГТП – групповой технологический процесс.

АТП – технологический процесс-аналог.

Технологические документы

КЭ – карта эскизов.

ТИ – технологическая инструкция.

МК – маршрутная карта.

КТП – карта технологического процесса.

КТТП – карта типового (группового) технологического процесса

ОК – операционная карта.

Элементы технической подготовки производства

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

КПП – конструкторская подготовка производства.

ТПП – технологическая подготовка производства.

ТЭО – технико-экономическое обоснование.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение современных компьютерных технологий на российских промышленных предприятиях позволяет им выжить и преуспеть на рынке машиностроительной продукции, находящейся сегодня в условиях жесткой конкуренции. *Автоматизация подготовки производства* дает возможность предприятиям быстро реагировать на изменение спроса, в короткие сроки выпускать новые виды продукции, быстро модернизировать выпускаемую продукцию, отслеживать жизненный цикл изделий, эффективно повышать качество изделий.

Современный мировой рынок диктует свои условия. Сегодня практически невозможно привести предприятие и его продукцию в соответствие с требованиями международной системы качества по ISO 9000 без внедрения компьютерных технологий в конструкторско-технологическую подготовку производства. Отставание в этой области часто затрудняет российским предприятиям осваивать выгодные рынки развитых стран. Уже давно закончилось то время, когда потребности конструкторско-технологических отделов отечественных машиностроительных предприятий ограничивались только CAD-системами, действующими по образу и подобию кульмана.

Актуальность монографии обусловлена стремительным ростом практического использования компьютерных программ в России и за рубежом для технической подготовки машиностроительного производства и острым недостатком научной и учебной литературы по этому вопросу.

Цель монографии – комплексно рассмотреть направления автоматизации технической подготовки машиностроительного производства. Для достижения цели поставлены следующие *задачи*:

- 1) рассмотреть принципы, методику и технологию конструкторской автоматизированной подготовки машиностроительного производства;
- 2) рассмотреть принципы, методику и технологию технологической автоматизированной подготовки машиностроительного производства;
- 3) рассмотреть принципы, методику и технологию бизнес-планирования машиностроительного производства.

Вместе с бурным развитием компьютерных технологий на рынке Российской Федерации появились программные продукты, ориентированные на нужды современного машиностроительного производства. К таким продуктам относятся CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM, ERP-программы.

В машиностроительных объединениях и на предприятиях процессы создания и освоения новой техники и технологии образуют единую систему комплексной подготовки производства.

Комплексная подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных научных, технических и организационно-плановых мероприятий по созданию и освоению новых и совершенствованию старых конструкций машин, технологических процессов и методов организации и планирования производства.

Техническая подготовка осуществляется конструкторской и технологической службами, которые представляют штаб технической подготовки. Его органами в цехах предприятия являются технические бюро. Руководит всей технической подготовкой главный инженер завода.

Современный подход к конструкторско-технологической подготовке характерен комплексностью решений. Поэтому в современном производстве все чаще предпочтение отдается не разрозненным компьютерным программам, а программам, интегрированным между собой. Это позволяет сохранять ассоциативные связи между документами по всей цепочке подготовки производства и исключить таким образом «случайное» несоответствие в документации. Техническая подготовка начинается с проектирования и конструирования изделия.

Конструкторская подготовка производства включает проектирование новой продукции и модернизацию ранее производившейся, а также разработку проекта реконструкции и переоборудования предприятия или его отдельных подразделений. В процессе проектирования определяются характер продукции, ее конструкция, физико-химические свойства, внешний вид, технико-экономические и другие показатели. Результаты конструкторской подготовки оформляются в виде технической документации. Конструкторскую подготовку производства осуществляет отдел главного конструктора.

Автоматизация конструкторской подготовки производства начинается с использования САД-программ. При разработке и согласовании конструкторской документации конструкторы часто используют специальные инженерные расчеты. Для автоматизированного выполнения инженерных расчетов используются САЕ-программы. Программы САЕ получают и используют информацию, созданную в программе САД.

Конструкторская подготовка производства осуществляется в соответствии с комплексом государственных стандартов. Названные стандарты устанавливают единые взаимосвязанные правила и положения ее проведения, оформления и обращения конструкторской документации. Применение Единой сис-

темы конструкторской документации (ЕСКД) позволяет создавать благоприятные условия для обеспечения научно-технической подготовки производства на высоком уровне.

После утверждения рабочего проекта начинается развернутая технологическая подготовка производства.

Технологическая подготовка производства является продолжением работ по проектированию изделия. На этой стадии устанавливается, при помощи каких технических методов и средств, способов организации производства должно изготавливаться данное изделие, окончательно определяются его себестоимость и эффективность производства. Такая технология разрабатывается как для каждого нового изделия, так и для традиционной продукции с целью повышения технического уровня и снижения издержек производства, улучшения условий труда, охраны окружающей среды. Технологическая подготовка производства охватывает проектирование технологических процессов. Технологическую подготовку производства осуществляет отдел главного технолога.

Автоматизация технологической подготовки производства начинается с использования САРР-программ, позволяющих разрабатывать маршрутную и операционную технологии. Технологическая подготовка производства предусматривает также разработку проектов, изготовление и наладку специального технологического оборудования, технологической оснастки, необходимых для производства нового (модернизированного) изделия.

После САРР-программ дальнейшая технологическая подготовка производства при необходимости и возможности ведется в САМ-программах, которые позволяют проектировать обработку на станках с ЧПУ (разрабатывать управляющие программы для этих станков) и проверять управляющие программы компьютерной имитацией обработки.

Стадии разработки технологической документации, применяемой для технологических процессов изготовления изделий, определяются в зависимости от стадий разработки используемой конструкторской документации.

Технологическая подготовка производства осуществляется в соответствии с комплексом государственных стандартов. К ним относятся: Единая система технологической документации (ЕСТД), Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Использование единых межотраслевых стандартов создает благоприятные условия для обеспечения научно-технической подготовки производства на высоком уровне, способном гарантировать конкурентоспособность выпускаемых изделий.

Связь между конструкторскими и технологическими программами при автоматизированной подготовке производства осуществляют *специальные интегрирующие PDM-программы*, которые являются основным связующим компонентом комплексной системы конструкторско-технологической подготовки производства.

После разработки технологической документации начинается технико-экономическое обоснование проекта.

Автоматизация технико-экономического обоснования проекта начинается с использования ERP-программ, выполняющих планирование и управление ресурсами предприятия, необходимыми для осуществления продаж, производства, закупок и т.п.

Международные финансовые организации опираются в своей практике на стандарт, разработанный специалистами UNIDO – авторитетной организации, созданной ООН. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) занимается выработкой стратегии экономического развития стран с переходной экономикой. Одним из результатов ее деятельности является создание стандартов подготовки инвестиционных решений.

В настоящее время ощущается недостаток научной и учебной литературы по вопросам автоматизированной подготовки и планирования машиностроительного производства. Данная монография восполняет нехватку учебников и пособий такого содержания применительно к учебному процессу на машиностроительных специальностях вузов и соответствует программам курсов «Технология машиностроения», «Проектирование машиностроительного производства», «Основы автоматизированного проектирования», «Планирование на предприятии».

Монография может быть полезной для конструкторов, технологов, экономистов и студентов, интересующихся вопросами технической подготовки машиностроительного производства.

Монография подготовлена на кафедре «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета. Автор выражает преподавателям кафедры и производственникам искреннюю признательность за оказанную помощь при написании монографии.

1. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Компьютерные программы для конструкторской подготовки производства

Основными тенденциями развития современного машиностроительного производства являются повышение его гибкости, переход от массового и крупносерийного производства к серийному и мелкосерийному производству. Важную роль в этом процессе играет использование в производстве станков с ЧПУ, которые позволяют быстро и эффективно осуществить этот переход. Основная часть работ по подготовке функционирования станков с ЧПУ выполняется на персональных компьютерах. Вместе с бурным развитием компьютерных технологий на рынке появились и программные продукты, ориентированные на нужды современного машиностроительного производства. К таким продуктам относятся следующие **программы: CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM.**

1.1.1. CAD-программы компьютерного проектирования

Подготовка производства начинается с разработки конструкторской документации. Для автоматизированной разработки конструкторской документации используются CAD-программы [8, 11, 16, 17, 20].

CAD (Computer Aided Design) – это программы компьютерного проектирования (конструкторской подготовки производства). Эти программы предназначены для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации и, как правило, *включают в себя два модуля*: модуль моделирования объемной конструкции (детали, узла) и модуль оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификации, ведомости и т.д.).

История развития CAD-программ содержит несколько основных шагов.

Первый шаг в автоматизации конструкторской подготовки производства – *автоматизация черчения*, т.е. создание на персональном компьютере эскизов и чертежей любой сложности.

Второй шаг в автоматизации конструкторской подготовки производства – *переход от простого черчения к двумерному проектированию деталей и сборок (2D)*. Двухмерное проектирование отличается от черчения тем, что конструктор создает чертеж не в виде набора линий, а в виде математической модели с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигу-

раций деталей, взаимные перемещения деталей в сборках, выполняются различные расчеты, может изменяться состав изделия.

Третий шаг в автоматизации конструкторской подготовки производства – *трехмерное моделирование (3D)*. Это позволяет моделировать детали и сборки в их естественном (объемном, трехмерном) виде, что дает возможность компьютерной проверки собираемости изделий. За счет связи программ CAD 3D с программами конечно-элементного анализа (CAE) стало возможным параллельное проведение в компьютере и прочностных расчетов изделий.

Возможности программ CAD. Современные программы CAD 3D наиболее часто построены на геометрическом ядре «Parasolid» фирмы «UGS». Это ядро сегодня считается лучшим ядром трехмерного моделирования для задач конструкторской подготовки. В процессе проектирования конструктор моделирует функционирование изделий, а инструменты параметризации позволяют избежать ошибок, а значит, повышают эффективность работы. Это стало возможным за счет технологий визуальной параметризации, контекстной сборки, диалогового управления проектом и других.

Программы CAD обладают целым рядом функций, характеризующих современное компьютерное конструирование и проектирование. **Основные функции** – параметризация, ассоциативность, оптимизация, диалог пользователя, сборочные модели, проектирование «сверху вниз» и др.

Параметризация конструкции – это заложенные внутри конструкторской модели определенные соотношения, которые затем автоматически модифицируют (изменяют) модель при изменениях в каком-либо из параметризованных параметров конструкции. Например, если заданы соотношения между модулем зубчатой передачи, передаточным отношением и делительным диаметром зубчатого колеса, то при изменении любого параметра все остальные будут автоматически приходить в соответствие, что отразится в чертеже, в размерах и в таблице.

Ассоциативность данных – это автоматически поддерживаемая доступность информации, введенной в одной части программы для других частей. Например, для детализовки по трехмерной модели изделия конструктор создает ассоциативно-связанные двухмерные проекции на чертеже. При редактировании трехмерной модели детали или выборе нужного исполнения все изменения автоматически отображаются на чертеже.

Оптимизация – это автоматический подбор наилучших параметров изделия по выбранному критерию без рутинной ручной подгонки геометрии.

Диалог пользователя – это инструменты пользователя, которые позволяют организовать наглядное представление изменяемых параметров. Диалог пользователя облегчает использование параметрического проекта (модели) любым проектировщиком и делает возможным компактный вывод управляемых параметров.

Работа с информацией в CAD. В программах CAD подготовка конструкторской документации производится в соответствии со всеми российскими и международными стандартами.

Создание модели изделия в программах CAD осуществляется при помощи специальных инструментов: панелей пиктограмм, строки команд, меню.

Осуществляется поддержка форматов STEP, DXF, IGES, STL, DWG, XT/XB, GRB. Если работа конструктора с CAD программой заканчивается, то информация сохраняется в «родном» для нее формате. Например, в программе «AutoCAD» это формат DWG, в программе «T-Flex CAD» – GRB.

При работе с моделью в программе CAD можно подключить программу CAE и произвести для данной модели инженерные расчеты.

Информацию из программы CAD можно передать в программу PDM, а из нее в любую программу интегрированной системы.

Примеры действующих программ CAD. В качестве программ CAD используются как специализированные трехмерные редакторы типа «T-Flex CAD 3D», «3D MAX», «Maya», так и универсальные «AutoCAD», «Компас-3D», «Solid Works», «Pro Engineer».

1.1.2. CAE-программы инженерных расчетов

При разработке и согласовании конструкторской документации конструкторы часто используют специальные инженерные расчеты. Для автоматизированного выполнения инженерных расчетов используются CAE-программы.

CAE (Computer Aided Engineering) – это программы инженерных расчетов (конструкторской подготовки производства).

Возможности программ CAE. Класс CAE составляют программы, каждая из которых позволяет решать определенную расчетную задачу. Сюда относятся: расчеты на прочность, анализ и моделирование тепловых процессов, расчет гидравлических систем и машин, расчет процессов литья, динамический и кинематический анализ, расчеты зубчатых передач и пружин и др.

Работа с информацией в САЕ. Программы САЕ получают и используют двух- или трехмерную модель, созданную в программе САД. Сохранение информации в САЕ-программах производится в собственных форматах.

Передача информации из САЕ осуществляется как непосредственно в другие программы, так и через программу управления проектами PDM.

Примеры действующих программ САЕ. Программа «Т-Flex/ИСПА» предназначена для конечно-элементного анализа изделий, программа «Т-Flex/Зубчатые передачи» – для расчета зубчатых передач, «Т-Flex/Пружины» – для расчета параметров пружин. Программа «Ракурс», разработанная в Южно-Уральском государственном университете, позволяет производить расчеты размерных цепей.

Конструкторская подготовка производства содержит следующие стадии: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, разработка рабочей документации (рабочего проекта). После утверждения рабочего проекта конструкторами начинается технологическая подготовка производства (ТПП).

1.2. Компьютерные программы для технологической подготовки производства

1.2.1. САРР-программы планирования технологии производства

Автоматизация технологической подготовки производства начинается с использования САРР-программ, позволяющих разрабатывать маршрутную и операционную технологии [1, 2, 19, 21].

САРР (Computer Aided Process Planning) – это программы планирования (технологической подготовки) производства.

История развития САРР-программ содержит несколько основных шагов.

Первый шаг в автоматизации технологической подготовки производства – *автоматизация проектирования маршрутной технологии*, т.е. сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. Этот шаг стал возможным за счет создания и пополнения электронной базы данных о технологических процессах. В основе базы данных лежит классификация деталей и узлов. Основным принцип работы современных программ САРР – накопление знаний опытных технологов конкретного предприятия с

последующим использованием этого опыта (базы) независимо от них. Эти программы позволяют аккумулировать опыт наиболее квалифицированных специалистов предприятия, использовать и тиражировать его, обучать на его основе молодых специалистов.

Исходной информацией для «обучения» программы САРР являются технологические процессы (ТП) изготовления конкретных изделий, которые уже отлажены на производстве. По мере наполнения баз данных программа обретает возможность проектирования технологии изготовления совершенно новых изделий, которых еще не было в производстве.

Второй шаг в автоматизации технологической подготовки производства – *автоматизация проектирования маршрутно-операционной технологии*, т.е. сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения.

Для автоматического проектирования техпроцесса в программе САРР достаточно указать, к какому классу относится деталь. Программа САРР подберет из электронной базы данных технологические операции и переходы, необходимые для изготовления этой детали, рассчитает параметры и сформирует комплект документов технологического процесса.

Последовательность диалогового проектирования техпроцесса в программе САРР следующая. Предлагаемые программой технологу варианты зависят от выбора, выполненного на предыдущем шаге проектирования. Например, в зависимости от наименования операции предлагается список оборудования, на котором возможно ее выполнение. Далее выбираются цех и профессия работника. В операцию автоматически вносятся номер инструкции по охране труда, необходимые приспособления и прочее. Технологические операционные эскизы и карты наладки могут выполняться в любом графическом редакторе. В разрабатываемом техпроцессе эти графические документы подключаются к переходам операций с возможностью их просмотра.

«Гибридное (смешанное)» проектирование техпроцесса – это соединение автоматического и диалогового проектирования. В режиме «гибридный» проектирование ТП начинается в автоматическом режиме с формирования части ТП, содержащей операции и переходы общие для группы (класса) деталей: операции, описывающие изготовление заготовки, обработку базовых поверхностей, предварительную обработку детали, термическую обработку, нанесение покрытий и т.п. В результате автоматического проектирования формируется общая часть ТП обработки детали, т.е. «черновой» маршрутно-операционный техпроцесс. После автоматизированного режима технолог работает в режиме

диалогового проектирования и добавляет недостающие по его мнению технологические операции и переходы, т.е. формирует «чистовой» маршрутно-операционный техпроцесс. В диалоговом режиме проектирования в программе САРР включаются так называемые «Мастера проектирования» (специальные окна), которые «ведут» пользователя по пути оптимального проектирования, учитывающего характеристики и традиции конкретного производства. Работа технолога заключается в заполнении «Мастеров проектирования» с присоединением их непосредственно к группам данных в информационной базе программы. При использовании «гибридного» проектирования можно производить любые расчеты автоматически в пределах операции или перехода: расчет критериев для подбора оснащения по его параметрам; расчет подготовительно-заключительного времени на проведение операции; основного и вспомогательного времени на выполнение перехода; расчет режимов обработки; выбор значений из таблиц и другие.

Третий шаг в автоматизации технологической подготовки производства – *автоматизация проектирования маршрутно-операционной технологии по данным электронного чертежа изделия*, т.е. сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения по данным, автоматически переданным из САД-программы в САРР-программу.

Четвертый шаг в автоматизации технологической подготовки производства – *автоматизация проектирования операционной технологии*, как по данным электронного чертежа изделия, так и по данным введенным технологом, т.е. полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов. При работе в программе САРР все документы на ТП автоматически оформляются в соответствии с требованиями стандартов «Единой системы технологической документации (ЕСТД)» и стандартов предприятия.

Проектирование по «общим технологическим процессам» (ОТП) тесно связано с параметризацией технологии. Часто бывает, что во время разработки нового изделия в КБ заводские технологи «простаивают». Зато, когда конструкторская документация приходит к технологам, они вынуждены работать сверхурочно. Кроме того, всем работающим на промышленных предприятиях знакома порочная традиция, когда после передачи документации по новому изделию из КБ в техотдел начинается хождение технологов к конструкторам для проведения изменений. Выход из подобных ситуаций – это параллельное выполнение конструкторско-технологических работ в программах САД и САРР.

Параллельное выполнение конструкторско-технологических работ приводит к тому, что технологи начинают создавать параметрические «Общие технологические процессы (ОТП)» по получаемой от конструкторов предварительной информации (конструируемые детали, сборочные единицы) еще до окончательного утверждения всей конструкторской документации на изделие. Эти ОТП содержат описание технологии изготовления групп деталей без указания конкретных размеров или исполнений.

Таким образом, параллельно с созданием параметрической модели изделия конструкторами в КБ технологи формируют ОТП, содержащие описание возможных вариантов изготовления деталей этой группы. Например, при создании ОТП предусматривается, что изменение фасонного профиля паза влияет на изменение структуры технологического процесса. Сформированный ОТП содержит операции и переходы: литья металлов, предварительной обработки заготовки, разметки, вспомогательные операции контроля и покрытий, механической обработки различных поверхностей. ОТП содержит все операции и переходы, которые могут применяться для изготовления деталей этой группы на конкретном производстве.

При создании ОТП параллельно с конструированием изделия технологи могут еще до утверждения конструкторской документации планировать заказы технологического оснащения и анализировать конструкцию на технологичность. Причем, анализ конструкции на технологичность может одновременно производиться как в опытном, так и в серийном производстве.

Применение «параллельного» подхода к выполнению конструкторских и технологических работ обеспечивает то, что к моменту утверждения конструкторской документации и передачи ее технологом, те уже подготовили ОТП на группы деталей и полностью готовы к быстрому (автоматическому) проектированию технологии.

Наборы параметрических ОТП обеспечивают автоматический выбор операций, переходов, оснастки, трудовое нормирование, расчеты режимов и содержащих модели параметрических операционных эскизов. Все ОТП содержат необходимую технологическую, логическую и расчетную части, а также массивы табличных данных по ГОСТ, ОСТ и множеству руководящих и справочных изданий.

Примеры наименований ОТП: обработка на токарных автоматах и полуавтоматах, штамповка, термообработка, гальваника, литье, прессование, сварка, окраска, полумуфты, статоры, диски, корпуса, валы, шестерни, червяки, втулки, болты, гайки, заклепки, шпонки, трубы.

ОТП используют для параметрического проектирования как единичных, типовых, так и групповых ТП.

Наряду с оригинальным методом проектирования по «Общим технологическим процессам» в современных программах САРР реализованы и традиционные методы: по типовому технологическому процессу, по групповому технологическому процессу и проектирование единичного технологического процесса.

Технолог сам выбирает метод проектирования, наиболее подходящий в конкретном случае, а также способ его использования: автоматический, полуавтоматический, диалоговый или их сочетание. Например, сборочные технологические процессы можно проектировать в диалоге, изготовление корпусных деталей – в полуавтоматическом режиме, а процессы изготовления тел вращения – в автоматическом.

Пятый шаг в автоматизации технологической подготовки производства – автоматизация проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ и их проверка путем имитации обработки детали на экране монитора по данным разработанной управляющей программы.

Возможности программ САРР.

1. Накопление данных для проектирования новых техпроцессов.
2. Автоматическое формирование полного комплекта технологической документации (маршрутных карт, маршрутно-операционных карт, операционных карт, карт контроля, ведомостей оснастки, материалов и комплектующих, титульных листов и др.).
3. Автоматическое заполнение документов произвольных форм в формате MS Word, а также автоматическое и диалоговое формирование текстов технологических переходов.
4. Автоматическое получение и использование данных об изменениях в конструкции детали или в требованиях к качеству поверхностей из программ САД (т.е. из электронных чертежей или трёхмерных моделей).
5. Автоматическое проектирование сборочных техпроцессов;
6. Передача данных между подразделениями или предприятиями может осуществляться как по локальным сетям, так и через Internet.

Параметрический подход заложен и в автоматизированных средствах проектирования технологических процессов. Используя одновременно параметрические системы автоматизации проектирования ТП и конструирования изделий, предприятие приобретает грандиозные преимущества перед предприятиями, использующими отдельно графические и технологические редакторы

для оформления чертежей и технологических карт. Эти преимущества основаны на установлении взаимосвязей конструкторской и технологической информации, представленной в электронном виде. Прямая связь конструкторской САПР с технологической позволяет устранить промежуточный этап перевода конструкторской информации в технологическую.

К настоящему времени созданы и апробированы системы взаимосвязи средств проектирования технологии и таких систем конструирования, как «T-Flex CAD», «SolidWorks», «ProEngineer», «Unigraphics».

САПР позволяют автоматизировать любые расчетные процедуры, сопутствующие проектированию технологии, путем создания специализированных процедур (условий) в базе данных.

Например, информация, с которой работает технолог при расчете режимов резания и норм времени, вне зависимости от вида источника данных (справочник, руководящие материалы, собственные наработки) представляется в виде таблиц и формул. При этом расчет режимов резания и норм сводится к выборке данных из таблиц и вычислению их по формулам. При создании базы данных основой для принятия решений и расчетных процедур обычно являются справочники «Нормы времени и режимов резания для нормирования работ». Выбор этих справочников обусловлен тем, что в них подробно рассмотрены особенности расчетов в зависимости от групп обрабатываемых материалов и видов инструментов. Благодаря этому база данных охватывает обработку деталей из наиболее часто встречающихся в производстве материалов: сталей, чугунов, медных и алюминиевых сплавов. В ней учитывается применение широкой номенклатуры режущего инструмента: резцов проходных, отрезных, расточных, канавочных; фрез торцовых, концевых, дисковых двух-и трехсторонних, пазовых, прорезных, угловых, шпоночных; сверл, зенкеров, разверток, зенковок и т.д.

Работа с информацией в САПР. Программы САПР получают и используют модели, созданные в программах CAD. Происходит это следующим образом. Во всех конструкторских программах, известных в России, в той или иной мере были реализованы интерфейсы OLE, COM, API. На основе этих программных средств разработан набор специализированных интерфейсов, обеспечивающих интеграцию программ САПР с множеством конструкторских программ. Эти интерфейсы обеспечивают преобразование геометрических данных из конструкторских программ в информационную модель, достаточную для проектирования технологических процессов в автоматическом, полуавтоматическом и диалоговом режимах.

Программной средой для реализации программ САРР часто является система управления базами данных (СУБД) «Microsoft Access». СУБД «Microsoft Access» имеется на каждом предприятии, так как она входит в комплект «Microsoft Office». Русская версия «Microsoft Access» и обилие популярных книг по этой СУБД обеспечивают возможность подключения программы САРР сотрудниками завода к используемой на предприятии автоматизированной системе управления (АСУП).

Сохранение информации производится в форматах MDB, GRB и др.

Передача информации (данных) между программами (подразделениями или предприятиями) осуществляется как по локальным сетям, так и через Internet.

Примеры действующих программ САРР. В качестве программ САРР в настоящее время используются «Т-Flex/ТехноПро» и «Т-Flex/СИМАС» от компании «Топ Системы».

1.2.2. САМ-программы компьютерной поддержки изготовления

После САРР-программ дальнейшая автоматизация технологической подготовки производства при необходимости и возможности ведется в САМ-программах.

САМ (Computer Aided Manufacturing) – это программы компьютерной поддержки изготовления (технологической подготовки производства).

Возможности программ САМ. Программы САМ позволяют производить технологическую подготовку производства – проектировать обработку на станках с ЧПУ (фрезерных, сверлильных, токарных, шлифовальных, эрозионных, пробивных и др.), т.е. разрабатывать управляющие программы для этих станков и проверять программы имитацией обработки.

Работа с информацией в САМ. Программы САМ используют модели, созданные в программе САД, и при необходимости информацию из программы САРР.

Способы формирования управляющих программ (УП): внутри самой программы САМ (с ограниченным набором поддерживаемых систем ЧПУ), в постпроцессоре, получившем информацию от программы САМ (при использовании универсальных постпроцессоров).

Перед тем, как программа САМ сформирует управляющую программу для станка с ЧПУ, происходит диалог с пользователем, в котором он либо соглашается со стратегией обработки, предлагаемой САМ, либо разрабатывает

свою расчетно-технологическую карту. И в том, и в другом случаях эта информация является основой для составления управляющей программы.

Вывод управляющих программ из САМ может осуществляться следующим образом: 1) на печатающее устройство в виде карты (форма 5 по ГОСТ 3.1404-86), содержащей кадры управляющей программы; 2) по кабелю передаваться в виде кадров управляющей программы непосредственно в систему ЧПУ станка; 3) через перфоратор на перфоленту.

Адаптация информации из программы САМ к системе ЧПУ станка может производиться двумя способами. Первый способ – в САМ-программе существует ограниченный набор поддерживаемых систем ЧПУ станка, второй – использование универсальных постпроцессоров, т.е. специализированных программ, служащих для адаптации информации из САМ для систем ЧПУ станков и разработки постпроцессоров для новых станков.

В настоящее время выделяются российский универсальный инвариантный постпроцессор «АРТИРР» от «Евразия Лтд.» и западные «PostWorks» от «NCCS», «САМ POST» от «iCAM», «G-POST» от «Intercim» и «IMSpост» от «IMS». Универсальные постпроцессоры позволяют избежать трудностей, связанных с отсутствием поддержки конкретной системы ЧПУ станка в программе.

В частности, некоторые постпроцессоры позволяют инженеру (технологу) самостоятельно настраивать систему формирования программы под конкретную систему ЧПУ. Таким образом, инженер самостоятельно может решить проблему подготовки управляющей программы для нового станка, один раз создав необходимый шаблон, позволяющий выполнять постпроцессинг, а затем использовать его для формирования программы.

Сохранение информации в САМ производится в собственных форматах.

Примеры действующих программ САМ. Среди зарубежных программ САМ основные позиции занимают «EdgeCAM» от компания «Pathtrace Ltd» и пакет твёрдотельного параметрического моделирования «SolidWorks» от американской компании «SolidWorks Corporation».

Среди российских можно отметить программу «Т-Flex ЧПУ», формирующую управляющие программы для станков с ЧПУ, и программу «Т-Flex NC Tracer», имитирующую на экране монитора процесс обработки детали на станке. Разработчиком этих продуктов является фирма «Топ Системы».

«Компас-ЧПУ» обеспечивает автоматизированное проектирование управляющих программ для станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы, обрабатывающих центров, электроэрозионных, токарных станков.

«GeMМа-3D» позволяет разрабатывать управляющие программы станков с ЧПУ для наиболее сложных деталей, изготавливаемых с помощью фрезерования, сверления и электроэрозионной резки. «GeMМа-3D» может применяться при подготовке производства совместно с программой «Компас-3D», в которой выполняется конструирование деталей.

«SprutCAM» предназначена для разработка управляющих программ ЧПУ для трехмерной обработки (фрезерование, сверление, растачивание) деталей любой сложности. Импорт геометрической модели из файла в стандарте IGES обеспечивает интеграцию с самыми различными CAD: «Autodesk Mechanical Desktop», «EUCLID», «CADDs», «Pro/Engineer», «CADKEY», «Rhinoceros», «CATIA», «Solid Edge», «EDS/Unigraphics», «ZCAD» и др. Стандарт IGES поддерживает широкий набор типов объектов. Поэтому передача информации по цепи CAD-IGES-модель-SprutCAM выполняется без преобразования форматов представления геометрических объектов, что обеспечивает высокую степень достоверности модели.

Технологическая подготовка производства содержит следующие стадии: предварительный проект (эскизный проект и технический проект), разработка документации: а) опытного образца (опытной партии), б) серийного (массового) производства.

1.3. PDM-программы управления проектами и техническим документооборотом

Связь между конструкторскими и технологическими программами при автоматизированной подготовке производства осуществляют специальные интегрирующие PDM-программы.

PDM (Product Data Management) – это программы управления проектами и техническим документооборотом.

Возможности программ PDM. Программы PDM – это основной связующий компонент комплексной системы конструкторско-технологической подготовки производства. Эти программы осуществляют поддержку жизненного цикла изделий, технологическую подготовку производства, создание технологической и нормативно-сметной документации.

Входные данные для систем управления предприятиями – трудовые и материальные нормативы. Для их расчета в программах PDM реализованы методы укрупненного табличного и точного аналитического расчетов, а также возможность их сочетания. Программа позволяет пользователю ввести любые таб-

лицы с данными, расчетные формулы и правила их взаимодействия. При этом участия программистов не требуется.

Работа с информацией в PDM. Программы PDM получают информацию (данные) из CAD, CAE, CAPP, CAM-программ и распределяют ее по необходимости между этими программами.

Примеры действующих программ PDM. На сегодняшний день наиболее распространенной программой PDM является «T-Flex DOC_S» от фирмы «Топ Системы».

После разработки технологической документации начинается технико-экономическое обоснование производства. Организационно-экономическую подготовку производства выполняют при помощи программ планирования и управления ресурсами предприятия.

1.4. ERP-программы планирования и управления ресурсами

Разработанный конструкторами и технологами проект должен быть экономически эффективным. Автоматизация расчетов экономических показателей и управление ими производится при помощи ERP-программ [3, 4, 5, 6, 7].

ERP (Enterprise Resource Planning) – программы планирования и управления ресурсами предприятия.

История развития ERP-программ содержит несколько основных шагов.

Первый шаг в автоматизации расчета технико-экономических показателей проектов при управлении подготовкой производства – *автоматизация технического нормирования операций технологических процессов*, т.е. автоматизированный расчет нормы штучного и нормы подготовительно-заключительного времени операций и их суммы.

Второй шаг в автоматизации расчета технико-экономических показателей проектов при управлении подготовкой производства – *автоматизация расчета себестоимости изделий*, т.е. автоматизированный расчет цеховой, производственной и полной себестоимости продукции.

Третий шаг в автоматизации расчета технико-экономических показателей проектов при управлении подготовкой производства – *автоматизация расчета экономического эффекта*, т.е. автоматизированный расчет разности приведенных затрат сравниваемых вариантов проектов.

Четвертый шаг в автоматизации расчета технико-экономических показателей проектов при управлении подготовкой производства – *автоматизация*

расчета технико-экономического обоснования проекта, т.е. автоматизированный расчет комплекса технико-экономических показателей проекта.

Пятый шаг в автоматизации расчета технико-экономических показателей проектов при управлении подготовкой производства – *автоматизация расчета бизнес-плана инвестиционного проекта*, т.е. автоматизированное формирование финансовых (бухгалтерских) отчетов и расчет на их основе комплекса финансовых показателей проекта.

Возможности программ ERP. Эти программы позволяют осуществлять планирование и управление мероприятиями, необходимыми для осуществления продаж, закупок и учета при выполнении заказов клиентов в сферах производства, дистрибуции и оказания услуг.

Работа с информацией в ERP. Вся конструкторская и технологическая подготовка производства на этом этапе выражается в денежном эквиваленте. В программу ERP вводят данные по внеоборотным и оборотным активам, по затратам на персонал, по накладным расходам и налогам, по затратам на сырье и комплектующие, по ценам и объемам продаж. Для ввода этой информации используют диалоговые окна.

Введенная информация формирует экономическую модель работы предприятия по разработанной технологии на определенный период времени. В результате расчетов по сформированной экономической модели предприятия генерируются финансовые формы (прибыли-убытки, баланс, движение денежных потоков, отчет об использовании прибыли и др.), по которым определяются экономические показатели.

Расчет нескольких альтернативных вариантов использования разработанной технологии позволяет выбрать вариант, который наиболее подходит для предприятия.

Примеры действующих программ ERP. Наиболее широко на машиностроительных предприятиях используются программы Microsoft Project и Project Expert.

1.5. Комплексы систем автоматизированного проектирования

Для современного подхода к конструкторско-технологической подготовке характерна *комплексность решений*. Поэтому все чаще *предпочтение отдается программам, интегрированным между собой*. Это позволяет сохранять ассоциативные связи между документами по всей цепочке подготовки произ-

водства и исключить таким образом «случайное» несоответствие в документации.

Существует большое количество различных по своей функциональности программ, созданных как в нашей стране, так и за рубежом.

По количеству охватываемых функций **выделяют специализированные программы и интегрированные (универсальные) системы.**

Специализированные программы состоят из какой-либо одной системы, предназначенной для выполнения конкретной задачи: разработки управляющих программ для станков с ЧПУ (CAM), графической верификации управляющих программ и т.д.

Специализированные программы представлены такими отечественными разработками, как «SprutCAM» от «СПРУТ-Технология», «T-Flex/ЧПУ» от фирмы «Топ Системы», «Техтран» от НИП «Информатика», «Тиграс» от МП «Камея», «ГеММа-3D» от «НТЦ ГеММа», и зарубежными: «EdgeCAM» от «Pathtrace Ltd.», «CAM Works» (приложение для среды Solid-Works) от «TekSoft CAD/CAM System, Inc.», «SolidCAM» от «SolidCAM Inc.», «Sirius» от «Sinus Systems Corporation», «PowerMill» от «DELCAM», «AlphaCAM» от «Licom AlphaCAM», «SURFCAM» от «Surfware Inc.».

Интегрированные (универсальные) системы содержат сразу несколько программ и позволяют одновременно автоматизировать как конструкторскую, так и технологическую подготовку производства (рис. 1.1).

Взаимная интеграция программ. Заложенное в системе стремление к единому информационному пространству и согласованное использование единых данных на всех этапах подготовки производства и этапах производственного цикла сокращает затраты и предупреждает большинство возможных ошибок. Ассоциативность данных поддерживается не только в рамках одной программы. Информация, введенная в одной программе, становится доступной и в других программах системы. Например, при изменении чертежа детали в CAD-программе готовые технологические документы на ее изготовление могут быть автоматически откорректированы программой CAPP. Или при изменении 3D-детали в CAD-программе автоматически корректируется программа для станка с ЧПУ в программе CAM. Управлением ассоциативностью данных технических документов занимается программа PDM, доступ в которую возможен из всех программ системы.

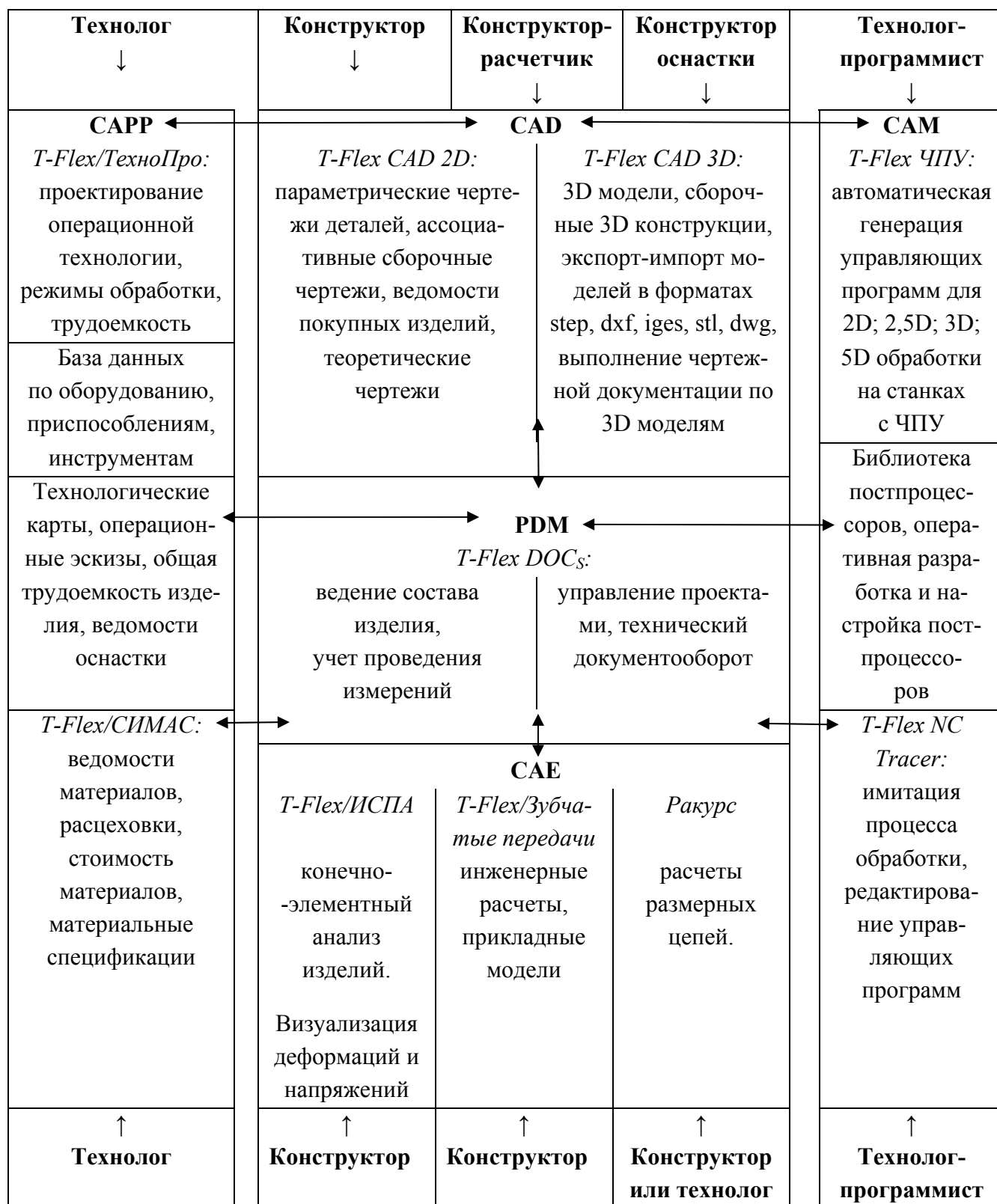


Рис. 1.1. Схема интегрированной системы технологической подготовки производства

Взаимная интеграция программных продуктов с использованием внутренних программных механизмов позволяет наиболее эффективно запараллеливать работы и добиться значительного сокращения циклов конструкторско-технологической подготовки.

Интегрированные системы российского производства сегодня представлены системой «Т-Flex» от фирмы «Топ Системы», семейством «Компас» от компании «Аскон», пакетом «СПОП-3» от «Лаборатория САПР», «САПР-ЧПУ/2000» от «Евразия Лтд.», «ADEM» от «Omega Technologies». Из зарубежных можно выделить «CATIA» от «IBM», «Pro/Engineer» от «PTC», «I-DEAS» от «SDRC», «Unigraphics» от «Unigraphics Solutions».

Таким образом, в основе универсальных систем лежит тесная интеграция CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM и ERP-программ в единое целое, что позволяет разрабатывать современные конкурентоспособные изделия и процессы их изготовления.

2. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

2.1. Технология инженерно-конструкторского проектирования

Технология (от греч. *technē* – мастерство и *logos* – учение) – совокупность методов (способов) изготовления (изменения, обработки), осуществляемых в процессе производства какой-либо продукции, выполнения работ [15].

Технология проектирования – это совокупность методов (способов) решения задач проектирования и их практическая реализация для достижения цели проектирования.

Льюис Дейвис, писавший о проектировании работ, предложил следующее определение: «*Технология* – это сочетание квалификационных навыков, оборудования, инфраструктуры, инструментов и соответствующих технических знаний, необходимых для осуществления желаемых преобразований в материалах, информации или людях» [12].

2.1.1. Принципы инженерно-конструкторского проектирования

Для проектирования изделий машиностроения используют **специальные инженерно-конструкторские подходы**.

1. *Сбалансированность интересов сторон*, разрабатывающих, изготавливающих, реализующих и потребляющих продукцию.

2. *Динамичность проектирования*. Научно-технический прогресс вносит изменения в технику, технологию и процессы. Поэтому инженерно-конструкторское проектирование должно идти в ногу с происходящими переменами.

3. *Системность и комплексность проектирования* – это рассмотрение каждого объекта как части более сложной системы и совместимость всех элементов сложной системы и их заменяемость.

Рассмотрим элементы инженерно-конструкторского подхода.

Цель инженерно-конструкторского проектирования – разработка конструкции и документации изделия для последующего его изготовления в условиях производства. Для достижения цели решаются следующие **основные инженерно-конструкторские задачи**:

1) обеспечить соответствие служебных функций изделия его служебному назначению;

2) обеспечить соответствие параметров (характеристик) изделия его служебным функциям;

- 3) обеспечить соответствие параметров (характеристик) изделия условиям его эксплуатации;
- 4) обеспечить технологичность конструкции изделия;
- 5) обеспечить соответствие изделия требованиям безопасности;
- 6) обеспечить соответствие параметров (характеристик) изделия требованиям эргономичности;
- 7) обеспечить соответствие параметров (характеристик) изделия требованиям экологии;
- 8) обеспечить соответствие параметров (характеристик) изделия требованиям современного дизайна;
- 9) обеспечить технико-экономические требования к изделию;
- 10) оформить необходимую конструкторскую документацию.

Принципы инженерно-конструкторского проектирования – это основные правила (законы), используемые для разработки методики и технологии проектирования.

Основные принципы инженерно-конструкторского проектирования следующие:

- 1) единство методики проектирования изделий;
- 2) единство структуры однотипных изделий;
- 3) комплексность принятия решений;
- 4) общность принятия проектных решений;
- 5) принятие типовых проектных решений;
- 6) многоуровневость (многостадийность) проектных решений;
- 7) комплексность современного производства.

Рассмотрим эти принципы подробнее.

1. Единство методики проектирования изделий. Конечная цель проектирования – это оформление конструкторской документации. Она достигается путем использования определенной последовательности конструкторских операций (конструкторский анализ, конструкторский расчет, расчет технико-экономических показателей конструкции изделия, принятие решений, оформление конструкторской документации).

2. Единство структуры однотипных изделий. Конструкция изделия рассматривается, как система, состоящая из подсистем, отличающихся по функциональным признакам. Наличие общих функциональных признаков (единство структуры) является основой для создания общей методики проектирования однотипных изделий.

3. Комплексность принятия проектных решений. Конструкторские задачи являются многовариантными. При решении сложных многовариантных задач принятие решения должно производиться по комплексу критериев.

4. Общность принятия проектных решений. В огромном множестве проектных решений есть общие этапы, такие, как осознание проблемы, поиск информации, оценка вариантов, принятие решения, оценка решения.

5. Принятие типовых проектных решений. Многовариантные проектные задачи могут решаться на основе разработанных ранее типовых (имеющих общие признаки) решений.

6. Многоуровневость (многостадийность) проектных решений. На этапе разработки конструкции изделия результаты проектирования могут быть выполнены на разных стадиях и представлены в виде различных документов: от чертежа до схемы.

7. Комплексность современного производства имеет следующие признаки: деление производства на типы (единичное, серийное, массовое), переналаживаемость производства; деление изделий на классы; универсальность, взаимозаменяемость, унификация, эргономичность, безопасность, технико-экономическая эффективность изделий.

2.1.2. Методика инженерно-конструкторского проектирования

Методика проектирования – совокупность методов практического выполнения проектирования или обучения этому [15]. Например, методика проектирования зубчатых колес или методика проектирования валов.

Метод проектирования – способ практического осуществления конструкторской работы [15]. Например, метод инженерного проектирования станочных приспособлений [11].

Способ проектирования – действие или система действий (операция), применяемые при исполнении конструкторской работы [15].

Основные способы инженерно-конструкторского проектирования следующие.

1. Ручное проектирование. При этом способе все проектирование производится вручную на бумаге, а окончательный вариант проекта оформляется при помощи простейших копировальных устройств.

2. Полуавтоматизированное диалоговое проектирование на ЭВМ. При этом способе одна часть проектирования производится вручную на бумаге, а другая часть – при помощи диалога со специализированной компьютерной

программой (пакетом программ). Окончательный вариант проекта оформляется при помощи печатающих и копировальных устройств.

3. Автоматизированное проектирование на ЭВМ. При этом способе все проектирование производится на компьютере в специализированной компьютерной программе (пакете программ). Окончательный вариант проекта оформляется при помощи печатающих и копировальных устройств.

Методика инженерно-конструкторского проектирования включает следующие методы.

1. Метод реализации конструкторской идеи.
2. Метод реализации заданных (существующих) стандартов.
3. Метод соединения унифицированных (стандартизованных) частей с доработкой при необходимости.
4. Метод аналогий.
5. Метод проб и ошибок.
6. Метод типовых конструкций.
7. Метод создания конструкции по данным аналитических расчетов.
8. Метод создания конструкции по эмпирическим данным и др.

Выбор методики инженерно-конструкторского проектирования зависит от квалификации и опыта конструктора, условий и средств конструкторской работы, времени, отведенного на работу и т.д.

Выбранная методика проектирования реализуется в конкретной технологии инженерно-конструкторского проектирования.

2.1.3. Процесс инженерно-конструкторского проектирования

Проект – разработанный план устройства чего-нибудь. Обычно проект содержит инженерные решения каких-либо задач для достижения запланированной цели [15]. Например, дипломный проект инженерной специальности в вузе.

Проектирование – процесс разработки, составления проекта.

Цель инженерно-конструкторского проекта – разработка конструкторской документации. Для достижения цели решаются определенные задачи.

Способ – это действие или система действий, применяемые при осуществлении операций, исполнении какой-нибудь работы [15].

Способ проектирования (планирования) – совокупность действий (операций) для выполнения проекта (достижения цели). Например, способ автоматизированного проектирования (планирования).

По словам Виланда и Ульриха, наиболее значимым компонентом технологии является процесс [12].

Процесс (лат. *processus* – продвижение) – совокупность последовательных действий (операций) для достижения какой-либо цели [15].

Процессы по исполнителям делятся на машинные и людские.

Машинные процессы выполняются различными машинами (например, ЭВМ).

Людские (трудовые) процессы – это последовательность выполнения совокупности трудовых действий, осуществляемых исполнителем (исполнителями) работ. Людские процессы по виду работ делятся на физические и умственные.

Физические процессы связаны с движениями исполнителя работ.

Умственные процессы связаны с интеллектуальной деятельностью исполнителя работ.

Машинные и людские процессы на предприятии образуют производственный процесс.

Процесс современного проектирования на предприятии может иметь несколько стадий.

Стадия – это совокупность взаимосвязанных этапов создания и освоения нового изделия (проекта), близких по содержанию и исполнению. *Стадия проектирования* – определенная фаза (период) в разработке (развитии) проекта [15].

Этап – часть стадии, совокупность однородных взаимосвязанных операций по созданию и освоению нового изделия (проекта).

Операция – это часть этапа, совокупность взаимосвязанных действий по созданию и освоению нового изделия (проекта).

Стадии инженерно-конструкторского проектирования не путать со стадиями разработки конструкторской документации.

Основные этапы инженерно-конструкторского проектирования и их результаты представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные этапы инженерно-конструкторского проектирования

Этапы	Результаты
1.1. Анализ служебного назначения изделия (технического задания), условий и особенностей его работы, технологического процесса	Класс и вид изделия. Ограничения на процесс проектирования и критерии оценки изделия. Область возможных решений (альтернатив)
1.2. Определение служебных функций и структуры изделия	Альтернативные схемы функциональной структуры изделия. Конструктивные параметры альтернативных схем: части изделия, их формы, размеры, количество и расположения звеньев изделия, марки материалов
2.1. Проведение проверочных расчетов альтернативных схем функциональной структуры изделия (на прочность, точность, усталость, технологичность, эффективность и др.)	Альтернативные конструкции изделия: состав и взаимное расположение частей изделия
2.2. Оценка альтернативных конструкций изделия по установленным критериям	Количественные и качественные значения параметров альтернативных конструкций изделия
2.3. Выбор из альтернативных конструкций наиболее подходящей	Конструктивные параметры выбранной конструкции и экономические показатели на ее разработку
4.1. Создание опытного образца	Проверка опытного образца и его доработка
5.1. Оформление конструкторской документации для выбранной конструкции	Чертежи, схемы, спецификации, ведомости, пояснительные записки

Оформление конструкторской документации – очень важный этап подготовки производства, в котором есть свои правила, рекомендации и понятия. Рассмотрим их через призму Единой системы конструкторской документации.

2.2. Единая система конструкторской документации

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – комплекс государственных стандартов, устанавливающих порядок разработки, оформления и обращения конструкторской документации.

Стандарты ЕСКД распространяются на все виды конструкторской документации (КД) и документацию по хранению и внесению изменений в КД, нормативно-техническую и технологическую документацию, а также на научно-техническую и учебную литературу, в которой они могут быть применены.

Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам приведено в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам

Шифр группы	Содержание стандартов в группе	Номера стандартов
0	Общие положения	ГОСТ 2.001 ... 2.099
1	Основные положения	ГОСТ 2.101 ... 2.199
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах	ГОСТ 2.201 ... 2.299
3	Общие правила выполнения чертежей	ГОСТ 2.301 ... 2.399
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения	ГОСТ 2.401 ... 2.499
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, изменение)	ГОСТ 2.501 ... 2.599
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации	ГОСТ 2.601 ... 2.699
7	Правила выполнения схем и условные графические обозначения, используемые в схемах	ГОСТ 2.701 ... 2.799
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения	ГОСТ 2.801 ... 2.899
9	Прочие стандарты (разных правил оформления КД)	ГОСТ 2.901 ... 2.999

2.2.1. Виды изделий и конструкторской документации

Виды изделий устанавливает ГОСТ 2.101-68. Установлены следующие **виды изделий**: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Виды изделий и их структура

Изделие – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия основного производства – изделия, предназначенные для поставки (реализации), а *изделия вспомогательного производства* – изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия-изготовителя.

Детали, или неспецифицированные изделия, не имеют составных частей. Изделия, состоящие из двух и более составных частей, являются специфицированными.

Виды изделий и их определения представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Виды изделий

Вид изделия	Определение
Деталь	Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. Это же изделие, изготовленное с применением местной сварки, пайки, склейки, сшивки и т.п.

Окончание табл. 2.3

Вид изделия	Определение
Сборочная единица	Изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т.п.) Например: автомобиль, станок, телефонный аппарат, микромодуль, редуктор, сварной корпус, маховик из пластмассы с металлической арматурой
Комплекс	<p>Два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.</p> <p>Каждое из этих специфицированных изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций. В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например, детали и сборочные единицы, предназначенные для монтажа комплекта на месте его эксплуатации: комплект запасных частей, укладочных средств, тара и др.</p>
Комплект	<p>Два и более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.</p> <p>К комплектam также относят сборочную единицу или деталь, поставляемую вместе с набором других сборочных единиц или деталей, предназначенных для выполнения вспомогательных функций при эксплуатации этой сборочной единицы или детали, например: осциллограф в комплекте с укладочным ящиком, запасными частями, монтажным инструментом, сменными частями</p>

Виды и комплектность конструкторских документов (КД) на изделия всех отраслей промышленности представлены в табл. 2.4 в соответствии с ГОСТ 2.102-68.

Таблица 2.4

Виды и комплектность конструкторских документов

Вид документа	Содержание документа
Чертеж детали	Изображение детали и данные, необходимые для ее изготовления и контроля

Продолжение табл. 2.4

Вид документа	Содержание документа
Сборочный чертеж	Изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля
Чертеж общего вида	Представление о конструкции изделия, взаимодействии его основных составных частей и принципе работы
Теоретический чертеж	Геометрическая форма изделия и координаты расположения составных частей
Габаритный чертеж	Контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами
Монтажный чертеж	Контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа)
Схема	Условные изображения или обозначения составных частей изделия и связей между ними
Спецификация	Состав сборочной единицы, комплекса или комплекта
Ведомость спецификаций	Перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости
Ведомость ссылочных документов	Перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах изделия
Ведомость покупных изделий	Перечень покупных изделий, примененных изделий в разрабатываемом изделии
Ведомость согласования применения изделий	Подтверждение согласования с соответствующими организациями применения покупных изделий во вновь разрабатываемом изделии. Например: «Ведомость согласования применения подшипников»
Ведомость держателей подлинников	Перечень предприятий, на которых хранятся подлинники документов, разработанных для данного изделия
Ведомость технического предложения	Перечень документов, вошедших в техническое предложение
Ведомость эскизного проекта	Перечень документов, вошедших в эскизный проект

Окончание табл. 2.4

Вид документа	Содержание документа
Ведомость технического проекта	Перечень документов, вошедших в технический проект
Пояснительная записка	Описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технико-экономических решений
Технические условия	Потребительские (эксплуатационные) показатели изделия и методы контроля его качества
Программа и методика испытаний	Технические данные, подлежащие проверке при испытании изделия, а также порядок и методы их контроля
Таблица	Совокупность сведений об изделии, оформленных в виде таблицы
Расчет	Расчеты параметров и величин, например: расчет размерных цепей, расчет на прочность и др
Эксплуатационные документы	Документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации
Ремонтные документы	Данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях

К конструкторским документам относят **графические и текстовые документы**, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Документы в зависимости от стадии разработки **подразделяются на проектные** (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и **рабочие** (рабочая документация).

Классификация конструкторских документов в зависимости от способа их выполнения и характера использования приведена в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Классификация конструкторских документов

Наименование документа	Определение
Оригиналы	Документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников

Окончание табл. 2.5

Наименование документа	Определение
Подлинники	Документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий. Допускается в качестве подлинника использовать оригинал, фотокопию или экземпляр образца, изданного типографским способом, оформленные заверительными подлинными установленными подписями лиц, ответственных за выпуск документа
Дубликаты	Копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снимать с них копии
Копии	Документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий

Документы, предназначенные для разового использования в производстве, допускается выполнять в виде эскизных конструкторских документов. Наименования эскизных документов в зависимости от способа выполнения и характера использования аналогичны приведенным в табл. 2.5.

При определении **комплектности конструкторских документов** на изделие *различают*:

- основной конструкторский документ;
- основной комплект конструкторских документов;
- полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами полностью и однозначно определяет данное изделие и его состав.

За основной конструкторский документ принимают:

- для деталей – чертеж детали;
- для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификацию.

Изделие, примененное по конструкторским документам, выполненным в соответствии со стандартами ЕСКД, записывают в документы других изделий,

в которых оно применено, за обозначением своего основного конструкторского документа. Считается, что такое изделие применено по своему основному конструкторскому документу.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию. Конструкторские документы составных частей в основной комплект документов изделий не входят.

Полный комплект конструкторских документов представлен в ГОСТ 2.102-68.

2.2.2. Стадии разработки конструкторской документации

Стадии разработки конструкторской документации (КД) и этапы выполнения работ устанавливает ГОСТ 2.103-68. Стадии разработки конструкторской документации **следующие**.

Техническое предложение – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных варианты возможных решений изделия, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов. Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного (технического) проекта.

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. Технический проект после согласования

и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Ранее разработанные конструкторские документы применяют при разработке новых или модернизации изготавливаемых изделий в следующих случаях:

а) в проектной документации (техническом предложении, эскизном и технических проектах) и рабочей документации опытного образца (опытной партии) независимо от литерности применяемых документов;

б) в конструкторской документации опытного образца (опытной партии) с литерами «О₁» и «О₂» и др., установочной серии с литерой «А» и установившегося серийного или массового производства с литерой «Б», если литерность применяемых документов та же или «высшая». Литерность полного комплекта конструкторской документации изделия определяют «низшей» литерой, которая указана на одном из конструкторских документов, входящих в комплект.

Конструкторские документы, держателями подлинников которых являются другие предприятия, могут применяться только при наличии учтенных копий или дубликатов.

Конструкторским документам для индивидуального производства, т.е. для разового изготовления одного или нескольких изделий, присваивают литеру «И».

Стадии разработки конструкторской документации на изделия и этапы выполнения работ представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

**Стадии разработки конструкторской документации на изделия
и этапы выполнения работ**

Стадия разработки конструкторской документации	Этап работы
1. Техническое предложение	Подбор материалов. Разработка и утверждение технического предложения по результатам анализа технического задания с присвоением документам литеры «П»
2. Эскизный проект	Разработка эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э». Изготовление и испытание макетов. Рассмотрение и утверждение эскизного проекта

Окончание табл. 2.6

Стадия разработки конструкторской документации	Этап работы
3. Технический проект	<p>Разработка технического проекта с присвоением документам литеры «Т».</p> <p>Изготовление и испытание макетов.</p> <p>Рассмотрение и утверждение технического проекта</p>
4. Разработка рабочей документации:	<p>Разработка КД, предназначенных для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии).</p> <p>Изготовление и заводские испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка КД по результатам изготовления и заводских испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением КД литеры «О»</p>
а) опытного образца (опытной партии)	<p>Государственные, межведомственные, приемочные и другие испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка КД по результатам испытаний опытного образца опытной партии с присвоением КД литеры «О₁». При последующих изготовлении и испытаниях опытного образца (опытной партии) и соответствующей корректировке КД им присваивают соответственно литеры «О₂», «О₃» и т.д.</p>
б) установочной серии	<p>Изготовление и испытание установочной серии. Корректировка КД по результатам изготовления, испытания и оснащения технологического процесса ведущих составных частей изделия установочной серии с присвоением КД литеры «А»</p>
в) установившегося серийного или массового производства	<p>Изготовление и испытание головной серийного или (контрольной) серии. Корректировка КД по результатам изготовления и испытания головной (контрольной) серии с присвоением литеры «Б» конструкторским документам, окончательно отработанным и проверенным при изготовлении изделий по зафиксированному и полностью оснащеному технологическому процессу</p>

Виды и комплектность (номенклатура) конструкторских документов на изделия в зависимости от стадии разработки, приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Виды и комплектность конструкторских документов

Шифр докумен-та	Наименование документа	Стадии разработки конструкторских документов						
		Техническое предложение	Эскизный про-ект	Технический проект	Разработка рабочей документации			
					детали	сбороч-ные еди-ницы	комплек-сы	комплек-ты
—	1. Чертеж де-тали	—	—	○ ¹	● ¹	—	—	—
СБ	2. Сборочный чертеж	—	—	—	—	● ²	—	—
ВО	3. Чертеж об-щего вида	○	○	●	—	—	—	—
ТЧ	4. Теоретиче-ский чертеж	—	○	○	○	○	○	—
ГЧ	5. Габаритный чертеж	○	○	○ ¹	○ ¹	○ ²	○	—
МЧ	6. Монтажный чертеж	—	—	—	—	○ ²	○	—
ГОСТ 2.701-68	7. Схемы	○	○	○	—	○	○	○
—	8. Специфи-кация	—	—	—	—	●	●	●
ВС	9. Ведомость спецификаций	—	—	—	—	○	○	○
ВД	10. Ведомость ссылочных документов	—	—	—	—	○	○	○

Продолжение табл. 2.7

Шифр докумен-та	Наименование документа	Стадии разработки конструкторских документов						
		Техническое предложение	Эскизный про-ект	Технический проект	Разработка рабочей документации			
					детали	сбороч-ные еди-ницы	комплек-сы	комплек-ты
ВП	11. Ведомость покупных из-делий	—	○	○	—	○	○	○
ВИ	12. Ведомость согласования применения изделий	—	○	○	—	○	○	○
ДП	13. Ведомость держателей подлинников	—	—	—	—	○	○	○
ПТ	14. Ведомость технического предложения	●	—	—	—	—	—	—
ЭП	15. Ведомость эскизного проекта	—	●	—	—	—	—	—
ТП	16. Ведомость технического проекта	—	—	●	—	—	—	—
ПЗ	17. Поясни-тельная за-писка	● ³	● ³	● ³	—	—	—	—
ТУ	18. Техниче-ские условия	—	—	—	○	○	○	○

Окончание табл. 2.7

Шифр докумен-та	Наименование документа	Стадии разработки конструкторских документов						
		Техническое предложение	Эскизный про-ект	Технический проект	Разработка рабочей документации			
					детали	сбороч-ные еди-ницы	комплек-сы	комплек-ты
ПМ	19. Программа и методика испытаний	—	○	○	○	○	○	—
—	20. Таблицы	○	○	○	○	○	○	○
РР	21. Расчеты	○ ³	○ ³	○ ³	○	○	○	○
Д...	22. Докумен-ты прочие	○	○	○	○	○	○	○
ПФ	23. Патентный формуляр	○	○	○	○	○	○	—
ГОСТ 2.601-95	24. Докумен-ты эксплуата-ционные	—	—	—	○	○	○	○
ГОСТ 2.606-68	25. Докумен-ты ремонтные	—	—	—	○	○	○	○

Условные обозначения: ● — документ обязательный; ○ — документ составляют по усмотрению разработчика; «—» — документ не составляют.

Примечание. Документы, для которых над условными обозначениями проставлены одинаковые цифры, могут быть по усмотрению разработчика совмещены.

2.3. Пример автоматизированного черчения детали в CAD

Рассмотрим **пример автоматизированного черчения детали «Вал»** в программе AutoCAD от компании «Autodesk, Inc.» (США). При запуске программы появляется **рабочее окно**, состоящее из следующих элементов: строки заголовка, строки меню, строки пиктограмм, окно списка, графических окон рисунка (рис. 2.3).

Цель примера – автоматизированная разработка чертежа детали «Вал».

Выполнение примера включает **комплекс рабочих процедур**, которые разбиты на 3 блока.

Построение детали «Вал»:

1. Создание нового файла чертежа;
2. Построение верхней части вала;
3. Удлинение отрезков и стирание объектов;
4. Построение зеркального отражения верхней части вала;
5. Штрихование области, ограниченной местным разрезом.

Нанесение размеров на деталь:

6. Нанесение базовых размеров;
8. Нанесение размерных цепей;
9. Построение линий-выносок;
10. Обозначение диаметров и радиусов;

Использование пространства листа и внешних ссылок:

11. Настройка среды пространства листа;
12. Создание и масштабирование первого видового экрана;
13. Изменение размера и масштаба видового экрана;
14. Создание новых видовых экранов;
15. Подключение других рисунков в качестве внешних ссылок;
16. Масштабирование видовых экранов;
17. Добавление в чертеж рамки и штампа;
18. Сохранение файла.

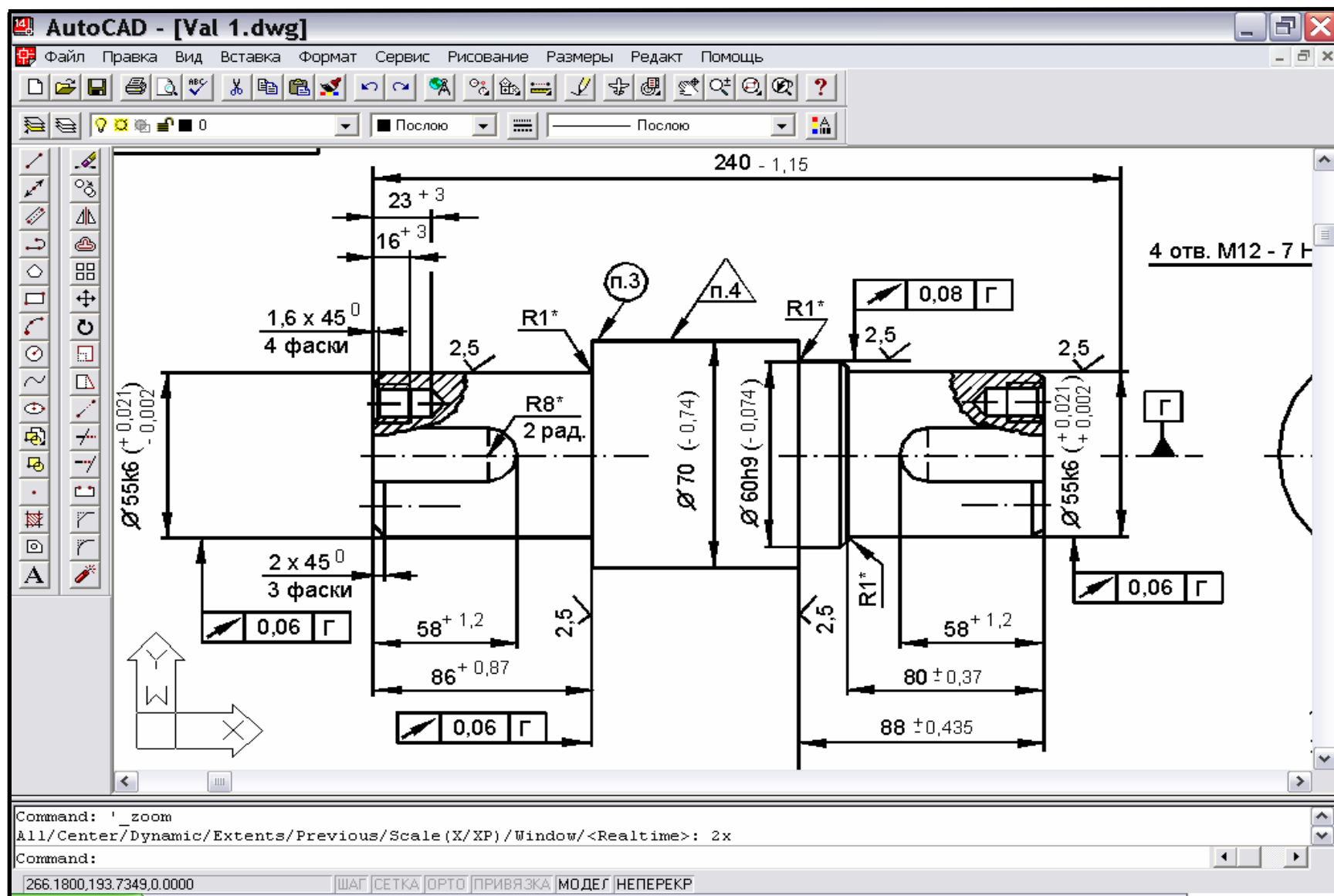


Рис. 2.3. Рабочее окно программы CAD

На рис. 2.4. показан полный чертеж детали «Вал», выполненный в программе «T-Flex CAD».

46

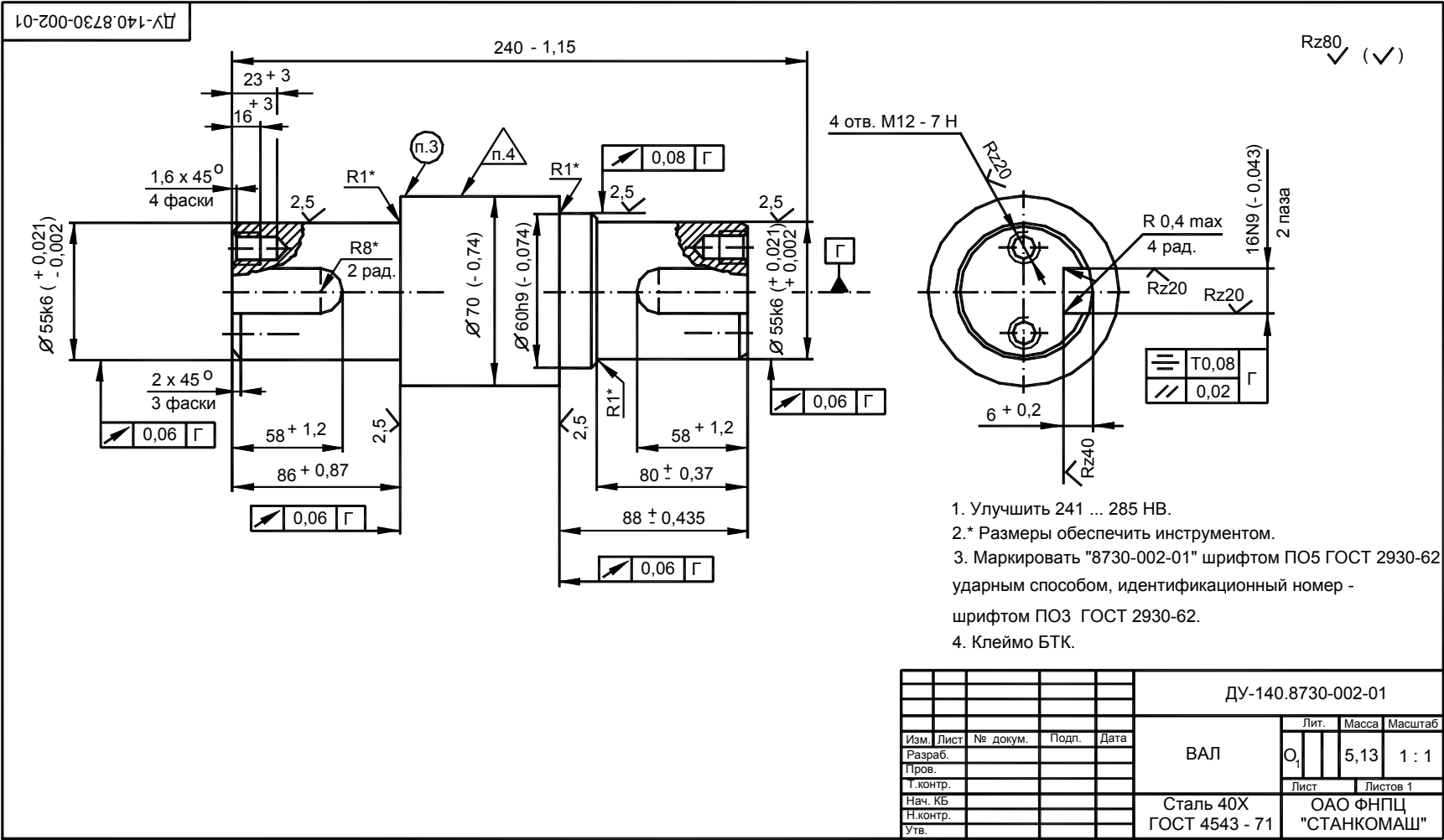


Рис. 2.4. Полный чертеж детали «Вал»

3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

3.1. Технология проектирования технологических процессов

3.1.1. Принципы проектирования технологических процессов механической обработки деталей машин

Принципы проектирования техпроцессов – это законы (правила), на которых строится проектирование технологических процессов, позволяющее избежать ошибок при проектировании.

Основные принципы проектирования техпроцессов механической обработки деталей машин следующие [10, 18, 19, 22, 23, 24, 26].

1. Техничко-экономический принцип проектирования техпроцессов заключается в том, что проектируемый техпроцесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление заданного изделия, при этом изготовление изделия по спроектированному техпроцессу должно вестись с минимальными затратами труда и издержками производства.

2. Принцип технологичности конструкции изделий заключается в том, что конструкция изделия должна обеспечивать простоту и экономичность его изготовления в конкретных условиях производства.

3. Принцип типизации производства заключается в том, что при разработке технологического процесса учитывается, для какого типа производства разрабатывается данный технологический процесс. Данный принцип затрагивает уровень подробности проработки технологической документации, выбор моделей технологического оборудования, оснастки и инструмента.

4. Принцип оригинальности технологических процессов гласит, что технологический процесс изготовления изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства может быть классифицирован, а затем разработан как единичный (ГОСТ 3.1109-82). Разработка единичных технологических процессов характерна для оригинальных изделий, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

5. Принцип унификации технологических процессов гласит, что технологический процесс, относящийся к группе изделий (деталей, сборочных единиц), характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков, может быть унифицирован. Унифицированные технологические процессы подразделяются на типовые и групповые. Эти технологические про-

цессы находят широкое применение в мелкосерийном, серийном и частично крупносерийном производствах.

6. Принцип типизации технологических процессов предусматривает три направления: типизацию обработки отдельных поверхностей, типизацию обработки отдельных сочетаний поверхностей, типизацию обработки заготовок.

Работа по типизации в любом из указанных направлений начинается с проведения классификации (поверхностей, их сочетаний или деталей). Основной задачей классификации является приведение всего многообразия заготовок, поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов (классов), для которых можно разработать типовые технологические процессы обработки в нескольких вариантах.

7. Принцип определенности базирования заключается в том, что при базировании необходимо обеспечить одинаковость положения всех заготовок обрабатываемой партии при их закреплении. Данный принцип реализуется при выполнении двух следующих правил. *Правило трех плоскостей* гласит, что для полного базирования заготовки необходимо использовать не более трех плоскостей. *Правило шести точек* гласит, что для полного базирования заготовки необходимо и достаточно создать шесть опорных точек, расположенных определенным образом относительно базовых поверхностей заготовки.

8. Принцип создания искусственных технологических баз гласит, что если конфигурация заготовки не дает возможности выбрать технологическую базу, позволяющую удобно, устойчиво и надежно ориентировать и закрепить заготовку в приспособлении или на станке, то следует прибегнуть к созданию искусственных технологических баз.

9. Принцип взаимосвязи технологических баз и технологических размеров заключается в том, что при разработке операционных эскизов необходимо технологические размеры связывать с технологическими базами.

10. Принцип совмещения (единства) баз гласит, что при назначении технологических баз для точной обработки заготовки в качестве технологических баз следует принимать поверхности, которые одновременно являются конструкторскими и измерительными базами детали, а также используются в качестве баз при сборке изделия.

11. Принцип постоянства баз заключается в том, что при разработке техпроцесса необходимо стремиться к использованию одной и той же технологической базы, не допуская без особой необходимости смены технологических баз (не считая смены черновой базы).

12. Принцип дифференциации технологической документации гласит, что степень подробности технологических документов устанавливается в зависимости от типа и характера производства, а также от сложности и точности обрабатываемых изделий. Технологическая документация (по ГОСТ 3.1109-82) может быть оформлена как маршрутное описание технологического процесса, операционное описание технологического процесса, маршрутно-операционное описание технологического процесса.

13. Принцип расчленения обработки на стадии заключается в том, что в проектируемом технологическом процессе конкретные виды механической обработки (точение, фрезерование, шлифование и т.д.) делятся на стадии (например, предварительное шлифование, чистовое шлифование, тонкое шлифование) и для каждой из них применяются оборудование, инструмент, оснастка, режимы резания, которые позволяют получить соответствующие качество и класс шероховатости поверхности изделия.

14. Принцип концентрации (укрупнения) технологических операций заключается в том, что несколько простых технологических переходов (операций) соединяются в одну сложную операцию. Технологический процесс, построенный по принципу концентрации операций, состоит из небольшого числа сложных (многопереходных) операций. Принцип концентрации (укрупнения) технологических операций применяется для единичного, мелко- и среднесерийного производства.

15. Принцип дифференциации (дробления) технологических операций заключается в том, что сложные (многопереходные) операции заменяются на операции, состоящие из небольшого числа простых технологических переходов. Технологический процесс, построенный по принципу дифференциации операций, состоит из большого числа простых (малопереходных) операций. Принцип дифференциации (раздробления) технологических операций применяется для и крупносерийного и массового производства.

16. Принцип структуризации технологических операций гласит, что производительность операций зависит от их структур, определяемых количеством заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособлении или на столе станка (одно- или многоместная обработка), количеством режущих инструментов, используемых при выполнении операции (одно- или многоинструментальная обработка), и последовательностью работы инструментов при выполнении операции.

17. Принцип взаимозаменяемости деталей и узлов изделий заключается в том, что для конкретных типов производства (единичное, серийное, массо-

вое) применяются соответствующие им виды обеспечения взаимозаменяемости деталей: для единичного – пригонка, для серийного – неполная взаимозаменяемость, для массового – полная взаимозаменяемость.

3.1.2. Методика проектирования технологических процессов механической обработки деталей

Методика проектирования – совокупность методов практического выполнения проектирования (планирования) или обучения этому. Например, методика проектирования зубчатых колес или валов [22].

Метод проектирования – способ практического осуществления конструкторской работы. Например, метод проектирования по типовому технологическому процессу [14].

Способ проектирования – действие или система действий (операция), применяемые при выполнении проектной работы технологом. Например, автоматизированная разработка технологических процессов [1, 2].

Методика проектирования технологических процессов предусматривает следующие методы.

1. Проектирование по типовому технологическому процессу.
2. Проектирование по групповому технологическому процессу.
3. Проектирование единичного технологического процесса.

Основные способы проектирования техпроцессов механической обработки деталей машин следующие.

1. Ручное проектирование технологических процессов. При этом способе все проектирование производится вручную на бумаге, а окончательный вариант технологического процесса оформляется при помощи простейших печатных (или копировальных) устройств.

2. Полуавтоматизированное диалоговое проектирование технологических процессов на ЭВМ. При этом способе одна часть проектирования производится вручную на бумаге, а другая часть – при помощи диалога со специализированной компьютерной программой (пакетом программ). Окончательный вариант технологического процесса оформляется при помощи принтера.

3. Автоматизированное проектирование технологических процессов на ЭВМ. При этом способе все проектирование производится на компьютере в специализированной компьютерной программе (пакете программ). Окончательный вариант технологического процесса оформляется при помощи принтера.

Выбор методики проектирования технологических процессов зависит от квалификации и опыта технолога, условий и средств технологической работы, времени, отведенного на работу и т.д. Выбранная методика проектирования реализуется в конкретной технологии проектирования.

3.1.3. Процесс проектирования технологических процессов механической обработки деталей

Проект – разработанный план устройства чего-нибудь. Обычно проект содержит инженерные решения каких-либо задач для достижения запланированной цели. Например, дипломный проект инженерной специальности в вузе.

Проектирование – процесс разработки, составления проекта.

Цель технологического проекта – разработка технологической документации. Для достижения цели решаются определенные задачи.

Способ – это действие или система действий, применяемые при осуществлении операций, исполнении какой-нибудь работы.

Способ проектирования – совокупность действий (операций) для выполнения проекта (достижения цели). Например, способ автоматизированного проектирования.

Наиболее значимым компонентом технологии является процесс.

Процесс (лат. processus – продвижение) – совокупность последовательных действий (операций) для достижения какой-либо цели.

Процессы по исполнителям делятся на машинные и людские. *Машинные процессы* выполняются различными машинами (например, ЭВМ). Людские (трудовые) процессы – это последовательность выполнения совокупности трудовых действий, осуществляемых исполнителем (исполнителями) работ.

Людские процессы по виду работ делятся на физические и умственные. Физические процессы связаны с движениями исполнителя работ. Умственные процессы связаны с интеллектуальной деятельностью исполнителя работ.

Машинные и людские процессы на предприятии образуют *производственный процесс*.

Операция (лат. operatio – действие) – законченное действие или ряд связанных между собой действий, направленных на решение определенной задачи.

Процесс современного проектирования может иметь несколько стадий.

Стадия – это совокупность взаимосвязанных этапов создания и освоения нового изделия (проекта), близких по содержанию и исполнению. *Стадия проектирования* – определенная фаза (период) в разработке (развитии) проекта.

Этап – часть стадии, совокупность однородных взаимосвязанных операций по созданию и освоению нового изделия (проекта).

Операция – это часть этапа, совокупность взаимосвязанных действий по созданию и освоению нового изделия (проекта).

Стадии проектирования техпроцессов не путать со стадиями разработки технологической документации.

Основные этапы разработки технологических процессов регламентированы ЕСТПП и указаны в ГОСТ 14.301-83.

3.2. Единая система технологической подготовки производства

3.2.1. Определение, назначение и состав ЕСТПП

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) – установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Основное назначение ЕСТПП – установление системы организации и управления процессом технологической подготовки производства.

Состав классификационных групп стандартов ЕСТПП приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Состав классификационных групп стандартов ЕСТПП

Шифр группы	Наименование группы стандартов	Номера стандартов
0	Общие положения	ГОСТ 14.001 ... 14.004
1	Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства	ГОСТ 14.101 ... 14.107
2	Правила обеспечения технологичности конструкций изделий	ГОСТ 14.201 ... 14.204

Окончание табл. 3.1

Шифр группы	Наименование группы стандартов	Номера стандартов
3	Правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения	ГОСТ 14.301 ... 14.321
4	Правила применения технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ	ГОСТ 14.401 ... 14.416
5	Прочие стандарты	ГОСТ 14.501

3.2.2. Основные этапы проектирования технологических процессов механической обработки деталей

Установлены **три вида технологических процессов** (ГОСТ 14.301-83):

- 1) единичный;
- 2) типовой;
- 3) групповой.

Единичный технологический процесс – это технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства (ГОСТ 3.1109-82). Разработка единичных технологических процессов производится для оригинальных изделий (деталей, сборочных единиц), не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

Типовой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками (ГОСТ 3.1109-82). Разработка типовых технологических процессов производится для группы изделий, имеющих общие конструктивные и технологические признаки, т.е. для группы изделий, отнесенных к одному классу, имеющих одинаковый маршрут операций, схемы базирования, осуществляемых на одинаковом оборудовании с применением однотипных приспособлений и инструментов. Типовой технологический процесс применяется, как информационная основа при разработке рабочего технологического процесса.

Групповой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками (ГОСТ 3.1109-82). Разработка групповых технологических процессов производится для деталей нескольких наименований, близких друг к другу по конфигурации, размерам, точности и качеству поверхностей. Группо-

вые технологические процессы разрабатывают для всех типов производства только на уровне предприятия.

Разработка технологического процесса обычно производится на основе имеющегося типового или группового технологического процесса.

При отсутствии типового или группового технологического процесса изготовления изделия, относящегося к определенной классификационной группе, технологический процесс должен разрабатываться на основе использования ранее принятых прогрессивных решений, содержащихся в действующих единичных технологических процессах изготовления аналогичных изделий.

Целесообразность использования средств вычислительной техники определяется в соответствии с требованиями четвертой группы стандартов ЕСТПП. Правила применения средств вычислительной техники при проектировании технологических процессов по ГОСТ 22770-77.

Документы на технологические процессы оформляются в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД).

Исходная информация для разработки технологических процессов делится на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска этого изделия.

Руководящая информация должна отражать данные, содержащиеся в следующих документах:

- отраслевых стандартах, устанавливающих требования к технологическим процессам и методам управления ими, а также стандартах на оборудование и оснастку;
- документации на действующие единичные, типовые и групповые технологические процессы;
- классификаторах технико-экономической информации;
- производственных инструкциях;
- материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.);
- документации по технике безопасности и промышленной санитарии.

Справочная информация содержит данные, содержащиеся в следующих документах:

- технологической документации опытного производства;
- описаниях прогрессивных методов изготовления и ремонта;
- каталогах, паспортах, справочниках, альбомах компоновок прогрессивных средств технологического оснащения;
- планировках производственных участков;

– методических материалах по управлению технологическими процессами.

Этапы разработки единичных технологических процессов, установленные ГОСТ 14.310-83, представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Этапы разработки технологических процессов

Этапы разработки технологических процессов	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы и системы, необходимые для решения задач
1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса	<p>Предварительное ознакомление с назначением и конструкцией предмета труда, с требованиями к изготовлению и эксплуатации.</p> <p>Составление перечня дополнительной справочной информации, необходимой для разработки технологического процесса, и ее выбор</p>	<p>Сведения о программе выпуска изделия.</p> <p>Конструкторская документация на изделие.</p> <p>Архив производственно-технической документации</p>
2. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса	<p>Формирование технологического кода изделия по технологическому классификатору.</p> <p>Отнесение обрабатываемого изделия к соответствующей классификационной группе на основе технологического кода.*</p> <p>Отнесение обрабатываемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому, групповому или единичному технологическому процессу</p>	<p>Конструкторская документация на изделие.</p> <p>Технологический классификатор изделий [25].</p> <p>Документация на типовые, групповые или единичные технологические процессы для данной группы изделий</p>
* При отсутствии соответствующей классификационной группы технологический процесс разрабатывается как единичный.		

Продолжение табл. 3.2

Этапы разработки технологических процессов	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы и системы, необходимые для решения задач
3. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления	<p>Определение вида исходной заготовки (или уточнение заготовки, установленной типовым технологическим процессом).</p> <p>Выбор метода изготовления исходной заготовки.</p> <p>Технико-экономическое обоснование выбора заготовки</p>	<p>Документация на типовой или групповой технологический процесс.</p> <p>Классификатор заготовок.</p> <p>Методика расчета и технико-экономической оценки выбора заготовок.</p> <p>Стандарты и технические условия на заготовки и основной материал</p>
4. Выбор технологических баз	<p>Выбор поверхностей базирования или базовых составных частей изделия.</p> <p>Оценка точности и надежности базирования по производительности технологического процесса</p>	<p>Классификатор способов базирования.</p> <p>Методика выбора технологических баз</p>
5. Составление технологического маршрута обработки	<p>Определение последовательности технологических операций (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу).</p> <p>Определение состава средств технологического оснащения</p>	<p>Документация типового, группового или единичного технологического процесса</p>
6. Разработка технологических операций	<p>Разработка (или уточнение) последовательности переходов в операции</p> <p>Выбор средств технологического оснащения (СТО) операции (или их уточнение).</p>	<p>Документация типовых, групповых или единичных технологических операций.</p> <p>Классификатор технологических операций</p>

Продолжение табл. 3.2

Этапы разработки технологических процессов	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы и системы, необходимые для решения задач
6. Разработка технологических операций (продолжение)	<p>Определение потребности СТО, заказ новых СТО, в том числе средств контроля и испытаний с учетом метрологического обеспечения и требований ГСМ.</p> <p>Выбор средств механизации и автоматизации элементов процесса и внутрицеховых средств транспортирования.</p> <p>Назначение и расчет режимов обработки</p>	<p>Стандарты по выбору средств технологического оснащения (СТО). РД 50-197-80, РД 50-198-80. Каталоги (альбомы и картотеки) на СТО.</p> <p>Материалы по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков и пр.)</p>
7. Нормирование технологического процесса	<p>Установление исходных данных, необходимых для расчетов норм времени и расхода материалов.</p> <p>Расчет и нормирование труда на выполнение процесса.</p> <p>Расчет норм расхода материалов, необходимых для реализации процесса.</p> <p>Определение разряда работ и обоснование профессий исполнителей для выполнения операций в зависимости от сложности этих работ</p>	<p>Нормативы времени и расхода материала.</p> <p>Методика разработки норм времени.</p> <p>Классификаторы разрядов работ и профессий.</p> <p>Дифференцированные нормативы времени (для установления расчетных и других уточненных норм)</p>
8. Определение требований техники безопасности	<p>Разработка или выбор имеющихся требований техники безопасности и производственной санитарии к условиям производства (шуму, вибрации, радиации, загазованности, опасным и вредным веществам в воздухе рабочей зоны и т.п.)</p>	<p>Стандарты системы безопасности труда (ССБТ).</p> <p>Инструкции по технике безопасности и производственной санитарии</p>

Окончание табл. 3.2

Этапы разработки технологических процессов	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы и системы, необходимые для решения задач
9. Расчет экономической эффективности технологического процесса	Выбор оптимального варианта технологического процесса	Методика расчета экономической эффективности процессов
10. Оформление технологических процессов	Нормоконтроль технологической документации. Согласование документации технологических процессов со всеми заинтересованными службами и ее утверждение	Стандарты ЕСТД

Необходимость каждого этапа, состав задач и последовательность их решения определяются в зависимости от видов и типа производства и устанавливаются стандартами предприятия.

Этапы и правила разработки типовых технологических процессов определяют по ГОСТ 14.303-73, а **этапы и правила разработки групповых технологических процессов** – по ГОСТ 14.316-75.

3.3. Единая система технологической документации

3.3.1. Определение и состав ЕСТД

Единая система технологической документации (ЕСТД) – комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий (включая сбор и сдачу технологических отходов).

Распределение стандартов ЕСТД по классификационным группам приведено в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Распределение стандартов ЕСТД по классификационным группам

Шифр группы	Наименование группы стандартов	Номера стандартов
0	Общие положения	ГОСТ 3.1001

Окончание табл. 3.3

Шифр группы	Наименование группы стандартов	Номера стандартов
1	Общие требования к документации	ГОСТ 3.1102 ... 3.1130
2	Классификация и обозначение технологических документов	ГОСТ 3.1201
3	Общие требования к документам на машинных носителях	—
4	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на процессы специализированные по методам изготовления или ремонта изделий	ГОСТ 3.1401 ... 3.1428
5	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления	ГОСТ 3.1502 ... 3.1507
6	Вспомогательное производство. Формы технологических документов и правила их оформления	ГОСТ 3.1603
7	Правила заполнения технологических документов	ГОСТ 3.1701 ... 3.1707
8	Прочее	—
9	Информационная база	ГОСТ 3.1901

3.3.2. Стадии разработки технологической документации

Стадии разработки технологической документации определяются в зависимости от стадий разработки используемой конструкторской документации.

Стадии разработки рабочей технологической документации устанавливаются разработчиком документации в соответствии с табл. 3.4.

Таблица 3.4

Стадии разработки рабочей технологической документации

Стадия разработки технологической документации	Содержание работы
Предварительный проект (эскизный проект + технический проект)	Разработка технологической документации, предназначенной для изготовления и испытания макета изделия и (или) его составных частей с присвоением литеры «П», на основании конструкторской документации, выполненной на стадиях «Эскизный проект» и «Технический проект»

Разработка докумен- тации:	<p>Разработка технологической документации, предназна- ченной для изготовления и испытания опытного об- разца (опытной партии), без присвоения литеры, на ос- новании конструкторской документации, не имеющей литеры.</p>
а) опытного об- разца (опытной пар- тии)	<p>Корректировка и разработка технологической доку- ментации по результатам изготовления и предваритель- ных испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением литеры «О» на основании конструктор- ской документации, имеющей литеру «О».</p> <p>Корректировка и разработка технологической доку- ментации по результатам изготовления и приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) и по ре- зультатам корректировки конструкторской документа- ции с присвоением технологической документации ли- теры «О₁» на основании конструкторской документа- ции, имеющей литеру «О₁»</p>
а) опытного образ- ца (опытной партии)	<p>Корректировка и разработка технологической доку- ментации по результатам повторного изготовления и приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) и по результатам корректировки конструктор- ской документации с присвоением технологической до- кументации литеры «О₂» на основании конструкторской документации, имеющей литеру «О₂»</p>
б) серийного (мас- сового) производства	<p>Разработка технологической документации, предна- значенной для изготовления и испытания изделий се- рийного (массового) производства, с присвоением лите- ры «А» («Б»), на основании конструкторской докумен- тации, имеющей литеру «А» или «Б»</p>

3.3.3. Виды и комплектность технологических документов

В зависимости от назначения **технологические документы (ТД)** подраз-
деляют на **два вида: основные и вспомогательные.**

К основным относят документы:

- содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических, планово-экономических и организаци-
онных задач;
- полностью и однозначно определяющие технологический процесс (опе-
рацию) изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия).

К вспомогательным относят документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций, например, карту заказа на проектирование технологической оснастки, акт внедрения технологического процесса и др.

Основные технологические документы подразделяют на документы общего и специального назначения.

К документам общего назначения относят технологические документы, применяемые в отдельности или в комплектах документов на технологические процессы (операции), независимо от применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например карту эскизов, технологическую инструкцию.

К документам специального назначения относят документы, применяемые при описании технологических процессов и операций в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например маршрутную карту, карту технологического процесса, карту типового (группового) технологического процесса, ведомость изделий (деталей, сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции), операционную карту и др.

Виды основных технологических документов, их назначение и условные обозначения приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Виды основных технологических документов

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Документы общего назначения		
Титульный лист	ТЛ	<p>Документ предназначен для оформления:</p> <ul style="list-style-type: none"> – комплекта(ов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия; – комплекта(ов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия); – отдельных видов технологических документов. <p>Является первым листом комплекта(ов) технологических документов.</p>

Продолжение табл. 3.5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Карта эскизов	КЭ	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения
Технологическая инструкция	ТИ	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации
Документы специального назначения:		
Маршрутная карта	МК	<p>Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.</p> <p>Примечания: 1. МК является обязательным документом.</p> <p>2. Допускается МК разрабатывать на отдельные виды работ.</p> <p>3. Допускается МК применять совместно с соответствующей картой технологической информации, взамен карты технологического процесса, с операционным описанием в МК всех операций и полным указанием необходимых технологических режимов в графе «Наименование и содержание операции».</p>

Продолжение табл. 3.5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
		4. Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса
Карта технологического процесса	КТП	Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах
Карта типового (группового) технологического процесса	КТТП	Документ предназначен для описания типового (группового) технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется совместно с ведомостью деталей к типовому технологическому процессу
Операционная карта	ОК	Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов
Карта типовой (групповой) операции	КТО	Документ предназначен для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ВТО

Продолжение табл. 3.5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Карта технологической информации	КТИ	Документ предназначен для указания дополнительной информации, необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов).
		Допускается применять при разработке типовых (групповых) технологических процессов для указания переменной информации с привязкой к обозначению изделия (составной его части)
Комплектовочная карта	КК	Документ предназначен для указания данных о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия, и применяется при разработке технологических процессов сборки. Допускается применять КК для указания данных о вспомогательных материалах в других технологических процессах
Технико-нормировочная карта	ТНК	Документ предназначен для разработки расчетных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приемов и применяется при решении задач нормирования трудозатрат
Карта кодирования информации	ККИ	Документ предназначен для кодирования информации, используемой при разработке управляющей программы к станкам с программным управлением (ПУ)
Карта наладки	КН	Документ предназначен для указания дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяется при многопозиционной обработке для станков с ПУ, при групповых методах обработки и т.п.
Ведомость технологических маршрутов	ВТМ	Документ предназначен для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) по подразделениям предприятия и применяется для решения технологических и производственных задач

Продолжение табл. 3.5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Ведомость оснастки	ВО	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость оборудования	ВОб	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость материалов	ВМ	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяется для решения задач по нормированию материалов
Ведомость специфицированных норм расхода материалов	ВСН	Документ предназначен для указания данных о нормах расхода материалов для изготовления или ремонта изделия и применяется для решения задач по нормированию расхода материалов на изделие
Ведомость удельных норм расхода материалов	ВУН	Документ предназначен для указания данных об удельных нормах расхода материалов, используемых при выполнении технологических процессов и операций изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), и применяется для решения задач по нормированию расхода материалов
Технологическая ведомость	ТВ	Документ предназначен для комплексного указания технологической и организационной информации, используемой перед разработкой комплекта (комплектов) документов на технологические процессы (операции), и применяется на одном из первых этапов технологической подготовки производства (ТПП)

Продолжение табл. 3.5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Ведомость применяемости	ВП	Документ предназначен для указания применяемости полного состава деталей, сборочных единиц, средств технологического оснащения и др. Применяется для решения задач ТПП
Ведомость сборки изделия	ВСИ	Документ предназначен для указания состава деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава
Ведомость операций	ВОП	Документ предназначен для операционного описания технологических операций одного вида формообразования, обработки, сборки и ремонта изделия в технологической последовательности с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения и норм времени. Применяется совместно с МК или КТП
Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)	ВТП (ВТО)	Документ предназначен для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) технологическому процессу (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах
Ведомость деталей, изготовленных из отходов	ВДО	Документ предназначен для указания данных о деталях, изготовленных из отходов при раскрое металла
Ведомость дефектации	ВД	Документ предназначен для указания изделий (составных частей изделий), подлежащих ремонту, с определением вида ремонта, дефектов и для указания дополнительной технологической информации. Применяется при ремонте изделий (составных частей изделий).

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Ведомость стержней	ВСТ	Документ предназначен для указания информации, необходимой при изготовлении стержней для отливок.
Ведомость технологических документов	ВТД	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), и применяется при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое
Ведомость держателей подлинников	ВДП	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых при передаче комплекта документов на микрофильмирование

Комплектность технологических документов на типовые (групповые) технологические процессы (операции) **зависит:**

- от типа производства по ГОСТ 14.004-83;
- от стадии разработки документов по ГОСТ 3.1102-81;
- от степени детализации описания технологических процессов, установленных по ГОСТ 3.1109-82;
- от применяемых технологических методов изготовления изделий.

Комплекты документов подразделяют:

- на основной;
- на дополнительный;
- на полный.

Основной комплект документов ТТП и ГТП – совокупность документов, необходимых и достаточных для выполнения процесса, без учета входимости технологических инструкций (ТИ), инструкций по охране труда (ИОТ), стандартов предприятий (СТП), карт типовых (групповых) операций перемещений, но содержащих ссылки на их обозначения (табл. 3.6).

Дополнительный комплект документов ТТП (ГТП) – совокупность ТИ, ИОТ, карты типовых (групповых) операций на перемещения, СТП, ссылки на обозначения которых имеются в основном комплекте документов, необходимых и достаточных для выполнения процесса вместе с основным комплектом документов.

Полный комплект документов ТТП (ГТП) – совокупность основного и дополнительного комплектов.

Таблица 3.6

Виды и комплектность технологических документов на типовые и групповые техпроцессы

Тип производства	Стадия разработки технологической документации	Степень детализации описания техпроцесса	Номер варианта комплекта	Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81											
				ТЛ	МК	КТТП	ВТД	ВТП	ВО	КК	КТИ	КТО	ВТО	КЭ	ТИ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект. Разработка документации опытного образца (опытной партии, опытного ремонта)	Маршрутное	1	○	●		○	●	○	○				○	
		Маршрутно-операционное	2	○	●		○	●	○	○		●	●	○	

Продолжение табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Едини- чное, мел- косерий- ное	Предвари- тельный проект. Раз- работка до- кументации опытного образца (опытной партии, опытного ремонта)	Мар- шрутно- опера- ционное	3	○		●	○	●	○	○				○	
			4	○	●		○		○	○	●			○	
			5	○	●		○	●	○	○				○	●
Средне- серий- ное, крупно- серийное	Разработка документа- ции серий- ного (массо- вого) произ- водства, в том числе ремонтного	Опера- ционное	6	○	●		○	○	○	○		●	●	○	
			7	○	●		○		○	○	●			○	
			8	○		●	○	●	○	○				○	

Окончание табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Средне-серийное, крупно-серийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	9	○		●	○		○	○	●			○	
			10	○	●		○	●	○	○	○			○	●
			11	○	●		○		○	○	●			○	●

Примечания:

1. ● – документ обязательный; ○ – документ, применяемый по усмотрению разработчика.
2. Применение дополнительных видов документов, не указанных в табл. 3.6, устанавливается в отраслевых нормативно-технических документах (НТД) или в стандартах предприятий (организаций).
3. ТИ в данной таблице относятся к документам, выполняющим функции не технологических инструкций, а других видов документов, формы и правила оформления которых не предусмотрены стандартами ЕСТД и отраслевыми НТД. В данном случае они выполняют функции других документов. Например, ТИ/КТО; ТИ/КТТП.
4. Допускается для всех вариантов комплектов документов взамен ВТП применять формы МК с указанием переменной информации только на изделия и их составные части одного обозначения, а также МК/ВТП или КТИ.
5. Для варианта 6 комплекта документов допускается взамен ВТО применять ВТП, которая будет содержать переменные данные по всему процессу, относящиеся к каждому обозначению изделия или его составной части.

3.4. Пример автоматизированного проектирования технологического процесса механической обработки детали в САПР

Рассмотрим пример автоматизированного проектирования технологического процесса механической обработки детали «Вал» в программе «ТехноПро» от компании «Топ Системы» (Россия). При запуске программы «ТехноПро» появляется **рабочее окно**, состоящее из следующих элементов: строки заголовка, строки меню и основного меню (рис. 3.1).

Цель примера – автоматизированная разработка технологического процесса механической обработки детали «Вал».

Выполнение примера содержит **несколько этапов**.

На первом этапе автоматизированного проектирования ТП в программу *вводятся данные о детали*. Геометрические параметры, поля допусков, шероховатость поверхностей, вид покрытия и другие характеристики детали можно ввести как вручную (если чертеж выполнен на бумаге), так и получить автоматически из программы САД для параметрического проектирования и черчения.

В результате обработки данных чертежа *в программе САПР формируется набор элементарных поверхностей детали с параметрами и их значениями*. В правой части окна «Конкретные технологические процессы» (рис. 3.2) представлен автоматически сформированный список элементарных поверхностей детали «Вал». Каждая элементарная поверхность детали имеет в базе данных свой цифровой код, вид, тип, номер, название, шероховатость. *Набор элементарных поверхностей и их сопряжений образует форму и геометрию сконструированной детали*.

Второй этап автоматизированного проектирования ТП. После обработки данных чертежа (или введенных данных о детали технологом) запускается процесс автоматического формирования ТП, в ходе которого программа выбирает и обрабатывает технологическую информацию из своей базы данных. В результате *формируется проект маршрутно-операционного техпроцесса изготовления детали, имеющий перечень, номера и наименования технологических операций (рис. 3.3, левая часть) и текст технологических переходов (рис. 3.3, правая часть)*.

Для детали «Вал» программа выбрала 6 операций: 005 заготовительная, 010 токарная, 020 фрезерная, 025 слесарная, 030 круглошлифовальная, 035 контрольная.

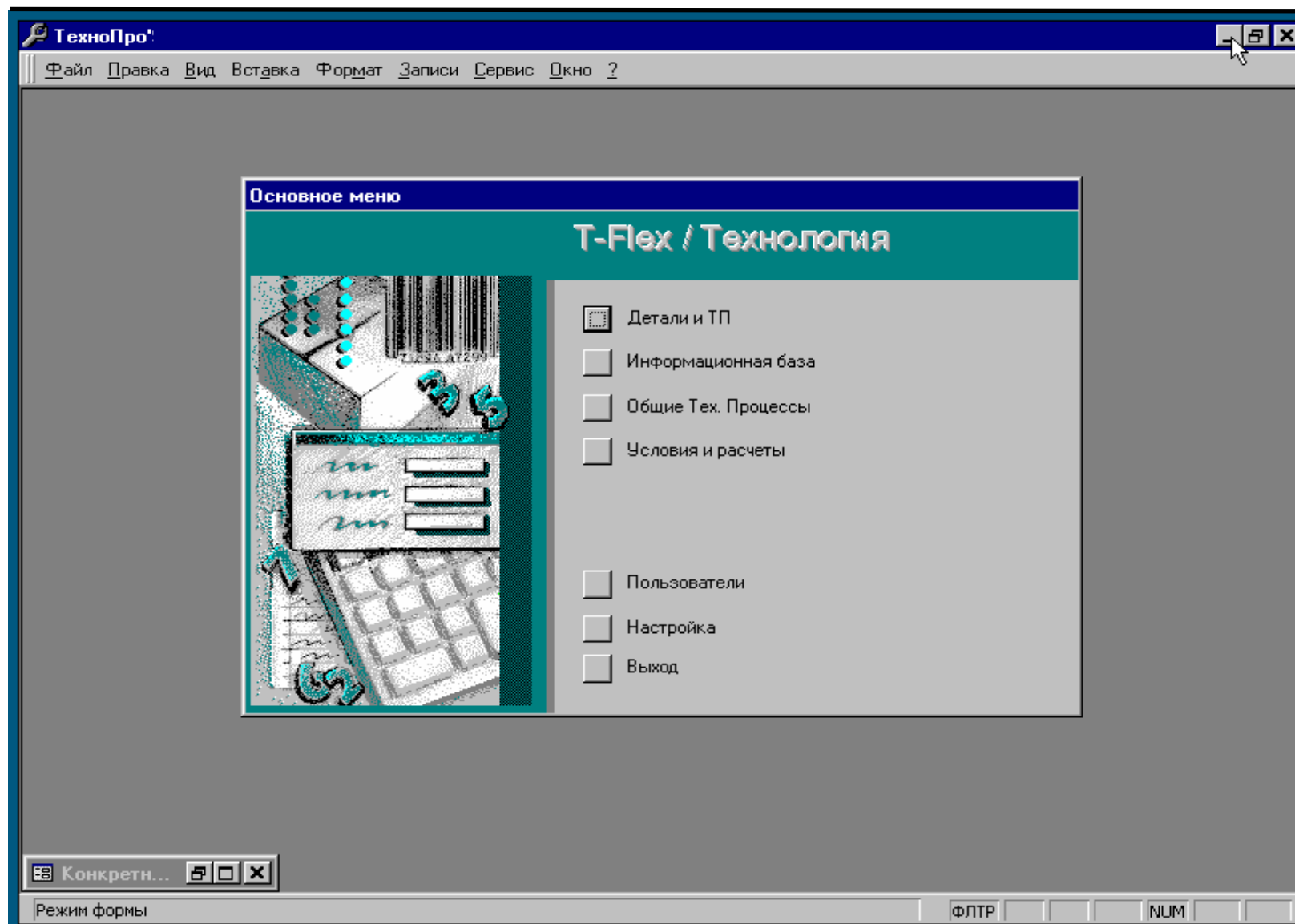


Рис. 3.1. Рабочее окно программы «ТехноПро» для проектирования техпроцессов

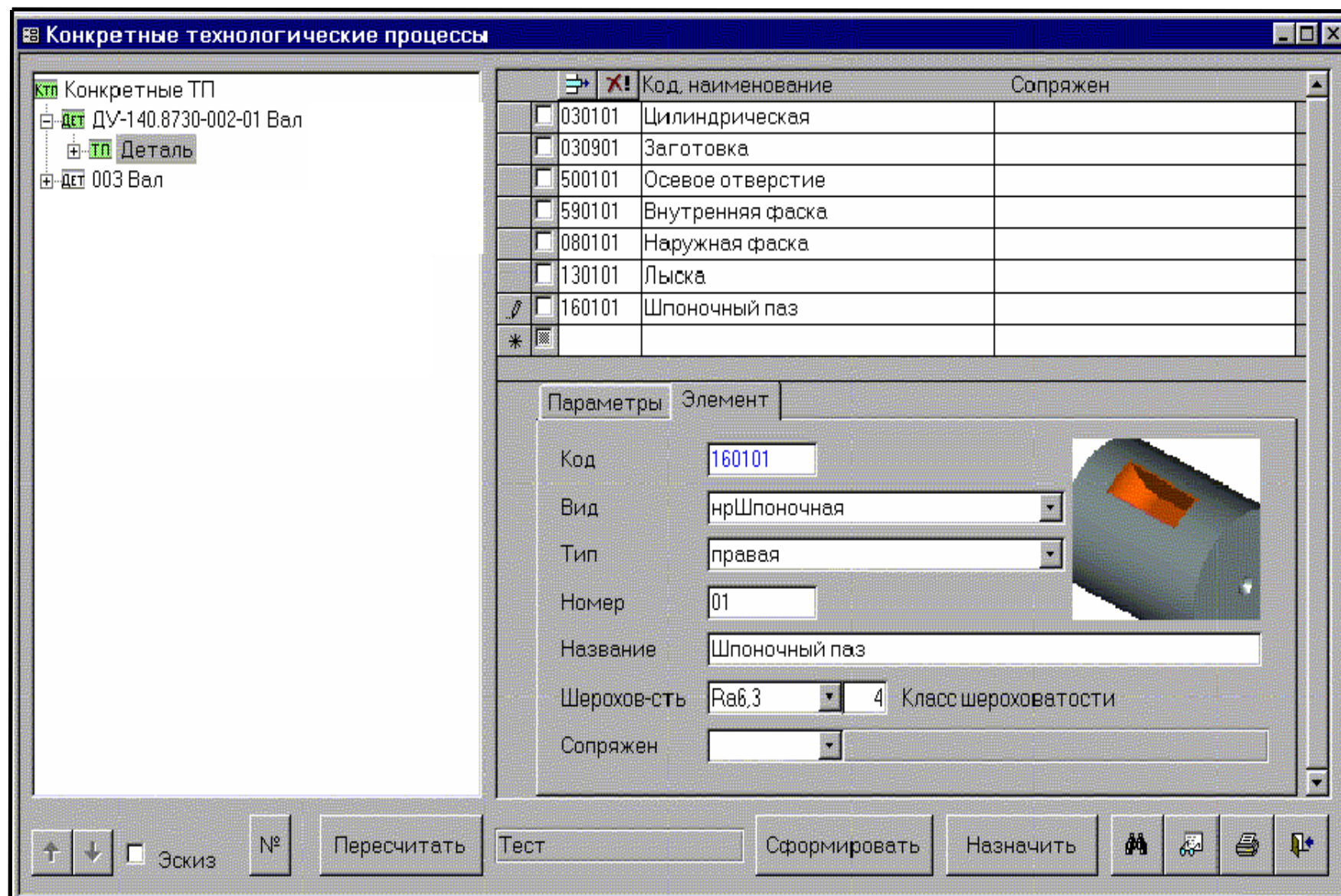
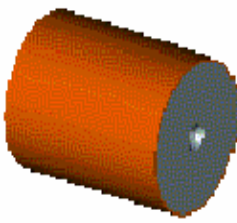


Рис. 3.2. Автоматически сформированный список элементарных поверхностей детали «Вал»

Конкретные технологические процессы

Конкретные ТП

- ДЕТ 003 Вал
- ДУ-140.8730-002-01 Вал
- ТД Деталь
 - ОПР 005 Заготовительная
 - ПЕР 001 Отрезать пруток диаметром
 - ОПР 010 Токарная
 - ПЕР 001 А. Установить заготовку в т
 - 002 Точить диаметр 1 до 55k6**
 - ПЕР 003 Центровать отверстие с диа
 - ПЕР 004 Сверлить отверстие 2 диамет
 - ОПР 015 Токарная
 - ПЕР 001 А. Установить заготовку в т
 - 002 Точить диаметр 1 до 55k6 (+0,021, -0,002) мм, на длине 86мм**
 - ПЕР 004 Расточить фаску 3 на диамет
 - ОПР 020 Фрезерная
 - ОПР 025 Слесарная
 - ОПР 030 Кругло-шлифовальная
 - ОПР 035 **001 А Установит заготовку в пр**



Ввод
Текст

Точить диаметр 1 до 55k6 (+ 0,021, – 0,002) мм, с учетом припуска 2 мм на окончательную обработку, на длине 86 мм.

030101 Цилиндрическая № перехода 002

РИ режущий инструмент, СИ измерительный, ВИ вспомогательный, ПР, М:

...	СИ Штангенциркуль ШЦ-Т-1-200-0,1-1 ГОСТ 166-89	0
▶	РИ Резец 20x16 2102-0077 T15K6 ГОСТ 18877-73	0
*		0

Режим | **Параметры** | Обраб | Условия | В Карту | Эскиз

Параметр:	Значение:
PD	0,1
OD	2
t	6
K	5

То: 1,5
Тв: 2

↑ ↓ ☐ Эскиз № Пересчитать Тест




Рис. 3.3. Проект маршрутно-операционного техпроцесса детали «Вал»

Каждая операция содержит необходимые технологические переходы. Для каждого автоматически спроектированного технологического перехода выбраны режущий (РИ), измерительный (СИ), вспомогательный (ВИ) инструменты, приспособления (ПР), а также режим резания и рассчитано основное (T_o) и вспомогательное (T_v) время.

В связи с тем, что процесс механической обработки деталей сводится к последовательному снятию с заготовки слоев материала, то с целью улучшения точности обработки и шероховатости поверхностей в программах САПР предусмотрена **многостадийность обработки**. В частности, для точения в электронной базе данных предусмотрены следующие стадии обработки: черновая, получистовая, чистовая, отделочная. При этом каждая стадия обеспечивает получение размеров определенной точности и определенной шероховатости поверхностей детали. В зависимости от необходимой точности (квалитетов) поверхностей детали из электронной базы данных подбирается нужное количество стадий обработки. Количество стадий обработки зависит от разности квалитетов заготовки и детали. Чем больше разность квалитетов, тем больше стадий.

Припуски и глубины резания для каждой стадии обработки подбираются в программе из электронных таблиц (рис. 3.4) по таким параметрам, как текущий диаметр обработки детали и требуемая точность.

При этом вначале выбирается глубина резания для стадии, обеспечивающей окончательное получение размеров детали. Затем последовательно выбираются глубины резания для промежуточных стадий обработки, а в последнюю очередь – для черновой. По выбранным припускам для стадий рассчитывается общий припуск. При необходимости выбирается заготовка. Подбор заготовки осуществляется из условия нахождения ближайшей по размерам в электронной базе.

Значения параметров режима резания (подачи, скорости резания, частоты вращения шпинделя станка) для каждой стадии обработки рассчитываются с учетом поправочных коэффициентов на механические свойства материала детали, схемы установки заготовки на станке, наличия охлаждения. На рис. 3.5 представлен пример процедуры расчета режима резания, включенный в условие «Режимы резания токарные».

Прокат стальной круглый : ...

	Dpr	S	M	D	Dop_D	
▶	5	0.1963	0.154	5		
	5.5	0.2376	0.186	5.5		
	6	0.2827	0.222	6		
	6.3	0.3117	0.245	6.3		
	6.5	0.3318	0.26	6.5		
	7	0.3848	0.302	7		
	8	0.5027	0.395	8		
	9	0.6362	0.499	9		
	10	0.7854	0.616	10		
	11	0.9503	0.746	11		
	12	1.131	0.888	12		
	13	1.327	1.04	13		
	14	1.539	1.21	14		
	15	1.767	1.39	15		
	16	2.011	1.58	16		
	17	2.27	1.78	17		
	18	2.545	2	18		
	19	2.836	2.23	19		

Глуб рез пчист ток : таблица

	D_min	D_max	t_glub	Стадия обработки
▶	0	18	0.9	Получистовая
	18	30	1	Получистовая
	30	50	1.3	Получистовая
	50	80	1.5	Получистовая
	80	120	1.7	Получистовая
	120	180	2	Получистовая
	180	250	2.2	Получистовая
	250	320	2.4	Получистовая
	320	400	2.5	Получистовая
	400	500	2.8	Получистовая
	500	630	3	Получистовая
	630	800	3.5	Получистовая
	800	1000	4	Получистовая
	1000	1250	4.5	Получистовая
	1250	1600	5.3	Получистовая
	1600	2000	6.3	Получистовая
	2000	2500	7	Получистовая
	2500	3150	12	Получистовая

Рис. 3.4. Фрагмент электронной базы данных для выбора сортамента заготовки и глубины резания по стадиям обработки

Описание условия

№	Условие:	Действие:
1	—	ВыполнитьУсл Свойств материала
16	—	ВыполнитьУсл На прочность режущей части
17	—	ВыполнитьУсл На крепление заготовки консольное кр
18	—	ВыполнитьУсл На материал режущего инструмента
19	—	ВыполнитьУсл На вид станка
20	—	Вычислить $[t; \text{Режим}] = \text{Таблица}(t_glub, \text{Глуб_рез_пчи})$
21	—	Вычислить $[S; \text{Режим}] = \text{OKR2}([t; \text{Режим}]^{-0.3040} * 0.05)$
22	—	Вычислить $[CV; \text{Режим}] = \text{Таблица}(Cv, \text{Скорость резан})$
24	—	Вычислить $[XV; \text{Режим}] = \text{Таблица}(Xv, \text{Скорость резан})$
25	—	Вычислить $[YV; \text{Режим}] = \text{Таблица}(Yv, \text{Скорость резан})$
26	—	Вычислить $[VT; \text{Режим}] = \text{OKR}([KVNB; \text{Режим}] * [KVT; F])$
27	—	Вычислить $[NT; \text{Режим}] = \text{OKR}((1000 * [VT; \text{Режим}]) /)$
28	—	Вычислить $[N; \text{Режим}] = \text{МенЧислоОборуд}(1, [NT; \text{Реж}])$
29	—	Вычислить $[V; \text{Режим}] = \text{OKR}(3.14 * [D; \text{Обраб}] * [N; \text{Реж}])$
*	0	

На крепление заготовки
консольное крепление детали

Комментарий:
Поправочный коэффициент от вида крепления детали

Рис. 3.5. Фрагмент базы условий для расчетов режимов резания

Расчетные значения подачи и частоты вращения шпинделя сравниваются с паспортными значениями выбранного оборудования. С использованием уточненных значений частоты вращения шпинделя и подачи, а также длины рабочего хода суппорта рассчитывается *основное машинное время*.

Третий этап автоматизированного проектирования ТП. Спроектированный ТП, а также данные по режимам обработки и нормам можно просмотреть, при необходимости отредактировать, а затем выдать в виде технологических документов.

В программе САПР имеются различные формы маршрутных, маршрутно-операционных и операционных карт, карт эскизов и контроля, ведомостей материалов и оснастки. Технолог должен выбрать необходимую для его проекта форму технологических документов (рис. 3.6).

Фрагмент маршрутно-операционной карты (КТП) по ГОСТ 3.1404-86 форма 1 на изготовление детали типа «Вал» представлен на рис. 3.7. В начале карты показаны операции «005 заготовительная» и «010 токарная» с подобранным оборудованием, приспособлениями, инструментом и рассчитанными режимами резания и нормами времени.

При работе в программе САПР все документы на ТП автоматически оформляются в соответствии с требованиями стандартов «Единой системы технологической документации (ЕСТД)» и стандартов предприятия.

Автоматическое формирование полного комплекта технологической документации предусматривает автоматический и диалоговый подбор оборудования, оснастки и инструментов, а также автоматический и полуавтоматический расчет технологических размеров с учетом припусков на обработку, расчет режимов обработки, норм времени.

Автоматическое заполнение технологических документов стандартных и произвольных форм осуществляется в формате MS Word. После проверки технологический документ отправляется на печать обычным способом.

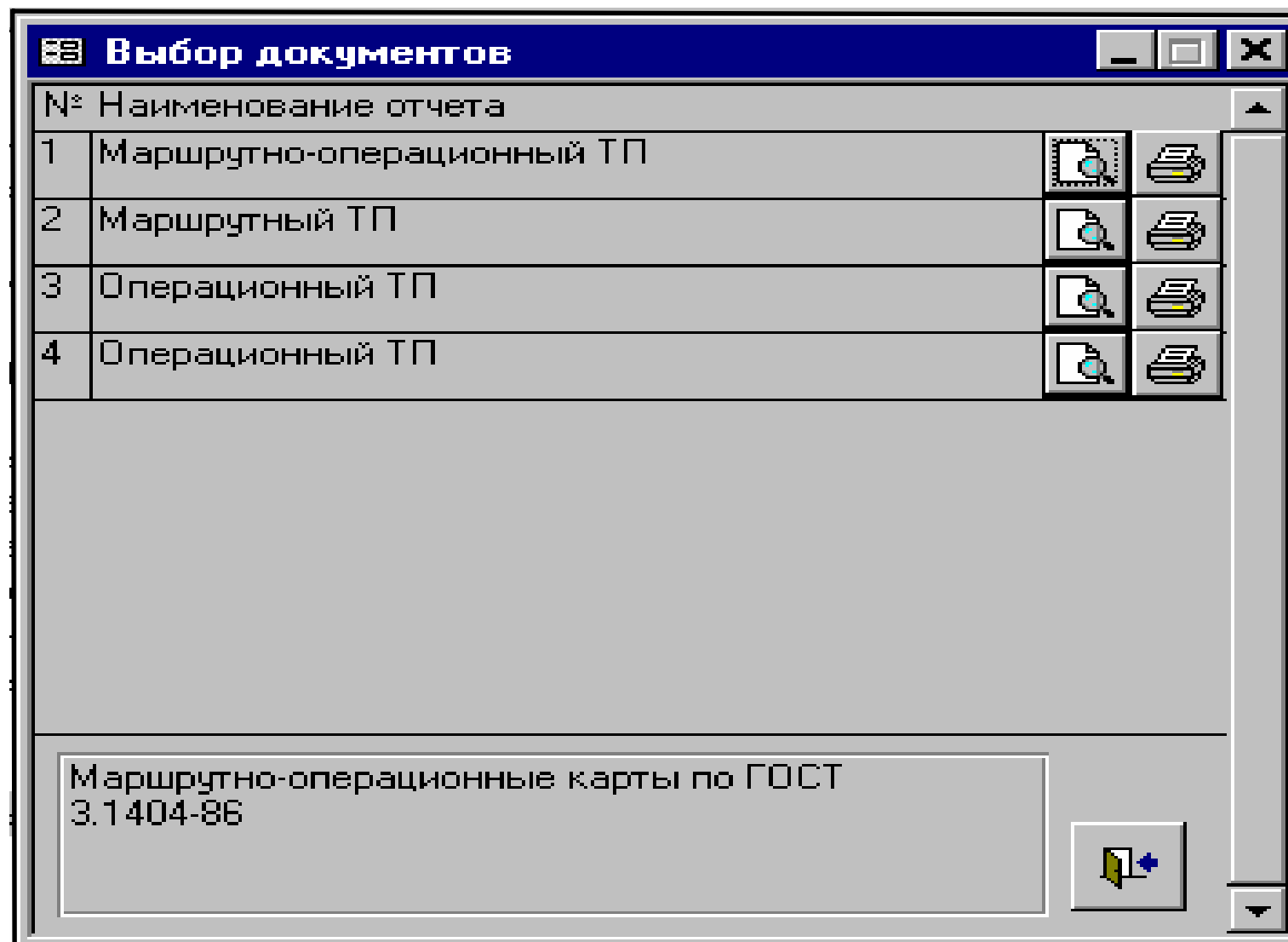


Рис. 3.6. Диалоговое окно выбора формы технологических документов
для спроектированного технологического процесса

[illegible]

Рис. 3.7. Фрагмент автоматически спроектированной маршрутно-операционной карты

										ГОСТ 3.1404-86										форма 1		САПР	
Дубл.																							
Взам.																							
Подп.																							
ТехноПро										Редактор										1		1	
Разраб. Иванов И.И.																							
Проверил Петров П.П.										ЮрГУ										140 Б 730-002 СБ			
Нормир. Сидоров С.С.																				140 В 730-002 О1			
Метролог Матвеев М.М.																							
Н. контр. Носов Н.Н.										Вал													
M1 ст. 40X ГОСТ 4543-71																							
Код ЕВ МД ЕН Нрзж. КИМ Код заготовки										Профиль и размеры										ID M3			
M2 0,045										Круг Диаметр заготовки										0,078			
A Цех УЧ РМ Спер. Код, наименование операции										Обозначение документа													
B Код, наименование оборудования CM Проф. P UT KP K OИД KH OP Hцт Плз Тплз Tшт Tвл/мин																							
P ПИ Дили B L T i S n Y 0 Тоимн Tвл/мин																							
A01 12 2 1 005 Заготовительная																							
02																							
B03 Абразивно-огрезной										3										1		0,13	
04																							
O05 1 Отрезать прутки диаметром 55 мм., выдерживая длину 250 мм.																				3		5	
06																							
T07 РИ. Круг отрезной 150 x2 x32 14A3 J1 ВУ ГОСТ 2 19 63 -82; СИ Линейка – 300 ГОСТ 427 -75																							
08																							
A08 12 1 2 010 Токарная																							
10																							
B11 Токарный станок 16K20										4										1		0,18	
12																							
I13 ПР. 7100-0011 ГОСТ 2675 -80																							
14																							
O15 1 А Установить заготовку в трехлапчатом патроне, закрепить и снять после обработки																							
16																							
O17 2 Точить диаметр 1 до 60 H8 (- 0,074) мм., с учетом припуска 2 мм. на окончательную обработку,																							
O18 на длине 88 мм.																							
19																							
T20 РИ. Резец 20x16 2102 -0077 T16K8 ГОСТ 18877 -73; СИ. Штангенциркуль ШЦ-Т1-200-0,1-1 ГОСТ 166 -99																							
21																							
P22 32 34 6 3 3,2 350 36																							

Окончание рис. 3.7. Фрагмент автоматически спроектированной маршрутно-операционной карты

4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ БИЗНЕС-ПЛАНА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

4.1. Технология планирования

4.1.1. Принципы планирования

Общие принципы планирования впервые сформулированы Анри Файолем [12]. В качестве основных требований к разработке программы действия или планов предприятия им названы **пять принципов**: 1) необходимость, 2) единство, 3) непрерывность, 4) гибкость, 5) точность.

1. *Принцип необходимости (обязательности) планирования* означает повсеместное и обязательное применение планов при выполнении любого вида трудовой деятельности.

2. *Принцип единства планов* предусматривает разработку общего или сводного плана социально-экономического развития предприятия. Единство планов предполагает общность экономических целей и взаимодействие различных подразделений предприятия на горизонтальном и на вертикальном уровнях планирования и управления.

3. *Принцип непрерывности планов* заключается в том, что на каждом предприятии процессы планирования, организации и управления производством, как и трудовая деятельность, являются взаимосвязанными между собой и должны осуществляться постоянно и без остановки.

4. *Принцип гибкости планов* тесно связан с непрерывностью планирования и предполагает возможность корректировки установленных показателей и координации планово-экономической деятельности предприятия.

5. *Принцип точности планов* определяется многими как внутрифирменными факторами, так и внешним окружением. Всякий план должен составляться с такой точностью, которую желает достичь само предприятие с учетом его финансового состояния и положения на рынке и многих других факторов.

В науке и практике планирования, помимо рассмотренных классических принципов, широкую известность имеют **современные принципы планирования**: системность, целенаправленность, комплексность, оптимальность, эффективность, научность, приоритетность, сбалансированность, занятость, директивность, самостоятельность, равнонапряженность, конкретность, объективность, динамичность, риск и др.

4.1.2. Методика планирования

Методика планирования – совокупность методов практического планирования или обучения этому. Например, методика стратегического планирования [12] .

Метод планирования – способ практического осуществления плановой работы. Например, балансовый метод планирования.

Способ планирования – действие или система действий (операция), применяемые при исполнении плановой работы. Например, автоматизированная разработка бизнес-планов.

Методика планирования включает в себя следующие методы: традиционные и современные.

Традиционные методы планирования следующие [9]:

- 1) творчество;
- 2) адаптивный поиск;
- 3) составление бухгалтерской отчетности по данным планируемых мероприятий;
- 4) календарное планирование;
- 5) нормативное планирование;
- 6) анализ и оценка показателей плана;
- 7) корректировка параметров плана;
- 8) актуализация плана.

Новые методы планирования основаны на использовании экономико-математических моделей [6, 7].

Для использования экономико-математических методов в планировании необходимо экономический объект или процесс записать с помощью математических зависимостей (уравнений, неравенств и т.п.). Этот процесс называется *составлением модели*.

Математическая модель – это система математических выражений, описывающих характеристики объекта моделирования и взаимосвязи между ними.

Моделирование является логико-математическим отображением структуры и процесса функционирования планируемого объекта с целью проведения с помощью данной модели эксперимента.

Сущность моделирования заключается в создании такого аналога изучаемых объектов, в котором отражены все их важнейшие с точки зрения цели исследования свойства и опущены второстепенные, малосущественные черты.

4.1.3. Процесс планирования

Проект – разработанный план устройства чего-нибудь. Обычно проект содержит технико-экономические решения задач для достижения запланированной цели. Например, дипломный проект инженерной специальности в вузе.

Проектирование – процесс разработки, составления проекта.

Цель проекта – разработка документации. Для достижения цели решаются определенные задачи.

Процессы по исполнителям делятся на машинные и людские. Машинные процессы выполняются различными машинами (например, ЭВМ). Людские (трудовые) процессы – это последовательность выполнения совокупности трудовых действий, осуществляемых исполнителем (исполнителями) работ.

Людские процессы по виду работ делятся на физические и умственные. Физические процессы связаны с движениями исполнителя работ. Умственные процессы связаны с интеллектуальной деятельностью исполнителя работ.

Машинные и людские процессы на предприятии образуют производственный процесс.

Способ – это действие или система действий, применяемые при осуществлении операций, исполнении какой-нибудь работы.

Способ планирования – совокупность действий (операций) для выполнения проекта (достижения цели). Например, способ автоматизированного планирования.

По словам Виланда и Ульриха, наиболее значимым компонентом технологии, несомненно, является процесс [12].

Процесс (лат. processus – продвижение) – совокупность последовательных действий (операций) для достижения какой-либо цели.

Операция (лат. operatio – действие) – законченное действие или ряд связанных между собой действий, направленных на решение определенной задачи.

Процесс современного планирования может иметь несколько стадий.

Стадия – это совокупность взаимосвязанных этапов создания и освоения нового проекта, близких по содержанию и исполнению. *Стадия проектирования* – определенная фаза (период) в разработке (развитии) проекта.

Этап – часть стадии, совокупность однородных взаимосвязанных операций по созданию и освоению нового проекта.

Операция – это часть этапа, совокупность взаимосвязанных действий по созданию и освоению нового проекта.

Основные этапы планирования и их результаты представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные этапы планирования

Этапы	Результаты
1. Определение цели(ей) планирования	Набор целей для проекта и определение периода планирования. Проблемы и их величины. Задачи на плановый период
2. Анализ внешней среды	Возможности и угрозы проекта
3. Анализ внутренней среды	Сильные и слабые стороны проекта
4. Определение альтернатив для решения проблем(ы)	Перечень альтернативных способов достижения цели(ей), т.е. способов решения проблем
5. Прогнозирование и оценка альтернатив	Прогнозные результаты по каждой альтернативе
6. Выбор планового решения	Принятый способ достижения цели(ей)
7. Оформление документации плана	Пояснительная записка
8. Контроль и анализ показателей плана	Критерии, способы, средства, время контроля и ответственные лица
9. Корректировка цели(ей)	Параметры, величины, направления корректировок и ответственные лица

Средства, обеспечивающие процесс планирования, – это информационное, техническое, математико-программное, организационное и лингвистическое обеспечение.

4.2. Пример автоматизированного расчета бизнес-плана в ERP

Рассмотрим пример автоматизированного расчета бизнес-плана для проекта техпроцесса изготовления деталей типа «Вал» в программе «Project Expert» от компании «Pro Invest Consulting» (Россия). При запуске программы появляется **рабочее окно** (рис. 4.1), состоящее из следующих элементов: строки заголовка, строки меню, строки пиктограмм, главного меню (со списком разделов и модулей).

Цель примера – автоматизированный расчет бизнес-плана для техпроцесса изготовления деталей типа «Вал» и **подтверждение** на этой основе **эффективности инвестиций в разработанный проект**.

Выполнение примера содержит **комплекс рабочих процедур**, которые разбиты на 9 блоков (в соответствии с количеством разделов программы).

Программа Project Expert имеет следующие разделы: Проект, Компания, Окружение, Инвестиционный план, Операционный план, Финансирование, Результаты, Анализ проекта, Актуализация.

Каждый раздел программы содержит несколько модулей. Любой модуль программы при открытии представляет собой диалоговое окно в форме электронных таблиц, которые нужно заполнить.

После введения всех необходимых данных программа автоматически рассчитает все финансовые показатели бизнес-плана.

Рассмотрим содержание разделов бизнес-плана, рассчитанного при помощи компьютерной программы «Project Expert».

Проект. Бизнес-план машиностроительного предприятия по внедрению в производство техпроцесса для группы деталей типа «Вал».

Дата начала проекта: 01.01.2005.

Продолжительность: 60 месяцев.

Предприятие АО «Курс» вновь открыто в январе 2005 года для производства и продажи деталей машин. Бизнес-план предназначен для использования внутри предприятия.

Список продуктов (деталей) представлен в табл. 4.2.

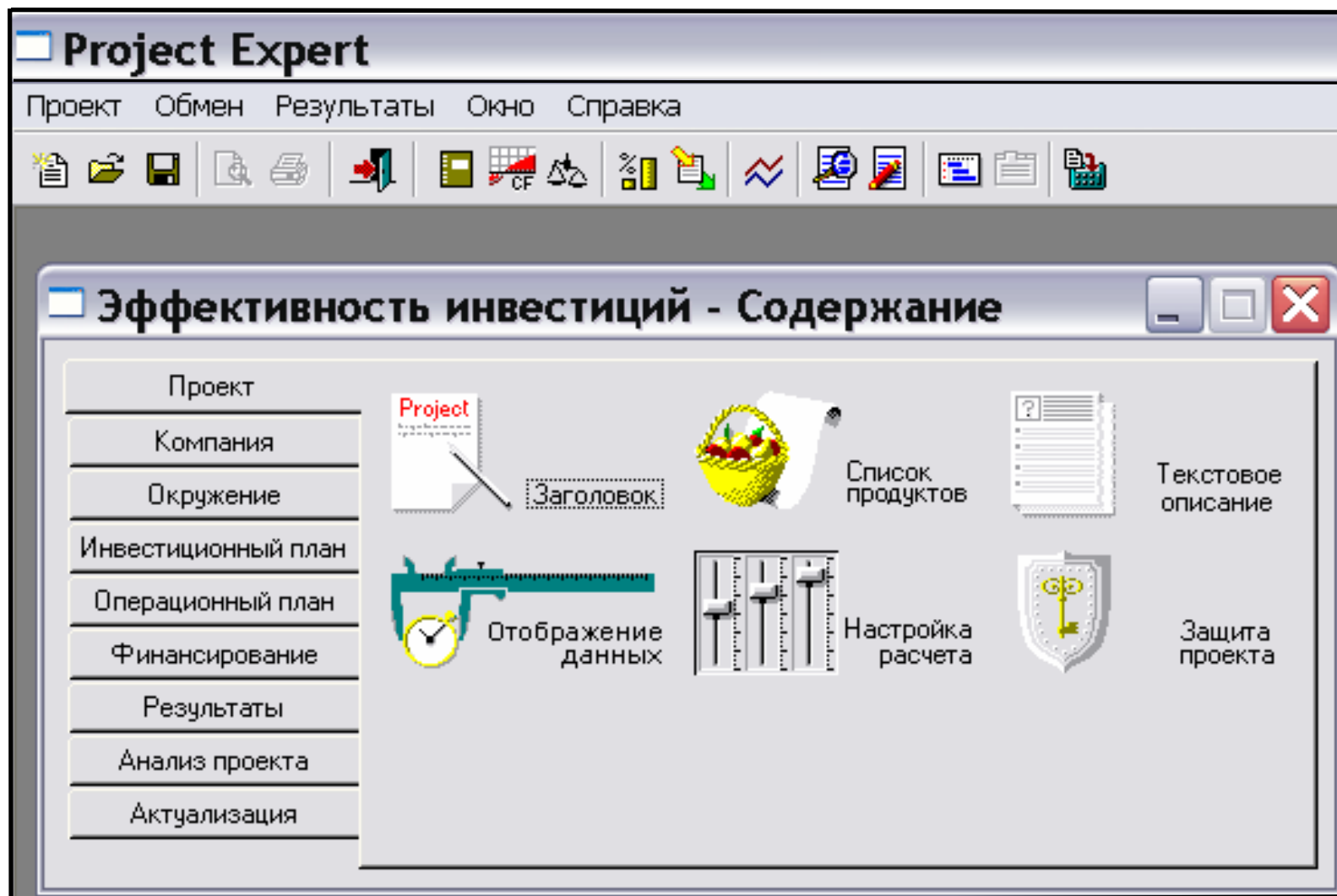


Рис. 4.1. Рабочее окно программы «Project Expert»

Таблица 4.2

Список продуктов

Наименование	Единица измерения	Нач. продаж
01. Вал 1	шт.	01.04.2005
02. Вал 2	шт.	01.04.2005
03. Вал 3	шт.	01.04.2005
04. Вал 4	шт.	01.04.2005
05. Вал 5	шт.	01.04.2005
06. Стружка	кг	01.04.2005

Общая ставка дисконтирования: 10%.

Компания. Стартовый баланс нулевой, так как проект новый. Финансовый год начинается в январе. Принцип учета запасов: по среднему.

Окружение. Основная валюта проекта – доллар США (\$ US). Курс на момент ввода: 1 руб. = 28 \$ US.

План налогов представлен в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Налоги

Название налога	База	Период	Ставка, %
01. НДС	Добав. стоим.	Месяц	18
02. Налог на прибыль	Прибыль	Месяц	24
03. Подоходный налог	Зарплата	Месяц	13
04. Налог на имущество	Имущество	Квартал	2
05. Выплаты в Пенс. фонд	Зарплата	Месяц	28
06. Выплаты в ФОМС	Зарплата	Месяц	3,6
07. Выплаты в ФСС	Зарплата	Месяц	4
08. Сбор в ФССнесч.случай	Зарплата	Месяц	2

Инфляция: 12% в год.

Инвестиционный план. Календарный план представлен в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Календарный план

Название	Длительность, дней	Начало	Окончание
Стратегический план:	7	01.01.2005	08.01.2005
Маркетинговое исследование	5	01.01.2005	06.01.2005

Окончание табл. 4.4

Название	Длительность, дней	Начало	Окончание
Разработка стратегии	2	06.01.2005	08.01.2005
Организационные работы	33	08.01.2005	10.02.2005
Регистрация предприятия	7	08.01.2005	15.01.2005
Переговоры об аренде	16	15.01.2005	31.01.2005
Разработка конструкции и технологии для изделия	14	27.01.2005	10.02.2005
Покупка и монтаж основного оборудования	26	11.02.2005	09.03.2005
Покупка оборудования	14	11.02.2005	25.02.2005
Покупка склада	10	11.02.2005	21.02.2005
Монтаж склада	15	22.02.2005	09.03.2005
Покупка и наладка другого оборудования	34	11.02.2005	17.03.2005
Покупка станочных приспособлений	20	11.02.2005	03.03.2005
Покупка измерительных и регулирующих устройств	7	11.02.2005	18.02.2005
Покупка производственного и хозяйственного инвентаря	20	11.02.2005	03.03.2005
Покупка компьютеров и принтеров	5	11.02.2005	16.02.2005
Покупка компьютерных программ	5	11.02.2005	16.02.2005
Наладка оборудования	7	10.03.2005	17.03.2005
Закупки реж. инструментов	1785	11.02.2005	01.01.2010
Покупка инструментов 2005	361	11.02.2005	07.02.2006
Покупка инструментов 2006	365	07.02.2006	07.02.2007
Покупка инструментов 2007	365	07.02.2007	07.02.2008
Покупка инструментов 2008	365	07.02.2008	06.02.2009
Покупка инструментов 2009	340	26.01.2009	01.01.2010
Производство	1 761	01.03.2005	31.12.2009
Производство [01. Вал 1]	1 761	01.03.2005	31.12.2009
Производство [02. Вал 2]	1 761	01.03.2005	31.12.2009
Производство [03. Вал 3]	1 761	01.03.2005	31.12.2009
Производство [04. Вал 4]	1 761	01.03.2005	31.12.2009
Производство [05. Вал 5]	1 761	01.03.2005	31.12.2009
Сбыт готовой продукции	1 731	01.04.2005	27.12.2009
Выкуп 1-й части помещений в 2009 г.	20	01.01.2009	21.01.2009

Операционный план. Плановый объем продаж (сбыта) продуктов в натуральном выражении представлен в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Плановый объём продаж в натуральном выражении

Продукт	Ед. изм.	2005 год	2006 год	2007 год	2008 год	2009 год
01. Вал 1	шт.	287,50	390,00	390,00	390,00	390,00
02. Вал 2	шт.	287,50	390,00	390,00	390,00	390,00
03. Вал 3	шт.	565,83	770,00	770,00	770,00	770,33
04. Вал 4	шт.	495,83	680,00	680,00	680,00	680,33
05. Вал 5	шт.	578,17	730,00	730,00	730,00	730,67
06. Стружка	кг	450,00	600,00	600,00	600,00	600,00

Плановая цена продаж (сбыта) продуктов представлена в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Плановая цена продаж (сбыта) продуктов

Продукт	Цена продаж, \$ US
01. Вал 1	101,000
02. Вал 2	102,000
03. Вал 3	103,000
04. Вал 4	104,000
05. Вал 5	105,000
06. Стружка	3,000

План производства продуктов представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

План производства

Наименование	Продолжительность производственного цикла, дни	График производства
01. Вал 1	1	По плану сбыта
02. Вал 2	1	По плану сбыта
03. Вал 3	1	По плану сбыта
04. Вал 4	1	По плану сбыта
05. Вал 5	1	По плану сбыта
06. Стружка	0	По плану сбыта

Суммарные прямые издержки представлены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Суммарные прямые издержки

Наименование	Ед. изм.	Сумма, \$ US
01. Вал 1	шт.	31,32
02. Вал 2	шт.	32,33
03. Вал 3	шт.	33,34
04. Вал 4	шт.	34,35
05. Вал 5	шт.	35,36
06. Стружка	кг	0,00

План по персоналу представлен в табл. 4.9.

Таблица 4.9

План по персоналу

Должность	Кол-во	Зарплата, \$ US	Платежи
Управление			
01. Начальник цеха	1	410,00	Ежемесячно, весь проект
02. Конструктор	1	250,00	Ежемесячно, весь проект
03. Технолог	1	250,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
04. Мастер участка	1	210,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
05. Бухгалтер	1	200,00	Ежемесячно, весь проект
Производство			
01. Станочник	10	180,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
02. Наладчик	4	180,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
03. Регулировщик	2	170,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
04. Комплектовщик	1	130,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
05. Контролер	2	150,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
06. Уборщица	2	90,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
Маркетинг			
01. Маркетинг	1	190,00	Ежемесячно, весь проект

План накладных расходов (общих издержек) представлен в табл. 4.10.

Таблица 4.10

План накладных расходов (общих издержек)

Название	Сумма, \$ US	Платежи
Управление		
01.Аренда помещения	8 680,00	По сложной схеме
02.Командировочные	300,00	Ежемесячно, весь проект
03.Связь и канцелярия	68,00	Ежемесячно, весь проект
04.Обучение персонала	100,00	Ежемесячно, весь проект
Производство		
01.Аренда помещений	2 100,00	Ежемесячно, весь проект
02.Аренда электрокара	200,00	Ежемесячно, весь проект
03.Затраты на ремонт и обслуживание оборуд.	90,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
Маркетинг		
01.Реклама и сбыт	355,00	Ежемесячно, весь проект

Финансирование. План формирования собственного капитала представлен в табл. 4.11.

Таблица 4.11

План формирования собственного капитала

Акционер	Дата	Сумма, \$ US
Акционер 1	01.01.2005	130 000

План получения кредитов представлен в табл. 4.12.

Таблица 4.12

План получения кредитов

Название	Дата	Сумма, \$ US	Срок	Ставка, %
Кредит 1	01.03.2005	12 000	11 мес.	10,00

План распределения прибыли представлен в табл. 4.13.

Таблица 4.13

План распределения прибыли

Строка	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Дивиденды, %	0,00	20,00	30,00	40,00	50,00
Резервы, %	50,00	40,00	30,00	20,00	10,00
Реинвести- рование, %	50,00	40,00	40,00	40,00	40,00

Распределение прибыли производится раз в год.

Результаты. План прибыли – убытков представлен в табл. 4.14.

Таблица 4.14

План прибыли – убытков, \$ US

Строка	2005	2006	2007	2008	2009
Валовый объем продаж	195 141	260 720	260 720	260 720	260 838
Чистый объем продаж	195 141	260 720	260 720	260 720	260 838
Материалы и комплектующие	90 138	120 381	120 381	120 381	120 437
Суммарные прямые издержки	90 138	120 381	120 381	120 381	120 437
Валовая прибыль	105 003	140 338	140 338	140 338	140 400
Налог на имущество	1 023	971	803	635	2 053
Зарплата административного персонала	22 469	23 855	23 855	23 855	23 855
Зарплата производственного персонала	52 258	62 709	62 709	62 709	62 709
Зарплата маркетингового персонала	3 433	3 433	3 433	3 433	3 433
Суммарные постоянные издержки	78 161	89 998	89 998	89 998	89 998
Амортизация	7 690	9 059	8 892	8 892	10 359
Проценты по кредитам	541	8	0	0	0
Суммарные непроизводственные издержки	8 232	9 068	8 892	8 892	10 359
Другие издержки	1 054	0	0	0	0
Прибыль до выплаты налога	16 532	40 300	40 644	40 812	37 990
Налогооблагаемая прибыль	16 532	40 300	40 644	40 812	37 990
Налог на прибыль	3 967	9 672	9 754	9 794	9 117
Чистая прибыль	12 564	30 628	30 889	31 017	28 872

План движения денежных потоков (дисконтированный Кэш-фло) представлен в табл. 4.15.

Таблица 4.15

План движения денежных потоков, \$ US

Строка	2005	2006	2007	2008	2009
Поступления от продаж	205 442	267 804	243 479	221 345	201 299
Затраты на материалы и комплектующие	109 480	122 002	110 911	100 828	90 980
Суммарные прямые издержки	109 480	122 002	110 911	100 828	90 980
Затраты на персонал	49 398	52 024	47 295	42 995	39 086
Суммарные постоянные издержки	49 398	52 024	47 295	42 995	39 086
Налоги	1 609	57 848	52 545	47 676	43 695
Кэш-фло от операционной деятельности	4 953	35 929	32 727	29 845	27 537
Затраты на приобретение активов	57 008	430	395	360	54 996
Другие издержки подготовительного периода	700	0	0	0	0
Кэш-фло от инвестиционной деятельности	– 57 708,09	– 430	– 395	– 360	– 54 996
Собственный капитал	130 000	0	0	0	0
Займы	11 810	0	0	0	0
Выплаты в погашение займов	9 499	1 810	0	0	0
Выплаты процентов по займам	519	7	0	0	0
Выплаты дивидендов	0	6 149	10 372	13 570	15 203
Кэш-фло от финансовой деятельности	131 791	– 7 968	– 10 372	– 13 570	– 15 203
Баланс наличности на начало периода	0	78 411	105 724	127 510	143 298
Баланс наличности на конец периода	79 037	106 567	128 527	144 441	101 778

План баланса представлен в табл. 4.16.

Таблица 4.16

План баланса, \$ US

Строка	2005	2006	2007	2008	2009
Денежные средства	79 652	111 046	138 211	159 486	96 769
Счета к получению	10 777	10 799	10 799	10 799	10 814
Сырье, материалы и комплектующие	1 739	1 741	1 741	1 741	1 685
Незавершенное производство	234	234	234	234	0
Запасы готовой продукции	1 757	1 759	1 759	1 759	1 762
Краткосрочные prepaid расходы	7 265	5 647	4 030	2 413	0
Суммарные текущие активы	101 426	131 230	156 777	176 435	111 031
Здания и сооружения	0	0	0	0	78 533,33
Оборудование	38 577	32 620	26 663	20 705	14 748
Другие активы	10 755	8 152	5 716	3 281	1 346
Инвестиции в основные фонды	463	458	458	459	0
СУММАРНЫЙ АКТИВ	151 222	172 460	189 615	200 883	205 660
Отсроченные налоговые платежи	3 179	3 166	3 128	3 089	3 426
Краткосрочные займы	2 000	0	0	0	0
Счета к оплате	3 478	3 483	3 483	3 483	3 342
Суммарные краткосрочные обязательства	8 657	6 650	6 611	6 572	6 769
Обыкновенные акции	130 000	130 000	130 000	130 000	130 000
Резервные фонды	6 282	21 046	34 742	44 598	49 456
Нераспределенная прибыль	6 282	14 764	18 261	19 711	19 433
Суммарный собственный капитал	142 564	165 810	183 004	194 310	198 890
СУММАРНЫЙ ПАССИВ	151 222	172 460	189 615	200 883	205 660

Анализ проекта. План интегральных показателей проекта (эффективности инвестиций) представлен в табл. 4.17.

Таблица 4.17

**План интегральных показателей проекта
(эффективность инвестиций)**

Показатель	Значение
Период расчета интегральных показателей	60 месяцев
Ставка дисконтирования	10,00 %
Период окупаемости	59 месяцев
Дисконтированный период окупаемости	60 месяцев
Средняя норма рентабельности	26,12 %
Чистый приведенный доход	7 687
Индекс прибыльности	1,07
Внутренняя норма рентабельности	14,24 %
Модифицированная внутренняя норма рентабельности	10,89 %

Главная задача показателей эффективности инвестиций – оценка привлекательности проекта.

Ставка дисконтирования годовая ($D_{год}$) – процентная ставка, используемая для приведения ожидаемых будущих доходов (расходов) к текущей стоимости. Ориентир при выборе годовой ставки дисконтирования – годовые процентные ставки по банковским вкладам, государственным ценным бумагам или другим альтернативным возможностям надежного вложения денег.

Ставка дисконтирования используется при расчете следующих показателей эффективности инвестиций: дисконтированный период окупаемости DPB , чистый приведенный доход NPV , индекс прибыльности PI , внутренняя норма рентабельности IRR , модифицированная внутренняя норма рентабельности $MIRR$.

Период окупаемости (BP) – это время выхода аккумулярованного денежного потока из зоны отрицательных значений, т.е. время до обращения недисконтированного денежного потока в ноль. Для признания проекта эффективным BP должен быть меньше (или равен) периода расчета интегральных показателей.

Дисконтированный период окупаемости (DBP) – это время выхода аккумулярованного денежного потока из зоны отрицательных значений, т.е. время до обращения дисконтированного денежного потока в ноль. Для признания проекта эффективным DBP должен быть меньше (или равен) периода расчета интегральных показателей.

Средняя норма рентабельности (ARR) – доходность проекта, равная отношению суммы среднегодовых поступлений от его реализации (недисконтированное операционное кэш-фло) к произведению суммы инвестиций на количество лет проекта. Для признания проекта эффективным ARR должна быть больше (или равна) доходности в отрасли, где работает предприятие.

Чистый дисконтированный (приведенный) доход (NPV) – оценка сегодняшней стоимости потока будущего дохода, равная приведенной стоимости будущих поступлений, дисконтированных с помощью соответствующей ставки, за вычетом приведенной стоимости затрат. Для признания проекта эффективным NPV должен быть больше нуля.

Индекс прибыльности (PI) – это отношение суммы положительных (доходных) элементов денежных потоков к сумме инвестиций. По сути PI – это дисконтированная стоимость денежных поступлений на единицу денежных инвестиций в данный проект. Для признания проекта эффективным PI должен быть больше единицы.

Внутренняя норма рентабельности (IRR) рассчитывается путем определения ставки дисконтирования, при которой чистый приведенный доход NPV обращается в ноль. IRR показывает максимально допустимый относительный (в процентах) уровень расходов, которые могут быть сделаны в данном проекте. Например, если проект полностью финансируется за счет банковского кредита, то значение IRR показывает верхнюю границу банковской процентной ставки, превышение которой делает проект убыточным.

Для признания проекта эффективным IRR должна быть больше ставки дисконтирования.

Модифицированная внутренняя норма рентабельности ($MIRR$) показывает инвестору, при каком проценте доходности банковского депозита вложение капитала в банк приведет в конце проекта к точно такому же доходу, который ожидается от вложения капитала в данный проект. Для признания проекта эффективным $MIRR$ должна быть больше ставки дисконтирования.

Период расчета интегральных показателей (N) показывает, сколько времени (лет, месяцев) планируется для реализации проекта. Величина этого периода устанавливается инвестором.

Вывод. Все показатели эффективности данного инвестиционного проекта находятся на высоком уровне. Следовательно, разработанный проект является экономически выгодным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из направлений научно-технического прогресса на машиностроительных предприятиях является использование компьютерных программ для технической подготовки производства. Автоматизированная подготовка производства дает возможность предприятиям быстро реагировать на изменение спроса, в короткие сроки выпускать новые виды продукции, быстро модернизировать выпускаемую продукцию, отслеживать жизненный цикл изделий, эффективно повышать качество изделий.

Поставленные в работе задачи решены следующим образом.

1. Рассмотрены принципы, методика и технология конструкторской автоматизированной подготовки машиностроительного производства.

В результате решения первой задачи установлена главная цель инженерно-конструкторского проектирования, которой является оформление конструкторской документации.

Установлено, что в основе инженерно-конструкторского проектирования лежат принципы, т.е. основные правила, используемые для разработки методики проектирования. Методика проектирования, в свою очередь, состоит из совокупности методов практического выполнения проектирования. Различные методы инженерно-конструкторского проектирования порождают различные технологии проектирования. Технология проектирования – это совокупность методов (способов) решения задач проектирования и их практическая реализация. Наиболее значимым компонентом технологии проектирования является процесс, т.е. совокупность последовательных действий (операций) для достижения цели. Процесс современного проектирования может иметь несколько стадий, а те, в свою очередь, несколько этапов.

Рассмотренные этапы инженерно-конструкторского проектирования позволили определить необходимые для них результаты: виды и комплектность конструкторских документов.

Для оформления конструкторской документации установлены правила, рекомендации и понятия, в основе которых лежит Единая система конструкторской документации.

2. Рассмотрены принципы, методика и технология технологической автоматизированной подготовки машиностроительного производства.

В результате решения второй задачи установлена главная цель технологического проектирования, которой является оформление технологической документации.

Установлено, что в основе технологического проектирования лежат принципы, т.е. основные правила, используемые для разработки методики проектирования. Методика проектирования, в свою очередь, состоит из совокупности методов практического выполнения проектирования. Различные методы технологического проектирования порождают различные технологии проектирования. Технология проектирования – это совокупность методов (способов) решения задач проектирования и их практическая реализация. Наиболее значимым компонентом технологии проектирования является процесс, т.е. совокупность последовательных действий (операций) для достижения цели. Процесс современного проектирования может содержать несколько стадий, а те, в свою очередь, несколько этапов.

Рассмотренные этапы технологического проектирования позволили определить необходимые для них результаты: виды и комплектность технологических документов.

Для оформления технологической документации установлены правила, рекомендации и понятия, в основе которых лежат Единая система технологической подготовки производства и Единая система технологической документации.

3. Рассмотрены принципы, методика и технология организационно-экономической подготовки машиностроительного производства.

В результате решения третьей задачи установлена главная цель организационно-экономической подготовки, которой является оформление технико-экономической документации.

Установлено, что в основе организационно-экономического (финансового) планирования лежат принципы, т.е. основные правила, используемые для разработки методики планирования. Методика планирования, в свою очередь, состоит из совокупности методов практического выполнения планирования. Различные методы организационно-экономического планирования порождают различные технологии. Технология планирования – это совокупность методов (способов) решения задач планирования и их практическая реализация. Наиболее значимым компонентом технологии планирования является процесс, т.е. совокупность последовательных действий (операций) для достижения цели. Процесс современного организационно-экономического планирования может иметь несколько стадий, а те, в свою очередь, несколько этапов.

Рассмотренные этапы организационно-экономического планирования позволили определить необходимые для них результаты: виды и содержание технико-экономических документов.

Для того, чтобы разработчики бизнес-проектов и инвесторы легче находили общий язык, выработан общепринятый стандарт, определяющий содержание и форму представления предложений о финансировании. Этот документ, называемый бизнес-планом, является фундаментом любого проекта. Международные финансовые организации опираются в своей практике на стандарт, разработанный специалистами UNIDO – авторитетной организации, созданной ООН. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) занимается выработкой стратегии экономического развития стран с переходной экономикой. Одним из результатов ее деятельности является создание стандартов подготовки инвестиционных решений.

Таким образом, техническая подготовка производства целенаправленна. Целями этой подготовки являются: создание изделий заданного технического уровня и качества; сокращение продолжительности цикла создания, производства и освоения новых изделий; увеличение числа наименований обрабатываемых в системе новых изделий; увеличение объема выпуска новой продукции на стадиях процесса подготовки производства; экономия трудовых, материальных и финансовых ресурсов на всех стадиях подготовки производства и, в особенности, при разворачивании выпуска новой продукции. Экономическая эффективность подготовки производства при этом определяется с учетом и задач производства, и интересов потребителя продукции.

Решение вышеперечисленных задач позволило достичь поставленной цели: комплексно рассмотреть направления и средства автоматизации технической подготовки машиностроительного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства / В.М. Зарубин, Н.М. Капустин, В.В. Павлов и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 247 с.
2. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении / Под ред. Г.К. Горанского. – М.: Машиностроение, 1982. – 267 с.
3. Бизнес-анализ с помощью Excel 2000: Учебное пособие / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 480 с.
4. Бланк И.А. Основы финансового менеджмента. – Киев: Ника-Центр, 1999. – Т.1. – 592 с.
5. Богданов В.В. Управление проектами в Microsoft Project 2003: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2004. – 604 с.
6. Горемыкин В.А. Энциклопедия бизнес-планов: Методика разработки. 75 реальных образцов бизнес-планов. – М.: Ось-89, 2005. – 1120 с.
7. Ильин А.И. Планирование на предприятии: Учебник. – Минск: ООО «Новое знание», 2001. – 635 с.
8. Кон Д. Полный справочник по AutoCAD / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1088 с.
9. Лисицин А.И. Планирование на предприятии: Учебник. – Минск: ООО «Новое знание», 2000. – Ч.1. – 160 с.; Ч.2. – 153 с.
10. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
11. Мясников Ю.И. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 483 с.
12. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента / Пер. с англ. – М.: Дело, 2002. – 704 с.
13. Николаенко А.А. Автоматизированный расчет бизнес-плана предприятия в курсовом и дипломном проектировании: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2000. – 60 с.
14. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
15. Ожегов С.И. Словарь русского языка / Под ред. Н.Ю. Шведовой. – М.: Русский язык, 1984. – 797 с.
16. Погорелов В.И. AutoCAD 2006: Экспресс-курс. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 432 с.
17. Полещук Н.Н., Карпушкина Н.Г. AutoCAD в инженерной графике. – СПб.: Питер, 2005. – 494 с.

18. Проектирование технологии: Учебник для машиностроительных вузов / И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
19. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович и др. – М.: Машиностроение., 1988. – 352 с.
20. Соколова Т. AutoCAD 2005. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.
21. Теория автоматического управления: Учебник для машиностроительных вузов / В.Н. Брюханов, М.Г. Косов, С.П. Протопопов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2000. – 268 с.
22. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
23. Технология машиностроения. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – Т.1. – 564 с.
24. Технология машиностроения: Производство машин: Учебник для вузов / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев и др. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – Т.2. – 640 с.
25. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – Ч.1. – 100 с.; Ч.2. – 84 с.
26. Шамин В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Учебное пособие. – 2-е изд., перер. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 429 с.
27. Финансовый бизнес-план: Учебное пособие / Под ред. В.М. Попова. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 480 с.
28. Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. Финансы предприятия. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 342 с.
29. Экономика предприятия: Учебник / Под ред. О.И. Волкова. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 416 с.
30. Экономика предприятия: Учебник / Под ред. Н.А. Сафронова. – М.: Юристъ, 2000. – 584 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АББРЕВИАТУРЫ И СОКРАЩЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	
1.1. Компьютерные программы для конструкторской подготовки производства.....	9
1.1.1. САД-программы компьютерного проектирования.....	9
1.1.2. САЕ-программы инженерных расчетов	11
1.2. Компьютерные программы для технологической подготовки производства	
1.2.1. САРР-программы планирования технологии производства.....	12
1.2.2. САМ-программы компьютерной поддержки изготовления.....	18
1.3. РДМ-программы управления проектами и техническим документооборотом.....	20
1.4. ЕРР-программы планирования и управления ресурсами.....	21
1.5. Комплексы систем автоматизированного проектирования	22
2. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	
2.1. Технология инженерно-конструкторского проектирования.....	26
2.1.1. Принципы инженерно-конструкторского проектирования.....	26
2.1.2. Методика инженерно-конструкторского проектирования.....	28
2.1.3. Процесс инженерно-конструкторского проектирования.....	29
2.2. Единая система конструкторской документации.....	31
2.2.1. Виды изделий и конструкторской документации.....	32
2.2.2. Стадии разработки конструкторской документации.....	38
2.3. Пример автоматизированного черчения детали в САД.....	44
3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
3.1. Технология проектирования технологических процессов	
3.1.1. Принципы проектирования технологических процессов механической обработки деталей машин.....	47
3.1.2. Методика проектирования технологических процессов механической обработки деталей.....	50
3.1.3. Процесс проектирования технологических процессов механической обработки деталей.....	51

3.2. Единая система технологической подготовки производства	
3.2.1. Определение, назначение и состав ЕСТПП.....	52
3.2.2. Основные этапы проектирования технологических процессов механической обработки деталей.....	53
3.3. Единая система технологической документации	
3.3.1. Определение и состав ЕСТД.....	58
3.3.2. Стадии разработки технологической документации.....	59
3.3.3. Виды и комплектность технологических документов.....	60
3.4. Пример автоматизированного проектирования технологического процесса механической обработки детали в САПР.....	70
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ БИЗНЕС-ПЛАНА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
4.1. Технология планирования	
4.1.1. Принципы планирования.....	81
4.1.2. Методика планирования.....	82
4.1.3. Процесс планирования.....	83
4.2. Пример автоматизированного расчета бизнес-плана в ERP.....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	100