



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

Учебно-методическое пособие по дисциплине

«Технологическая подготов- ка машиностроительных производств»

Авторы
Давыдова И.В.,
Лебедев В.А.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

Учебное пособие «Технологическая подготовка машиностроительных производств» предназначено для магистрантов дневной и заочной форм обучения направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Авторы

к.т.н, доцент каф. «Технология машиностроения»

Давыдова И.В.

к.т.н, профессор каф. «Технология машиностроения»

Лебедев В.А.



Оглавление

1. Техническая подготовка производства. Основные понятия и определения.....	4
1.1. Конструкторская подготовка производства.....	6
1.2. Технологическая подготовка производства.....	11
1.3. Организационно-экономическая подготовка производства.....	18
1.4. Выбор оптимального варианта изготовления изделия.....	20
1.5. Планирование технической подготовки производства.....	22
1.6. Технологичность конструкции изделия.....	24
2. Научные исследования как элемент подготовки производства новой продукции.....	30
3. Производственный и технологический процесс. Тип производства.....	35
4. Автоматизация технологической подготовки производства....	48
4.1. Автоматизация ТПП при организации выпуска нового изделия.....	52
4.2. Оптимизация проектирования сборочных процессов.....	56
5. Система CAD/CAM в производстве. Компьютерно-интегрированное производство (КИП).....	57
5.1. Классификация систем CAD/CAM, CAE.....	70
5.2. Краткий обзор некоторых CAD/CAM систем.....	71
6. Прототипирование.....	101
6.1. Общие схемы получения прототипов.....	101
6.2. Технология быстрого прототипирования.....	104
6.3. Практическое применение прототипов.....	
7. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства в машиностроении.....	106
8. Содержание и объем технологической подготовки производства (на примере авиационной промышленности).....	116
Литература.....	125

1. Техническая подготовка производства. Основные понятия и определения

Деятельность предприятия по развитию его материально-технической базы, организации производства, труда и управления представляет собой **техническую подготовку производства**. Она включает:

- проведение прикладных исследований, связанных с совершенствованием изготавливаемой продукции, техники, технологии, составом применяемых материалов, организации производства;
- проектирование новой продукции и модернизацию ранее выпускавшейся;
- разработку технологического процесса изготовления продукции;
- приобретение специального оборудования, инструментов и полуфабрикатов со стороны;
- материально-техническое обеспечение производства;
- подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров;
- разработку норм и нормативов, технологической, технической и организационной структуры аппарата управления и информационного обеспечения.

Техническая подготовка осуществляется в целях эффективного освоения нового или модернизированного изделия, внедрения новых сложных машин и оборудования, новых технологических приемов и изменений организации производства. В задачу технической подготовки производства входит создание технических, организационных и экономических условий, полностью гарантирующих перевод производственного

процесса на более высокий технический и социально-технический уровень на основе достижений науки и техники.

Техническая подготовка производства включает конструкторскую, технологическую и организационно-экономическую подготовку.

На предприятиях разного типа, масштаба и профиля могут быть с разной полнотой представлены различные стадии подготовки производства; однако в любом случае существенная часть работы по организации производства находится в компетенции предприятия.

Рассмотрим основные определения в соответствии с ГОСТ 14.004-83.

Технологическая подготовка производства (ТПП) - это совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства.

Технологическая готовность производства – это наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями.

Единая система технологической подготовки производства – это система организации и управления технологической подготовкой производства, регламентированная государственными стандартами.

Срок технологической подготовки производства это интервал времени от начала до окончания технологической подготовки производства изделия.

Машиностроительное производство - это производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий.

Производственная структура - состав цехов и служб предприятия с указанием связей между ними.

Производственный участок - это группа рабочих мест, организованных по принципам: предметному, технологическому или предметно-технологическому.

Цех – это совокупность производственных участков.

Рабочее место – это элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда.

1. 1. Конструкторская подготовка производства

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 определяется характер продукции, ее конструкция, физико-химические свойства, внешний вид, технико-экономические и другие показатели. Результаты конструкторской подготовки оформляются в виде технической документации – чертежей деталей и узлов, рецептур химической продукции, спецификаций, образцов готовой продукции и т.п.

Задачи конструкторской подготовки.

Проектирование новой продукции осуществляется проектно-технологическими и научно-исследовательскими институтами, научно-технологическими центрами, а также конструкторскими отделами и лабораториями предприятий. Основны-

ми целями конструкторской подготовки производства являются:

- непрерывное совершенствование качества продукции;

- повышение уровня технологичности конструкции, под которой понимается облегчение приемов изготовления продукции и возможность применения прогрессивных методов изготовления при заданном объеме производства. Это обеспечивает лучшее использование производственных ресурсов при изготовлении продукции;

- снижение себестоимости новой продукции за счет изготовления и совершенствования конструкции изделия, уменьшения расхода материалов на единицу продукции, снижения эксплуатационных затрат, связанных с использованием продукции;

- использование при проектировании продукции существующих стандартов и унифицированных полуфабрикатов;

- обеспечение охраны труда и техники безопасности, а также удобств при эксплуатации и ремонте новых изделий.

Этапы конструкторской подготовки.

Исходным для проектирования новой продукции является **проектное (техническое) задание**, которое составляется заказчиком (предприятием) или по его поручению проектной организацией. В проектном задании указывается наименование продукции, ее назначение, область применения, технические и экономические показатели в процессе производства и эксплуатации. На уровне проектного задания должны быть определены принципиальные отличия новой конструкции или изделия от ранее выпускаемых, приведены перечень и обоснование необходимости производства оригинальных изделий, даны подробные расчеты

эффективности нового изделия с учетом эффекта, рассчитанного как для потребителя, так и для производителя.

На основании анализа проектного задания заказчика и сопоставления различных вариантов возможных решений проектирования изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов составляется **техническое предложение** – совокупность конструкторских документов, содержащих технические и технико-экономические обоснования целесообразности дальнейшей разработки проекта.

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. При разработке эскизного проекта определяется принципиальная характеристика нового изделия, производится выбор наиболее эффективного решения, его технических, технологических, эксплуатационных параметров.

Эскизный проект всегда составляется в нескольких вариантах для последующего выбора одного из них. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект – совокупность конструкторских

торских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Технический проект позволяет осуществлять выбор материалов и полуфабрикатов, определять основные принципы изготовления продукции и проводить экономическое обоснование проекта.

Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки *рабочей конструкторской документации*. Ранее разработанные конструкторские документы обычно применяют при разработке новых или модернизации изготавливаемых изделий, что приводит к сокращению сроков проектирования.

Заключительной стадией (этапом) конструкторской подготовки производства является разработка технической документации (чертежей, инструкций и т.д.), технических условий.

Технические условия (ТУ) являются неотъемлемой частью комплекта технической документации на продукцию (изделие, материал, вещество и т.п.), на которую они распространяются. ТУ должны содержать все требования к продукции, ее изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые целесообразно указывать в конструкторской или другой технической документации.

При отсутствии конструкторской или другой технической документации на данную продукцию ТУ должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю, приемке и поставке.

ТУ разрабатывают на одно изделие, материал, вещество, а также на несколько конкретных изделий,

материалов, веществ (групповые технические условия). Состав ТУ и содержание разделов определяются в соответствии с особенностями продукции.

После испытания и доводки опытной партии уточняется *рабочий проект*, который передается в законченном виде для технологической подготовки производства. На всех стадиях проектирования уточняются, конкретизируются и окончательно определяются все технические и экономические характеристики изделия, определяется целесообразность использования первоначально выбранного пути совершенствования продукции, и принимается решение о ее выпуске.

Установленный и рассмотренный выше порядок конструкторской подготовки изделия характерен в полной мере лишь для массового и крупносерийного производств, продукции сложного профиля (автомобили, станки, тракторы и т.п.). Для мелкосерийного и единичного производств, независимо от технической сложности изделия, количество стадий, объемы работ по каждому из них уменьшаются.

Конструкторская подготовка производства осуществляется в соответствии с комплексом государственных стандартов, устанавливающих единые взаимосвязанные правила и положения ее проведения, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой промышленными, научно-исследовательскими, проектно-конструкторскими организациями и предприятиями, получившим, соответственно, название Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Применение ЕСКД позволяет создавать благоприятные условия для обеспечения научно-технической подготовки производства на высоком уровне, способном гарантировать конкурентоспособность выпускаемых изделий, сокращать время проектирования, обеспечивать необхо-

димое единообразие этого процесса на различных предприятиях в разных отраслях экономики.

В настоящее время разработано значительное количество систем автоматизированного проектирования (САПР), позволяющих осуществлять значительную часть этапов конструкторской подготовки производства с помощью ЭВМ и в дальнейшем использовать их для ускорения и совершенствования технологической подготовки производства.

1.2. Технологическая подготовка производства

Технологическая подготовка производства является продолжением работ по технической подготовке производства. На этой стадии устанавливается, при помощи каких технических методов и средств, способов организации производства должно изготавливаться данное изделие, окончательно определяется 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.

К **основным задачам**, решаемым в процессе ТПП, относятся:

- обеспечение технологичности конструкции изделия;
- разработка технологических процессов;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения (СТО);
- метрологическое обеспечение;
- сокращение сроков ТПП;
- обеспечение качества на всех стадиях ТПП;

- организация и управление процессами ТПП.

Основными этапами ТПП являются:

- 1) разработка технологических процессов;
- 2) проектирование специальной технологической оснастки и нестандартного оборудования;
- 3) изготовление средств технологического оснащения (оснастки и нестандартного оборудования);
- 4) выверка и отладка спроектированной технологии и изготовленного технологического оснащения.

Технологическое проектирование начинается с разработки *маршрутной технологии*. Ее содержание заключается в определении последовательности выполнения основных операций и закреплении их в цехах за конкретными группами оборудования. Согласно маршрутной технологии за каждым цехом и участком закрепляются обрабатываемые виды продукции, что обуславливает их специализацию, место и роль в производственной структуре предприятия.

Затем для каждого цеха и участка разрабатывается *операционная технология*, содержание которой составляют пооперационные технологические карты. Они содержат указания и параметры выполнения каждой производственной операции. На этом этапе осуществляется выбор инструмента, расчет норм времени и установление разряда работ, указывается специальность рабочих с соответствующим уровнем квалификации.

Из всех возможных технологий, предлагаемых на этом этапе, затем осуществляется выбор оптимальной технологии. При этом сопоставляются натуральные показатели, и сравнивается себестоимость продукции и работ при разных вариантах.

Выбранная технология производства должна обеспечивать повышение производительности тру-

да, требуемое качество изготовления при наиболее низкой себестоимости продукции по сравнению с другими вариантами. Лучший вариант технологического процесса принимается в качестве **ТИПОВОГО** для данных условий производства на определенный отрезок времени вплоть до разработки более перспективного варианта.

Применение типовых технологических процессов способствует ограничению числа технологических операций. Они позволяют установить единообразие способа обработки однотипных изделий и применяемой технологической оснастки, создают условия для прекращения затрат и продолжительности проектирования технологий.

Разработка типовых технологических процессов предполагает следующие этапы:

- определение технологического маршрута обработки изделия данной группы;
- разработку операционной технологии;
- установление способов обработки отдельных элементов (выполняемых технологических операций) для изделия данной группы.

Технологическая подготовка производства предусматривает также разработку проектов, изготовление и наладку специального технологического оборудования, технологической оснастки, необходимых для производства нового (модернизированного) изделия. Это очень трудоемкая и дорогостоящая работа, поскольку при освоении ряда новых моделей (например, автомобилей и других машин) изготавливается по несколько тысяч штампов, приспособлений, моделей, десятки автоматических линий.

В разных типах производства применяется одна

из трех систем организации служб технологической подготовки:

- централизованная,
- децентрализованная
- смешанная.

Централизованная система ТПП обычно применяется на предприятиях серийного и массового производства, где процесс освоения новой продукции осуществляется периодически. Она предполагает создание на предприятии единой службы главного технолога. К ней относятся отдел главного технолога (ОГТ), конструкторские бюро по оснастке, инструментальные производства, нормативно-плановые службы.

В цехах имеются технологические бюро, которые также принимают непосредственное участие в решении организационно-технических вопросов.

Децентрализованная система ТПП применяется на предприятиях единичного и мелкосерийного производства. Ее особенность в том, что разработка технологических процессов и решение текущих задач, связанных с изготовлением деталей или сборочных единиц, выполняется силами технологических бюро цехов. Отдел главного технолога (ОГТ) разрабатывает межцеховые маршруты, занимается вопросами по разработке групповых и типовых технологических процессов, инструментальной подготовкой производства, унификацией и стандартизацией оснастки, осуществляет методическое руководство и контроль работы цеховых технологических бюро.

При *смешанной системе* ТПП разработка новых технологических процессов и их внедрение возложены на ОГТ. Цеховые технологические бюро выполняют работу по созданию технологических процессов, которые могут быть разработаны на основе ранее применяемых процессов и не имеют с ними существенных

отличий. Смешанная система ТПП встречается на предприятиях с серийным типом производства.

Организация технологической подготовки.

Технологическую подготовку производства осуществляет отдел главного технолога. Главные задачи, решаемые при этом, группируются по следующим основным функциям:

- обеспечение технологичности конструкции изделия;
- разработка технологических процессов;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения;
- организация и управление процессом технологической подготовки производства.

Проводя работы по технологической подготовке производства, необходимо учитывать, что организация производства новых видов продукции, модернизация изделий и процессов производства требуют материальной и организационно-экономической подготовки. Материальная подготовка производства предусматривает приобретение, монтаж и наладку нового оборудования, изготовление или закупку инструментов и приспособлений, сырья и материалов, т.е. обеспечение производства всеми материально-техническими ресурсами. Организационно-экономическая подготовка включает совершенствование организации производства и труда, и приспособление их к условиям изготовления новой продукции, новой техники и технологии. Сюда также входит подбор и расстановка кадров в соответствии с новым характером производства, внесение корректив в структуру аппарата управления, в функциональное и иерархическое распределение тру-

да.

Отправной точкой в технологической подготовке производства является получение исходных документов на разработку и производство новых изделий. Разработка документации по организации технологической подготовки производства осуществляется в три стадии, содержание которых представлено в табл.1.

Таблица 1

Разработка документации

Стадии разработки	Содержание работ
Техническое задание	<ul style="list-style-type: none"> • Издание приказа, создание подразделений и комплексных бригад по организационно-техническому обследованию системы технологической подготовки производства • Проведение анализа существующего уровня технологической подготовки производства • Разработка предложений по совершенствованию системы технологической подготовки производства • Разработка, согласование и утверждение технического задания на совершенствование системы технологической подготовки производства
Технический проект	<ul style="list-style-type: none"> • Разработка рабочей конечной информационной модели системы технологической подготовки производства • Разработка схемы структуры управления технологической подготовкой производства • Унификация и стандартизация форм документов, используемых в системе технологической подготовки производства • Разработка методических материалов и стандартов предприятия на систему классификации и кодирования технико-экономической информации • Разработка и утверждение технологических операций, подлежащих автоматизации • Рассмотрение и утверждение технического проекта

Рабочий проект	<ul style="list-style-type: none"> • Создание банка стандартных элементов технологической оснастки • Создание трудовых и материальных нормативов на проектирование средств технологического оснащения производства • Создание нормативной базы для качественной и количественной оценки технологичности изделий • Создание информационных массивов • Разработка комплекса рабочих программ для решения технологических задач, подлежащих автоматизации
----------------	---

В целом весь процесс разработки предполагает:

- обследование и анализ существующей на предприятии системы технологической подготовки производства;

- разработку технического проекта системы технологической подготовки производства, в котором определяется назначение, и формируются требования, которым должны удовлетворять как система в целом, так и отдельные ее элементы;

- создание рабочего проекта, предусматривающего разработку информационных моделей решения задач, всего комплекса технологических процессов на основе типизации и стандартизации, документации по организации рабочих мест и участков основного и вспомогательного производства на основе типовых и стандартных технологических процессов.

Разработка рабочей документации системы технологической подготовки производства осуществляется по функциям:

- обеспечение технологичности конструкций изделий;

- разработка технологических процессов;

- проектирование и изготовление средств технологического оснащения;

- организация и изготовление средств технологического оснащения;
- организация и управление процессом технологической подготовки производства

1.3. Организационно-экономическая подготовка производства

На организационно-экономическом этапе подготовки производства решаются вопросы создания на основе технологических решений производственных подразделений с прогрессивными формами и методами их организации, обеспечивающих изготовление изделий в установленные сроки при заданном объеме выпуска и затратах.

В **задачи** организационно-экономической подготовки производства входят:

- выбор принципов формирования производственных подразделений,
- разработка структуры управления;
- научная организация труда;
- организация документооборота;
- организация основных служб производства;
- обеспечение системы контроля хода производства;
- решение вопросов финансирования.

Этапы организационно-экономической подготовки производства и их исполнители приведены в таблице 2:

Таблица 2.
Этапы организационно-экономической подготовки производства

№ этапа	Содержание этапа	Исполнитель
1.	Планирование и моделирование процессов	Отдел планирования и подготовки производства
2.	Расчет количества специальной технологической и контрольной оснастки	Отдел инструментального хозяйства. Инструментальные цехи
3.	Расчет количества и номенклатуры дополнительного оборудования, составление заявок и размещение заказов на оборудование	Отдел главного технолога
4.	Расчеты движения деталей и хода будущего производства; расчеты поточных линий; загрузки рабочих мест; расчеты оперативно-плановых нормативов, циклов, величин партий, заделов	Планово-диспетчерский отдел. Отделы главных специалистов
5.	Планирование работы вспомогательных цехов и служб, а также обслуживающих подразделений	отдел главного механика, отдел главного энергетика, транспортный отдел
6.	Расчеты и проектирование планировок оборудования и рабочих мест, формирование производственных участков	Отделы главных специалистов
7.	Проектирование и выбор межоперационного транспорта, тары, вспомогательного оборудования; составление заявок и размещение заказов	Отдел нестандартного оборудования или отдел механизации и автоматизации. Отделы главных специалистов

8.	Приемка, комплектация и расстановка основного, вспомогательного оборудования, средств транспорта и оснастки на рабочих местах	Отделы главных специалистов, цехи вспомогательного производства
9.	Обеспечение материалами, заготовками, деталями и узлами, получаемыми по кооперации	Отдел материально-технического снабжения, отдел внешней кооперации, отдел комплектации
10.	Подготовка и комплектование кадров	Отдел кадров
11.	Организация изготовления опытной и установочной партий; свертывание выпуска старой продукции и развертывание производства новых изделий	Производственный отдел, Производственные цехи, отделы главных специалистов
12.	Определение себестоимости и цены изделий	Планово-экономический отдел, отдел маркетинга
13.	Подготовка обеспечения товародвижения, распространение новых изделий и стимулирования сбыта	Отдел маркетинга

1.4. Выбор оптимального варианта изготовления изделия

Технологическая подготовка производства ставит перед технологом задачу: из имеющихся в его распоряжении вариантов изготовления изделия выбрать оптимальный, то есть наиболее рациональный и экономичный, способ производства, оборудование и технологическую оснастку.

Оптимальный вариант необходимо выбирать с учетом условий производства – степени его устойчиво-

сти, серийности, сложности. Например, в крупносерийном и массовом производстве, как правило, есть все возможности, чтобы решить эту задачу, так как каждый элемент затрат может быть рассчитан с высокой степенью точности. В серийном же производстве продолжительность выпуска изделий короче из-за довольно частой сменяемости номенклатуры, поэтому сравнительная оценка сопоставляемых технологических процессов должна быть проведена быстро и качественно.

В основе сравнительных расчетов лежит определение технологической себестоимости и установление экономически целесообразного объема годового производства. Технологической себестоимостью называется сумма затрат, изменяющаяся с изменением технологического процесса.

Законченные результаты проектирования технологической подготовки производства оформляются специальной документацией. На предприятиях машиностроения, строительных материалов, мебельных фабриках и в некоторых других отраслях такими документами являются технологические карты. Они представляют описание всего технологического процесса от поступления исходных материалов и комплектующих изделий на склад отдела материально-технического снабжения и до выпуска готового изделия и передачи его отделу сбыта продукции. Например, в металлургии основной технологической документацией являются нормативно-технологические карты, графики работ, производственно-технические инструкции и разработанные на их основе программы для электронных управляющих машин.

Технологический регламент является основной технологической документацией в ряде отраслей, например, в химической промышленности. В нем дает-

ся описание основных параметров, этапов и режимов технологического процесса, рецептуры и порядка ведения операций. В технологическом регламенте устанавливается характеристика готового продукта, перечень и характеристика исходного сырья и материалов.

На предприятиях всех отраслей промышленности технологическая документация обязательно включает: нормы расхода сырья, материалов, энергии, топлива; нормы отходов производства; описание транспортных маршрутов; перечень рабочих инструкций; спецификации оборудования и инструментов.

Выполнение работ по технологической подготовке производства позволяет сосредоточить усилия конструкторов, технологов и организаторов на решении главных задач развития техники, технологии и организации производства, повысить гибкость технологических процессов к переналадке на выпуск новых изделий и снизить затраты на ее проведение приблизительно в два раза.

1.5. Планирование технической подготовки производства

Техническая подготовка производства является объектом внутризаводского планирования и представляет собой в определенной мере детализацию и конкретизацию планов технического и организационного развития производства.

План технической подготовки. Разработка плана технической подготовки производства является органической частью долгосрочного и среднесрочного планирования. В долгосрочном плане определяются основные направления и стадии технической подготовки, сроки ее начала и окончания с разбивкой по видам работ, конкретным исполнителям, источникам и

объектам финансирования. В годовые планы входят те стадии и виды работ, которые должны выполняться в течение планируемого года.

Исходными данными для планирования технической подготовки производства служат: задания плана технического развития предприятия; нормативы для определения состава и объема работ, их продолжительность по всем этапам технической подготовки.

Методы планирования. В организации планирования технической подготовки производства существенную роль играют нормативы технической подготовки производства. Среди нормативов необходимо различать: объемные нормативы, нормативы объема работ по подготовке производства в натуральном выражении и нормативы трудоемкости этих работ. Данные нормативы носят локальный характер, поскольку для их разработки необходимо проводить анализ и обобщение отчетных данных освоения новых изделий на конкретном предприятии с учетом специфики его функционирования и экономического состояния.

Объемные нормативы дают основание рассчитать в натуральном выражении объем работ по технической подготовке. Эти расчеты основываются на таких показателях, как число технологических операций, объем чертежной и технической документации, число оригинальных деталей и их сложность в изготовлении.

Нормативы трудоемкости работ технической подготовки производства определяются по нормам, отражающим опыт конструирования изделий и проектирования технологических процессов не только на данном предприятии, но и в отрасли, на предприятиях-смежниках, предприятиях-конкурентах.

В процессе планирования нередко ставятся задачи сокращения сроков технической подготовки с целью ускорения реализации достижений науки и техни-

ки в производстве, сокращения затрат на осуществление технической подготовки и повышения качества работ.

На практике с целью сокращения сроков подготовки используется метод параллельного и параллельно-последовательного ведения работ. В этом случае работы, например, второй стадии, начинаются раньше, нежели заканчивается первая, а третьей стадии – раньше, чем заканчивается вторая, и т.д. В результате совмещения разных стадий проектирования общий цикл подготовки резко сокращается.

В процессе планирования технической подготовки производства большое значение имеет использование норм, правил и требований, установленных системами соответствующих стандартов. К ним относятся: Единая система конструкторской документации (ЕСКД); Единая система технологической документации (ЕСТД); Единая система технической подготовки производства (ЕСТПП). Использование единых межотраслевых стандартов создает благоприятные условия для обеспечения научно-технической подготовки производства на высоком уровне, способном гарантировать конкурентоспособное качество выпускаемых изделий.

1.6. Технологичность конструкции изделия

Конструктор, придавая конструкции изделия в процессе ее разработки необходимые свойства, выражающие полезность изделия, придает ей и такие конструктивные свойства, которые определяют уровень затрат ресурсов на создание, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оп-

тимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой **технологичность конструкции изделия** (ТКИ) (рис.1).

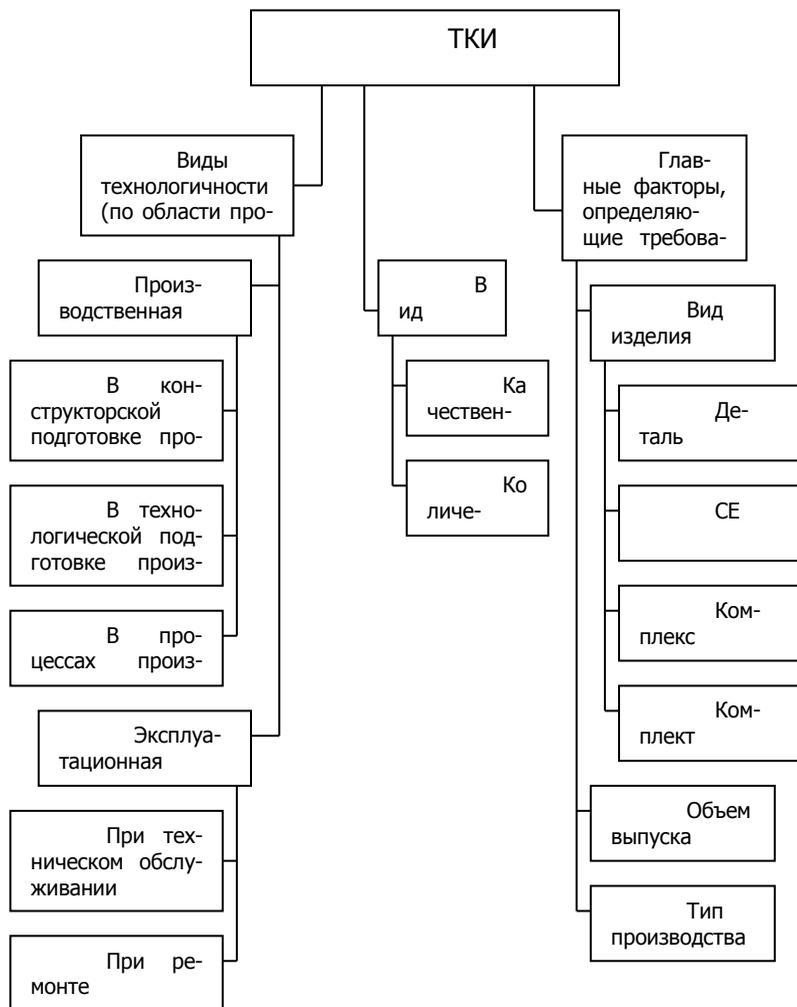


Рис.1. Схема технологичности конструкции изделия

ТКИ выражает не функциональные свойства изделия, а конструктивные его особенности. Конструкцию изделия характеризуют в общем случае состав и взаимное расположение его составных частей, схема устройства изделия в целом, форма и расположение поверхностей деталей и соединений, их состояние, размеры, материалы, информационная выразительность.

Конструкции изделия должны удовлетворять требованиям изготовления, эксплуатации и ремонта наиболее производительными и экономичными способами при заданных условиях производства.

Обеспечение ТКИ является составной частью работ по проектированию и принятию решений по совершенствованию конструкции изделия, технологии его производства, эксплуатации и ремонта.

Повышение уровня ТКИ является одним из главных направлений повышения эффективности промышленного производства при незначительных дополнительных затратах на его обеспечение. Обеспечение ТКИ направлено на экономию всех видов ресурсов (трудовых, материальных, энергетических, финансовых, временных).

Единым критерием ТКИ является ее экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства, эксплуатации и ремонта, то есть отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и снижения трудоемкости, цикла и себестоимости работ по обслуживанию изделия в процессе эксплуатации.

ТКИ по сфере проявления делится на производственную и эксплуатационную. ***Производственная***

ТКИ проявляется в сокращении затрат времени и средств на КПП, ТПП, на процесс изготовления, в том числе контроль и испытания. При КПП анализ ТКИ должен производиться на всех стадиях, начиная с разработки ТЗ и заканчивая рабочей конструкторской документацией. При ТПП анализ ТКИ также производится на всех ее стадиях. **Эксплуатационная** ТКИ проявляется в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и ремонт изделия, т.е. проявляется при подготовке изделия к использованию, при транспортировании, хранении, техническом обслуживании и текущем ремонте, а также технологическом обслуживании (например, заправка топливом).

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие требования к ТКИ. Различают, например, требования к ТКИ для деталей и СЕ, которые определяются разными ГОСТами.

Объем выпуска и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации ТП и специализацию всего производства.

При обеспечении ТКИ применяют два вида оценки: качественную и количественную. Вид оценки характеризует метод сравнения конструктивных решений и обоснованного выбора оптимального варианта конструкции изделия.

Качественная оценка характеризует ТКИ обобщенно на основании опыта исполнителя. Качественная сравнительная оценка вариантов конструкции допустима на всех стадиях проектирования, когда осуществляется выбор лучшего конструктивного решения и не требуется определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов.

Качественная оценка ТКИ основана на инженер-

но-визуальных методах и проводится по отдельным конструктивным и технологическим признакам для достижения высокого уровня ТКИ. Она предшествует количественной оценке, но вполне совместима с ней на всех стадиях проектирования. Качественной оценке может быть подвергнуто одно изделие или совокупность его исполнений.

Качественная оценка одного конструктивного исполнения изделия дается на основании анализа соответствия его основным требованиям к производственной, технологической и ремонтной ТКИ (хорошо-плохо, допустимо-недопустимо). При сравнении вариантов конструктивных исполнений изделий в процессе проектирования качественная оценка часто позволяет выбрать лучший вариант исполнения или установить целесообразность затрат времени на определение численных значений ТКИ всех сравниваемых вариантов.

В отдельных случаях для качественного описания конструктивных и технологических признаков могут быть применены шкалы интенсивности этих признаков, то есть перейти к количественной их оценке посредством введения баллов.

Качественная оценка всегда предшествует количественной и определяет целесообразность ее проведения.

Количественная оценка ТКИ выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции.

Показатели количественной оценки делятся на основные и дополнительные:

основные:

- трудоемкость изготовления изделия;
- уровень ТКИ по трудоемкости изготовления;

- технологическая себестоимость изделия;
- уровень ТКИ по себестоимости (технологической);

дополнительные:

технико-экономические:

- трудоемкость (по переделам, ремонта);
- себестоимость (подготовки, обслуживания, ремонтов, технологическая, удельная);

технические:

- унификации конструкции;
- унификации применяемых ТП;
- расход материала;
- обработка (коэффициент точности, шероховатости);
- состав конструкции (коэффициент сборности).

Комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия в общем виде предусматривает:

- повышение серийности посредством стандартизации, унификации и группирования деталей и их элементов по конструктивно-технологическим признакам;

- ограничение номенклатуры конструкций и применяемых материалов, преимущество конструктивных решений;

- снижение массы изделия и применение высокопроизводительных типовых ТП и средств технологического оснащения.

Центр тяжести отработки конструкции изделия на технологичность приходится на стадию разработки проектно-конструкторской документации, а также на первую стадию ТПП, так как в этот период эти работы наиболее эффективны: выбор лучшего варианта на этих стадиях предупреждает излишние затраты времени и средств на изготовление и испытание менее эф-

фективных вариантов.

Таким образом, анализ ТКИ можно рассматривать как технико-экономическую задачу, призванную обеспечить минимизацию себестоимости изготовления, обслуживания и ремонта изделия.

2. Научные исследования как элемент подготовки производства новой продукции

Одним из главных факторов успеха деятельности предприятия в условиях рынка является непрерывное обновление товаров и технологии производства, иными словами — создание, разработка, испытания в рыночных условиях, освоение производства новой продукции.

Научная подготовка (НПП) предшествует проведению технической подготовки производства.

НПП – это совокупность взаимосвязанных процессов научного поиска и обоснования возможных направлений развития и создания новой техники, технологии и организации производства, обеспечивающих повышение эффективности как в сфере производства, так и в эксплуатации.

Главная цель НПП сводится к обоснованию возможных направлений развития принципиально новой техники в эксплуатации и производства, повышению научно-технического уровня и эффективности создаваемой техники в эксплуатации и производстве.

Критериями достижения этой цели выступают минимум затрат времени и средств на поиск и обоснование новых принципиальных направлений при максимальном использовании достижений научно-технической революции и обеспечение высокого качества и эффективности новой техники при миниму-

ме затрат на разработку, производство и эксплуатацию.

В основе НПП лежат **научные исследования** (НИ). Их характерными чертами являются:

- сложный и комплексный характер;
- выполнение отдельными коллективами части (этапов) общей работы;
- использование результатов НИ либо как конечного продукта, либо как исходных данных для последующих НИ.

Научные исследования являются основой для развития предприятия, открывают новые возможности и потенциальные источники для коренного преобразования производства.

Научно-исследовательские работы (НИР) предназначены для определения наиболее совершенных методов создания новых изделий и технологических процессов, коренного улучшения уже выпускаемой продукции, материалов и способов их обработки. В ходе исследований изучается состояние, определяются пути и методы совершенствования организации и управления производством.

Новая продукция, создаваемая на базе новых идей, исследований и технических достижений, обеспечивает конкретный успех на рынках сбыта.

По характеру конечного результата НИ делятся на:

- фундаментальные исследования (ФИ);
- поисковые исследования (ПИ);
- прикладные исследования (При);
- разработки.

Фундаментальные исследования формируют основу научного потенциала знаний об изучаемом объекте, расширяют и углубляют уровень представления. Они либо чисто теоретические, либо опира-

ются на сложнейшие и очень точные эксперименты.

Поисковые исследования. Имеют целенаправленный характер и проводятся, когда имеющихся научных и технических знаний и решений недостаточно для проведения необходимых разработок.

Поисковые исследования (ПИ) направлены, как правило, на изыскание наиболее целесообразных путей практического использования результатов фундаментальных исследований в народном хозяйстве. Проводятся ПИ в случаях, когда на основании анализ готовых научных и технических решений становятся очевидными, что этих решений недостаточно для выполнения разработок. Важным элементом ПИ является научное предвидение, то есть долгосрочное и сверхдолгосрочное прогнозирование развития техники.

Их основные цели:

- изыскание путей реализации результатов;
- создание научного задела на будущее;
- прогнозирование развития техники в определенной области.

Прикладные исследования. Сводятся к решению конкретных задач по созданию продуктов и материалов с определенными свойствами, объектов новой техники или новых технологических процессов. Они требуют проведения большого объема экспериментов, анализа всех путей, которые могут оказаться целесообразными для достижения поставленной цели, и выбора наиболее рациональных из них.

Они могут либо быть начальным этапом разработки, либо проводиться параллельно с ней (совершенствование схем, рабочих процессов, повышение надежности и т.п.). Включают значительный объем экспериментов, анализа, выбор рационального решения.

Разработки – переходная стадия от научных

исследований к технической подготовке производства.

Разработка может быть научно-исследовательской (НИР) и опытно- промышленной (ОПР).

ОПР предусматривают доведения результатов НИР до условий промышленного освоения и включают в необходимом объеме выполнение проектной и рабочей документации, опытную проверку и доработку объекта в соответствии с требованиями производства и эксплуатации.

Рассматриваемые виды разработок в их совокупности составляют единый процесс внедрения достижений науки в производство.

Задачи подсистемы НПП реализуют научно-исследовательские организации, различаемые по характеру и объему выполняемых работ:

- предметные научно-исследовательские институты (НИИ);
- отраслевые и технологические НИИ;
- конструкторские бюро (ЦКБ, ОКБ и др.).

Каждая из указанного ряда организаций имеет свою специфику и организационно-правовую форму.

Научно-исследовательские организации по характеру выполняемых работ могут быть следующих типов: предметные НИИ; конструкторские бюро (СКБ, ОКБ, ЦКБ и т.д.); научно-исследовательские технологические институты (НИТИ); научно-производственные объединения (НПО), включающие научно-исследовательские подразделения, упомянутые выше; научно-производственные комплексы (НПК).

Под организационной структурой НИИ понимают состав входящих в него основных и вспомогательных отделов, секторов и лабораторий, макетных и экспериментальных цехов, служб и административно-управленческих подразделений, формы их спе-

специализации и систему производственных связей. Структура отраслевого НИИ определяется характером и объемом выполняемых работ, а также формой его специализации.

Основным структурным подразделением НИИ является научно-исследовательский отдел (НИО). Как правило, в его состав входят на правах структурных подразделений научно-исследовательские лаборатории и секторы, которые образуются из групп, представляющих первичную ячейку НИИ.

Структура основных научно-исследовательских отделов и НИИ в целом может быть построена по одному из следующих принципов: системному (тематическому), отраслевому (функциональному), смешанному.

При использовании *системного* принципа все работы выполняются последовательно по замкнутому циклу. В этом случае в группы и секторы входят ученые и инженеры разных специальностей. Конкретный набор специальностей зависит от целевого назначения исследования и характера конечного продукта. Например, создание лазерных установок требует одновременного участия химиков, физиков, инженеров по электронной технике и др.

Отраслевой принцип предусматривает объединение в одном подразделении сотрудников одной специальности. Этапы работы могут проводиться параллельно при широкой кооперации между отдельными подразделениями. Такой принцип организации является оправданным в том случае, когда НИР могут быть разделены на отдельные части или этапы и при этом не требуется четкой координации проводимых работ.

При использовании принципа *смешанной* организации в состав НИО входят и тематические, и специализированные подразделения.

3. Производственный и технологический процесс. Типы производства

Природа представляет в распоряжение человека очень мало предметов, которые можно было бы использовать непосредственно без переработки.

Почти всегда человеку приходится прилагать труд, чтобы путём качественного превращения приспособлять предметы природы для удовлетворения своих потребностей.

Качественное изменение предметов природы, осуществляемое человеком, получило название технологического процесса. Осуществляя технологический процесс, человек всегда ставит перед собой две задачи:

- 1) получить изделие, которое удовлетворило бы его потребности;
- 2) затратить при этом на изготовление изделия как можно меньше труда.

Количество затрачиваемого труда измеряется его интенсивностью и продолжительностью. Интенсивность труда сверх нормальной вызывает переутомление человека и преждевременный износ его организма. Поэтому вполне естественно является желание человека работать с нормальной интенсивностью труда.

Продолжительность труда с нормальной интенсивностью измеряется затратой рабочего времени на изготовление изделия. Сокращение затрат рабочего времени на изготовление изделия позволяет увеличить выпуск изделий за определённый промежуток времени, т.е. полнее удовлетворить потребности человека.

Следовательно, непрерывное увеличение производительности труда нормальной интенсивности является основным источником наиболее полного удовлетворения потребностей человека и повышения его жизненного уровня.

Для выполнения каждого технологического процесса человек создавал, создаёт и использует различные средства труда, среди которых орудиям производства принадлежит решающая роль. Развитие и совершенствование орудий производства влияет на условия труда и развитие самого человека. В связи с непрерывным развитием орудий производства и их ростом, доля живого труда на единицу изделия уменьшается, в то время как доля овеществленного труда возрастает.

Продуктом конечной стадии машиностроительного производства, в зависимости от его назначения, является изделие (станок, трактор и т. п.) или детали и узлы изделия.

Процесс изготовления машины или механизма состоит из комплекса работ, необходимых для производства черных заготовок, их обработки, сборки из готовых деталей узлов и, наконец, сборки из узлов и отдельных деталей готовых машин.

Совокупность отдельных процессов, связанных с переработкой сырья и полуфабрикатов в заготовки, готовые детали, узлы и механизмы машин на данном предприятии, называется **производственным процессом**.

Производственный процесс включает в себя все этапы, которые проходит предмет природы на пути превращения в изделие. В производственный процесс входят не только процессы, непосредственно связанные с изменением формы и свойств материала изготавливаемых деталей и сборки из них машин и механизмов, но и все вспомога- тельные процессы,

обеспечивающие производственный процесс в целом (межцеховой транспорт, изготовление и заточка инструмента, ремонт оборудования, технический контроль и т. д.).

Выполнение различных этапов производственного процесса на машиностроительном заводе обычно организуется в отдельных цехах или в одном цехе. В первом случае производственный процесс делят на надлежащие части и говорят о производственных процессах, например, литейного цеха, механического, сборочного и т. д. Во втором случае говорят о комплексном производственном процессе.

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относят заготовки и изделия.

Для осуществления практически любого ТП в машиностроительном производстве необходимо применение совокупности орудий производства, называемых средствами технологического оснащения.

Технологическим оборудованием называют средства технологического оснащения (СТО), в которых для выполнения определенной части ТП размещаются материалы или заготовки, а также средства воздействия на них. Примерами технологического оборудования являются литейные машины, прессы, металлорежущие станки, печи, гальванические ванны, испытательные стенды и т.д.

СТО, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части ТП, называют **технологической оснасткой** (режущий инструмент, штампы, приспособления, калибры и т.д.).

По степени унификации различают следующие

щие виды технологических процессов: единичный, типовой, групповой.

Вид технологического процесса определяется количеством изделий, охватываемых процессом (одно изделие, группы однотипных изделий).

Единичный технологический процесс – технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства (применяется для изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения).

Типовой технологический процесс – технологический процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками. Типовой процесс применяется:

1) как информационная основа при разработке рабочего технологического процесса;

2) как рабочий технологический процесс при наличии всей необходимой информации для изготовления детали или как база для разработки стандартов на типовые технологические процессы.

Типовой технологический процесс может являться совокупностью типовых технологических операций, которые характеризуются единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками.

Групповой технологический процесс – технологический процесс, характеризуемый единством методов обработки с использованием однородных и быстро переналаживаемых приспособлений для групп изделий даже с разными конструктивными признаками.

Групповой техноло- гический процесс может

состоять из групповых технологических операций, которые являются общими для групп различных деталей с определенной групповой оснасткой на данном оборудовании.

Таким образом, групповой технологический процесс – это совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих изготовление различных деталей группы (или нескольких групп) по общему технологическому маршруту. Каждый вид технологических процессов характеризуется следующими признаками:

- 1) основным назначением процесса: рабочий; перспективный;
- 2) степенью детализации содержания процесса: маршрутный; операционный; маршрутно-операционный.

Рабочий технологический процесс – технологический процесс, выполняемый по рабочей и (или) конструкторской документации (применяется для изготовления в соответствии с требованиями рабочей технической документации).

Перспективный технологический процесс – технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии (используются как информационная основа для разработки рабочих технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства; рассчитан на применение более совершенных методов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения и изменения принципов организации производства).

Маршрутный технологический процесс – технологический процесс, выполняемый по докумен-

тации, в которой содержание операций приводится без указания переходов и режимов обработки.

Операционный технологический процесс – технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.

Маршрутно-операционный технологический процесс – технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Технологический процесс состоит из технологических операций.

Технологической операцией называют законченную часть ТП, выполняемую на одном рабочем месте. Операция охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми объектами производства. При обработке на станках операция включает все действия рабочего, управляющего станком, а также автоматические движения станка, осуществляемые в процессе обработки заготовки до момента снятия ее со станка и перехода к обработке другой заготовки.

Содержание операций изменяется в широких пределах – от работы, выполняемой на отдельном станке (сборочной установке) в обычном производстве, до работы, выполняемой на автоматической линии, представляющей собой комплекс технологического оборудования, связанного единой транспортной системой и имеющей единую систему управления в автоматизированном производстве. Число операций в ТП обработки заготовок изменяется от одной–двух (изготовление детали на прутковом автомате, изготовление корпусных деталей на многооперационном станке) до десятков или даже сотен (изготовление турбинных

лопаток, сложных корпусных деталей). Кроме технологических, различают и **вспомогательные операции** – транспортирование, контроль, маркирование и др.

Операции, входящие в состав ТП, выполняют в определенной последовательности. Содержание, состав и последовательность технологических операций определяют структуру ТП.

При выполнении ТП на предприятии заготовка или сборочная единица последовательно проходит по цехам и производственным участкам в соответствии с выполняемыми операциями. Указанную последовательность называют **технологическим маршрутом**. Различают межцеховой и внутрицеховой технологические маршруты.

Операция – основной элемент ТП – имеет собственную структуру.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же СТО при постоянных технологических режимах.

Технологическим режимом называют совокупность изменений параметров ТП в определенном интервале времени. К изменяемым параметрам процесса, определяющим режим, относят, например, глубину резания, подачу, скорость резания и т.д. Технологический переход характеризует постоянство применяемого инструмента, поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке, а также постоянство технологического режима.

Технологические переходы бывают простыми (элементарными) и сложными (в работе одновременно участвуют несколько инструментов).

Технологические переходы могут выполняться последовательно или параллельно-последовательно.

Операция может состоять как из одного, так

и из нескольких технологических переходов (простых или сложных).

Состав, содержание и последовательность выполнения технологических переходов определяют структуру технологической операции.

Технологическая операция может быть организована на основе концентрации или дифференциации технологических переходов, включаемых в ее структуру.

При **концентрации** переходов структура операции включает максимально возможное при заданных условиях число технологических переходов. Это сокращает число технологических операций в ТП. В предельном случае ТП состоит лишь из одной технологической операции, включающей все переходы, необходимые для изготовления детали.

При **дифференциации** переходов стремятся к минимизации числа переходов, входящих в технологическую операцию. Пределом дифференциации является такое построение ТП, когда в состав каждой операции входит лишь один технологический переход.

Вспомогательный переход – это законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода. Примерами вспомогательных переходов являются закрепление заготовки, смена инструмента и т.д. Технологическую операцию следует рассматривать как совокупность технологических и вспомогательных переходов, причем технологические переходы обеспечивают изменения состояния предметов труда, а вспомогательные – выполнение технологических переходов.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного переме-

щения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменениями формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки. Число рабочих ходов, выполняемых в одном технологическом переходе, выбирают, исходя из обеспечения оптимальных условий обработки, например, уменьшения глубины резания при съеме значительных слоев материала.

При выполнении технологической операции часто необходимо изменять относительное положение заготовки и инструмента (рабочих органов станка).

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или сборочной единицы.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижных частей оборудования.

Прием – законченная совокупность действий человека при выполнении перехода или его части, объединенных одним целевым назначением. Так, при выполнении вспомогательного перехода установки заготовки в приспособление необходимо последовательно выполнить следующие приемы: взять заготовку из тары, установить в приспособление и закрепить в нем.

Исходя из спроектированного технологического процесса и выбора на этой основе оборудования и режима его работы, определяются основные нормативы расхода рабочего времени, сырья, материалов, топлива, энергии и других элементов производства на единицу продукции.

При разработке технологического процесса большую роль играет тип производства изделия.

Для каждого производства устанавливают

определенную программу выпуска изделий. **Программа выпуска изделий** – это совокупность изделий установленной номенклатуры, выпускаемых в заданном объеме в год.

Характеристики машиностроительного предприятия во многом зависят от типа производства. Для определения типа производства используется коэффициент закрепления операций.

Отношение числа всех различных технологических операций O , выполненных или подлежащих выполнению в течение планового периода, равного одному месяцу, к числу рабочих мест P называется *коэффициентом закрепления операций* $K_{з.о.}$.

$$K_{з.о.} = O/P.$$

Коэффициент закрепления операций при определении типа производства часто заменяют на коэффициент серийности K_C , который определяется по зависимости:

$$K_C = \frac{\tau}{t_{ум}},$$

где τ - такт выпуска изделий (промежуток времени, через которые периодически выпускается изделие определенного наименования, типоразмера и исполнения); $t_{ум}$ - среднее штучное время изготовления изделия.

Такт выпуска (мин/шт.) определяется по формуле:

$$\tau = \frac{F_{\phi} \cdot 60}{N_D},$$

где F_{ϕ} – действительный фонд времени в планируемом периоде (месяц, сутки, смена), ч; N_D – производственная программа на этот же период, шт.

Действительный фонд времени работы универсального оборудования при односменной работе равен 2040 ч, при двухсменной – 4060 ч (для механической обработки).

Ритм – величина обратная такту выпуска. **Ритм** – это количество изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения, выпускаемых в единицу времени.

В случае отсутствия данных на предварительных стадиях проектирования ориентировочно в машиностроении тип производства можно определить на основе программы выпуска и массы изготавливаемых изделий, руководствуясь нижеприведенной табл.3.

Таблица 3
Ориентировочное определение типа производства

Производство	Число обрабатываемых деталей в год		
	Массой более 100 кг	Массой от 10 до 100 кг	Массой до 10 кг
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Серийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50000

Различают следующие типы производства :

- 1) единичное ($K_C \leq 40$);
- 2) серийное:
 - мелкосерийное ($20 \leq K_C \leq 40$);
 - среднесерийное ($10 \leq K_C \leq 20$);
 - крупносерийное ($1 \leq K_C \leq 10$);
- 3) массовое $K_C \leq 1$

Единичное производство - производство, характеризующееся широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска. В единичном производстве изделия изготавливаются единичными экземплярами, разнообразными по конструкции и (или) размерам, причем повторяемость этих изделий редка или совсем отсутствует (например, судостроение).

При этом типе производства, как правило, используются универсальное оборудование, приспособления и измерительный инструмент, рабочие имеют высокую квалификацию, сборка производится с использованием слесарно-пригоночных работ, то есть по месту. Станки располагаются по принципу однородности обработки, то есть создаются участки станков, предназначенных для одного вида обработки – токарных, строгальных, фрезерных и др.

Серийное производство – производство, характеризующееся ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями выпуска.

В зависимости от количества изделий в партии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Основные признаки серийного производства:

1) станки применяются разнообразных типов – универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные;

2) кадры различной квалификации;

3) работа может производиться на настроенных станках;

4) применяются специальные приспособления;

5) сборка без пригонки и т. д.

Оборудование располагается в соответствии

с предметной формой организации работы.

Станки располагаются в последовательности технологических операций для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка выполнения операций. Обработка заготовок производится партиями. При этом время выполнения операций на отдельных станках может быть не согласовано со временем операций на других станках. Изготовленные детали хранятся во время работы у станков и затем транспортируются всей партией.

Массовое производство – производство, характеризующее узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.

Изделия изготавливаются в большом количестве длительное время, конструкция изделия меняется плавно. Рабочая сила низкой квалификации при наличии настройщиков, оборудование автоматизированное.

Массовому производству присуща поточная форма организации производства, при которой операции обработки или сборки машины закреплены за определенным оборудованием или рабочими местами, оборудование расположено в порядке выполнения операций, а изготавливаемая деталь передается с одной операции на следующую сразу после выполнения предшествующей операции, как правило, с помощью специальных транспортных устройств.

На линии поточного производства обработанные заготовки или собранные узлы выпускаются строго через такт выпуска.

4. Автоматизация технологической подготовки производства

Целью технологической подготовки производства является достижение в процессе изготовления продукции оптимального соотношения между затратами и получаемыми результатами. Увеличение доли мелкосерийного производства требует создания автоматизированных систем технологической подготовки, так как именно при данном характере производства преимущества использования автоматизированных систем проявляются в наибольшей степени. Большие капиталовложения, затрачиваемые на мелкосерийное производство, требуют качественного проведения технологической подготовки и документирования ее результатов. Возрастающие требования научно-технического прогресса предполагают высокую гибкость процесса подготовки с целью более быстрой адаптации к новым потребностям производства.

Интегрированная обработка производственной информации требует тщательной ее подготовки.

Применение средств обработки данных в области ТПП дало возможность решения организационных проблем, таких, например, как управление производственным планированием. Следующим важным шагом в автоматизации ТПП явилась разработка автоматизированных систем программирования для реализации управления станками с числовым программным управлением (ЧПУ). Многочисленные разработки систем ТПП как ориентированных на конкретное производство, так и не ориентированных на него, позволяют сегодня решать различные задачи ТПП. Существенным преимуществом автоматизированной системы ТПП является выполнение рутинных процессов и подготовка информации с помощью средств электронной об-

работки данных. Специалист, работающий с автоматизированными системами ТПП (АСТПП), избавится от монотонной, нетворческой работы. Кроме того, благодаря большому быстродействию средств электронной обработки данных появляется возможность исследования различных альтернативных решений и реализации процессов оптимизации.

Различные задачи ТПП поддаются автоматизации в различной мере. Такие задачи, как расчет себестоимости техпроцесса, временные затраты могут решаться в автоматическом режиме. Задачи выбора основного оборудования, оснастки и средств контроля могут быть решены, как правило, в диалоговом режиме. Построение технологических маршрутов может быть осуществлено в диалоговом режиме, но часто, особенно при разработке новых технологий – только в ручном.

Кроме автоматизации традиционных задач ТПП, использование вычислительной техники позволяет решать новые задачи, значительно повышающие качество ТПП. Это моделирование технологического процесса, разработанного на этапе ТПП, путем соответствующих расчетов и визуализации средствами машинной графики.

Важнейшим преимуществом АСТПП по сравнению с ручной ТПП является возможность оптимизации технологического маршрута, выбора оборудования и т. д. для обработки конкретной детали.

Рассмотрим постановки оптимизационных задач при ТПП.

- Найти материал детали, обеспечивающий минимум ее стоимости при выполнении заданных требований.
- Найти форму и метод изготовления заготовки, обеспечивающие минимум потерь материала.

- Определить последовательность технологических переходов, обеспечивающую минимальное время изготовления партии деталей.
- Выбрать оборудование, обеспечивающее:
а) минимальную стоимость при удовлетворении требований техпроцесса; б) минимальные приведенные затраты на выполнение технологического контроля; в) минимальный период окупаемости оборудования.

Оптимизационные задачи также могут быть поставлены при программировании станков с ЧПУ; выборе метода обработки; выборе методов и средств контроля; определении требований техники безопасности и обеспечения устойчивости экологической среды и др.

Кроме отдельных оптимизационных задач, рассмотренных выше, в АСТПП, как правило, решается и обобщенная оптимизационная задача: получение ТП, имеющего минимальные затраты на производство единицы продукции. При решении обобщенной задачи учитываются все отдельные критерии путем их суммирования, обобщения, выбора главного критерия и т.д.

Важной составной частью АСТПП, реализующей методы управления, вариантного и адаптивного планирования, является информационная база о деталях и технологиях их обработки.

Детали могут классифицироваться различными методами в зависимости от цели классификации. Основными признаками классификации являются форма детали, основная поверхность и поверхности наложения, материал, вид заготовки. Для уточнения могут быть добавлены признаки: размеры (габаритные, основной поверхности и поверхностей наложения);

покрытия; термообработка и т.д.

На базе проведенной классификации осуществляется кодирование информации о детали.

Кодирование может быть осуществлено двумя способами.

Первый способ – кодово-текстовое описание детали. Полученный код (как правило, примерно одна страница печатного текста) содержит полную информацию как о детали в целом, так и о всех ее конструктивных элементах (поверхностях, покрытиях, термической обработке и др.).

Второй способ – конструкторско-технологический код, который содержит обобщенную информацию о детали без излишней детализации.

Код состоит из отдельных фрагментов, описывающих тот или иной признак. Каждый фрагмент имеет фиксированное количество разрядов. Заранее оговаривается, как кодируется признак – цифровым или символьным кодом. Конкретный код каждого признака устанавливается, как правило, по-разному в каждой конкретной АСТПП.

Значение класса детали обозначают в соответствии со Всесоюзным технологическим классификатором деталей машиностроения и приборостроения: тела вращения – код 71; корпусные детали – код 72 и т.д.

Следующий фрагмент кода – обрабатываемая поверхность – может быть закодирован, например, следующим образом.

Сначала кодируется основная форма. Элементы основной формы определяют форму детали, ее структуру и габаритные размеры.

Следующий этап – кодирование элементов наложения, то есть различных поверхностей, образованных в результате последующей обработки по-

верхностей основной формы или поверхностей наложения (к таким относятся фаски, грани, резьбы, элементы зубчатых зацеплений, отверстия и т.д.). Например, кодирование резьб может быть осуществлено следующим образом: метрическая внутренняя – код 010, метрическая наружная – код 110, трапециидальная внутренняя – код 020, трапециидальная наружная – код 120 и т. д.

Аналогично кодируется вид заготовки, например: литье в разовые формы – код 100, прокат круглый 211, прокат квадратный 212, прокат шестигранный 213, прокат трубный 216, штамповка 310 и т.д.

Кроме кодирования деталей в АСТПП важное место занимает кодирование технологических операций и переходов.

Один из вариантов кодирования: значения кодов переходов возрастают в соответствии с традиционной в машиностроении последовательностью их применения при обработке деталей.

4.1. Автоматизация ТПП при организации выпуска нового изделия

По исходным данным (описанию детали и программе выпуска) осуществляется выбор заготовки, построение технологического маршрута, выбор оборудования, осуществляются временные расчеты.

Виды заготовок: отливки; прокат; поковки; штамповки; сварные заготовки.

В качестве критериев оптимизации выбора заготовок используют:

- себестоимость изготовления заготовки $S_z \rightarrow \min$;
- себестоимость механической обработки заготовки для получения детали $S_m \rightarrow \min$;

– стоимость отходов металла $C_o \rightarrow \min$.

Алгоритм выбора оптимального метода получения заготовки состоит из следующих шагов:

– выбор возможных видов заготовки по материалу детали. В зависимости от вида материала (сталь, чугун, сплавы и т.д.) выбираются методы получения заготовок – отливки, штамповки, прокат, поковки;

– выбор возможных методов изготовления заготовок исходя из серийности детали (единичная, серийная, крупносерийная, массовая); конструктивной формы детали (цилиндрическая, дисковая, пространственная, корпусная и т.д.);

- установление массы и размеров детали;

– определение технических характеристик для выбранных видов заготовок (точность, коэффициент использования материала и др.);

– определение себестоимости изготовления заготовки;

– определение себестоимости механической обработки заготовки;

– определение стоимости отходов материала;

– выбор оптимального метода изготовления заготовки для конкретных условий производства.

Алгоритм выбора технологических баз заключается в следующем. После ввода конфигурации детали осуществляется автоматический расчет площадей всех поверхностей детали и их ранжирование в порядке убывания. В качестве основной базы пользователю предлагается поверхность с наибольшей площадью. Если пользователя устраивает данный вариант, то осуществляется переход к выбору вспомогательных баз, если нет – пользователю предлагается следующая по размеру площади поверхность.

Выбор вспомогательных баз осуществля-

ется аналогично из поверхностей, оставшихся после выбора основной базы.

Данная задача - главная и наиболее трудная. В методе нового планирования используют различные диалоговые

подсистемы формирования технологического маршрута.

Исходная информация о детали:

- общие сведения;
- сведения о заготовке (поступают из подсистемы выбора заготовки);
- описание наружных и внутренних поверхностей;
- допустимые отклонения.

Вся исходная информация кодируется.

База данных подсистемы – наборы последовательностей технологических операций; значения параметров для расчета режимов резания и времени обработки.

В диалоговом режиме осуществляется подбор технологических операций, расчет и оптимизация режимов резания, расчет затрат времени на изготовление детали, расчет какого-либо критерия оптимальности (например, себестоимости изготовления детали), оптимизация технологического маршрута по выбранному критерию.

Каждая технологическая операция, выбранная на этапе проектирования технологического маршрута, проектируется в виде последовательности переходов. Одну и ту же операцию возможно реализовать различной последовательностью отличающихся переходов. Выбор наилучшего варианта осуществляется по критериям: себестоимость операции; время выполнения операции и другим.

Оборудование для выполнения операций вы-

бирается в зависимости от намеченного состава операций, габаритов и конфигурации детали, требуемой точности обработки, программы выпуска деталей.

Состав операции (т.е. перечень поверхностей, обрабатываемых на операции) зависит от возможностей оборудования, и наоборот, оборудование выбирается в зависимости от состава операции, поэтому эти задачи решаются параллельно.

База данных о станках содержит следующую информацию: код оборудования в соответствии с классификатором; мощность станка; максимальные размеры сечения резцов, которые можно установить в резцедержателе (для токарного станка); максимальное количество инструментов, которые можно одновременно установить на станке; числа оборотов и др.

Выбор оборудования обычно оптимизируется по критерию стоимости.

Выбор режущего инструмента осуществляется для каждого технологического перехода.

Исходные данные:

- геометрия детали;
- сведения о заготовке;
- технологические характеристики применяемого оборудования.

Инструмент выбирается из справочной базы, охватывающей все его разновидности.

Последовательность выбора инструмента следующая:

- по коду технологического перехода определяется код группы инструмента;
- по модели станка выбирается код подгруппы инструмента;
- уточняются размеры и другие характеристики инструмента по размерам и форме удаляемого метал-

ла, чистоте обработки, материалу заготовки и т.д.;

– ищется нужный инструмент в базе данных (по сформированным размерам и другим характеристикам).

4.2. Оптимизация проектирования сборочных процессов

Сборочные работы являются многовариантными как по возможному составу и последовательности операций техпроцесса, так и по составу применяемой оснастки, оборудования, инструмента.

В качестве критериев оптимизации используются:

- трудоемкость процесса сборки;
- технологическая себестоимость;
- цикл сборки (время);
- затраты на сборочную оснастку.

Последовательность проектирования:

- выбор схемы базирования сборочной единицы;
- выбор оптимальной последовательности установки элементов сборочной единицы;
- выбор состава и последовательности выполнения операций соединения, доводочных работ;
- выбор состава оснастки, инструмента, оборудования;
- расчет технико-экономических показателей;
- выбор оптимального варианта технологического процесса сборки;
- вывод документации.

5. Системы CAD/CAM в производстве. Компьютерно-интегрированное производство (КИП)

Для современного производства характерно использование с целью автоматизации компьютерной техники на всех уровнях. Это осуществляется на базе так называемых CAD/CAM-, CAE-систем, связанных единой сетью.

Система CAD (Computer Aided Design) — это компьютерная помощь проектированию, *система CAM* (Computer Aided Manufacturing) — компьютерная помощь изготовлению, *система CAE* (Computer Aided Engineering) — компьютерная помощь инженерии — системе расчетов, контроля, управления. Производство с CAD/CAM-, CAE-системами и определяется как *компьютерно-интегрированное* (КИП).

В России системы CAD/CAM, CAE определяются как системы САПР/ АСТПП и системы управления производством — АСУП. Использование предприятиями CAD/CAM, CAE позволяет избежать дорогостоящего метода проб и ошибок, легко переходить от подготовки новых изделий к их серийному производству.

Работа в системах CAD/CAM предполагает принцип параллельного инжиниринга, когда концепция изделия прорабатывается и рассчитывается конструктором, внешний вид — художником-дизайнером, а вопросы технологии (в том числе и технологичности) тут же рассматриваются специалистами-технологами. Система обеспечивает быстроту обмена замечаниями между специалистами, согласование и оптимизацию конструкции и технологии, при необходимости — быструю подготовку и глобальные изменения в текущем проекте (или в только что завершенном), их согласование с составными частями проекта, затраги-

ваемыми этими изменениями. И тут же в процессе работ возможно быстрое проектирование разрабатываемых изделий в их вариантах и, наконец, разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ для выпуска опытной партии.

Работы по внедрению в практику CAD/CAM-, CAE-систем выявили совершенно четкую тенденцию в необходимости системной интеграции внедряемых систем, их соответствия существующим деловым и технологическим процессам данного конкретного предприятия.

Системная интеграция предполагает целенаправленное реформирование предприятия согласно разработанной модели (корпоративной модели), которое называется реинжинирингом (более традиционно — реинжинирингом бизнес-процессов) и охватывает практически все сферы деятельности предприятия.

В части системной интеграции, несмотря на огромное многообразие типов машиностроительных предприятий, их бизнес-процессы традиционно допускают деление на следующие классические категории:

- маркетинг, новые разработки и исследования;
- разработка и конструирование изделий по заданию маркетинга;
- технологическая подготовка производства спроектированных и принятых к производству изделий;
- материальное снабжение под заявленные технологические требования;
- производственный цикл по разработанной технологии, выпуск изделий;
- сбыт выпущенных изделий;
- процессы управления различными ресурсами (финансы, производственная инфраструктура, оборудование, персонал и т. д.).

Различные процессы в рамках работы по системной интеграции подкрепляются различными программно-аппаратными средствами. В приведенном спектре процессов наиболее наукоемким и сложным является комплекс «технических бизнес-процессов». Кроме того, он является основным, поскольку определяет главное для любого производственного предприятия — скорейшую подготовку новых изделий и освоение их выпуска. Интегрированная система CAD/CAM, CAE помогает решать практически все основные задачи данного этапа производства.

Программный продукт CAD/CAM, CAE представляется множеством фирм, в том числе и в интегрированном решении. Варианты систем используются для выполнения наиболее типичных задач конструкторской и технологической практики и максимально отвечают требованиям хорошей функциональности. Как правило, комплект программных систем средней сложности обеспечивает проведение всех работ по изделиям и деталям средней и малой сложности в цикле от выдачи задания (исходные требования) до получения управляющей программы (УП) для автоматизированного оборудования, в том числе и для электроэрозионного.

Компьютеризация инженерной деятельности большого цикла работ имеет своей целью резкое сокращение времени подготовки производства, сокращения трудоемкости проектирования и планирования, а также их себестоимости, длительности цикла «проектирование—изготовление», затрат на натурное моделирование проектируемых объектов и др.

Решению задачи по компьютерной подготовке производства (КПП) может способствовать хорошо отлаженный базовый набор CASE (computer aided engineering)-технологий, который позволяет упростить процесс создания и эксплуатации прикладных

программных систем автоматизированной поддержки инженерных решений (САПИР) задач КПП. Данные CASE-технологий в максимальной степени используют потенциал ПК с операционной средой Windows и базируются на отечественных инструментальных средствах. Программные инструменты, внедренные в современное производство, обеспечивают:

- интегрированные решения по проектированию и производству объектов машиностроения в рамках участка, цеха и предприятия;

- совмещение во времени процессов проектирования основного объекта и компьютерной подготовки производства для его выпуска, в первую очередь, при блочно-модульном проектировании;

- ассоциативную двунаправленную связь между двухмерным и трехмерным проектированием и моделированием в ходе всего жизненного цикла;

- взаимодействие пользователя и САПР на языке «деловой прозы» с учетом накопленного опыта и требований отечественных стандартов;

- возможность автоформализации знаний и данных силами специалистов предприятия при минимальном обращении к разработчикам и профессиональным программистам.

Совмещенное проектирование. Принципиальным моментом в деятельности производства со структурой КИП является синхронизация деятельности по совмещенной разработке основного изделия и технологической подготовке его производства. Процесс проектирования и изготовления, как правило, является коллективным и охватывает конструкторов, расчетчиков, технологов и т. д.

Развитие CAD/CAM-, CAE-систем, создание на их основе компьютерно-интегрированных производств (КИП), повсеместное использование ПК в самых

различных процессах деятельности предприятий привело к тому, что *электронная модель объекта производства* (как изделия в целом, так и его отдельных составляющих) становится *главной составляющей* практически во всех программных системах и подсистемах, обеспечивающих работы КПП.

Электронные модели (назовем их CAD-моделями) являются основным объектом в системе конструкторской информации (объект проектирования, объект импорта-экспорта из одной CAD/ CAM-системы в другую, основа для классификации, идентификации и кодирования, для получения фотореалистических изображений, для создания библиотек графической информации, для создания типовой технической документации, архивов и т. п.).

CAD-модели являются главным объектом в работе практически всех современных САПР ТП, позволяя генерацию новых ТП, поиск ТП-аналогов, разработку и генерацию УП для самого различного автоматизированного обрабатывающего и контрольно-измерительного оборудования.

CAD-модели являются основой всех компьютерных систем по проектированию технологической оснастки: приспособлений, режущего и измерительного инструмента. Даже базы данных современных служб маркетинга, реализации и учета продукции, других служб и отделов современного предприятия могут быть составлены на основе CAD-моделей. Естественно, что применение CAD-моделей в практике производства существенно изменили не только характер работ целого ряда специалистов, но и повысили их возможности в исполнении своих рабочих обязанностей. Здесь налицо не только резкое повышение качества исполнения работ, но и сокращение времени их исполнения.

Применение в практике работ предприятий

CAD-моделей изменило работу практически всех специалистов, не только сведя до минимума потоки бумажной документации, но резко преобразовав сам процесс работ. Функции чертежей на бумажном носителе, который является основным информационным документом на производстве, крайне ограничены. Использование компьютерных технологий не только значительно увеличило, но и расширило возможности работ во всем множестве видов деятельности специалистов на предприятиях машиностроения.

В общем случае этапы компьютерного проектирования — этапы получения CAD-моделей — завершаются записью всей полученной конструкторской документации в соответствующие БД или на какие-либо электронные носители информации. Далее вся эта информация становится доступной для работ в системе автоматизированного проектирования технологических процессов и технологической подготовки производства, и не только на этих этапах производственных работ.

Таким образом, *полное трехмерное электронное представление изделия* может являться основой всего цикла подготовки, производства и реализации разрабатываемой продукции. Такой цикл определяют как *Жизненный Цикл Изделия*. Он может состоять из отдельных групп работ, систем взаимодействия самых различных групп работников и деловых операций.

В соответствии со стандартом ISO 9004 жизненный цикл изделия складывается из следующих этапов:

- 1) маркетинг, поиск и изучение рынка;
- 2) проектирование и конструирование изделия;
- 3) материально-техническое снабжение;
- 4) технологическая подготовка производства;
- 5) производство, контроль и проведение испытаний;

- б) упаковка и хранение;
- 7) реализация и/или распределение продукции;
- 8) монтаж и эксплуатация;
- 9) техпомощь в обслуживании;
- 10) утилизация.

К инженерной деятельности в традиционном смысле слова относятся этапы 2, 4, 5, 8, 9. Этапы 1, 3, 6, 7, 10 определяют инженерный бизнес и менеджмент. Техническая подготовка производства включает этапы 2, 3 и 4. Операции упаковки и хранения изделия обычно входят в технологический процесс его производства.

Каждый этап работ в Жизненном Цикле Изделий по-своему специфичен. Для автоматизации этих работ требуется и соответствующее аппаратное и программное обеспечение, которые в общем случае в совокупности определяются как системы автоматизации. Эти системы делят на две группы:

1) системы автоматизации проектирования (САПР);

2) системы автоматизации управления (АСУ). К последним относят АСУ предприятием, производством, технологическими процессами, качеством.

Управление процессами взаимодействия производителей, заказчиков и поставщиков, включающих в себя обмен электронной информацией и электронным определением разрабатываемых изделий, кроме компьютерных систем проектирования и производства (CAD/CAM, CAE) требует в работе предприятий и ряд других систем. Эти системы не связаны непосредственно с производственным процессом, но являются обеспечивающими тот или иной этап работ в Жизненном Цикле Изделий.

В связи с этим в определенных случаях все системы (или часть их), обеспечивающие выполнение

задач Жизненного Цикла Изделий, целесообразно объединить в единую Интегральную Систему Разработки Изделия.

В общем случае в производстве дополнительно к системам CAD/CAM, CAE используют следующие системы.

Системы *PDM* (Product Data Management) — автоматизированные системы управления проектными данными и информацией об изделии.

Система *ERP* (Enterprise Resource Planning System) — набор интегрированных приложений, позволяющих создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-операций предприятия — производства, финансов, снабжения, сбыта, хранения, технического обслуживания и т. д.

Система *SSM* (Sales and Services Management) — управление продажами и сервисом.

Система *CRM* (Customer Relationship Management) — организация взаимоотношений с заказчиками, продавца — с покупателями.

Система *SRM* (Supplier Relationship Management) — управление взаимодействием с поставщиками.

Система *SCM* (Supply Chain Management) — управление цепочками поставок, объединяет и координирует работу модулей, связанных с определением спроса, взаимоотношениями с клиентами, продажами, производством, закупками, внутренними и внешними перевозками. Объединение функциональностей достигается применением общей сквозной системы планирования, часто используются алгоритмы, аналогичные APS.

Система *DRM* (Distribution Requirements Management) — управление сбытом исходя из требований системы реализации.

Программы *B2B* (Business To Business) —

электронные средства интеграции бизнесов в цепочке «производитель— потребитель». В простейшем случае — средства электронного размещения заказов.

Программы *B2C* (Business To Consumer) — электронные средства интеграции поставщика и потребителя. Потребитель имеет возможность не только разместить электронный заказ, но и следить за ходом его выполнения, заходя через Интернет в информационную систему поставщика.

Программы *e-Commerce* (электронная торговля) — размещение заказов и оплата через Интернет.

Система *MRP-II* (Manufacturing Requirements Planning) — программа расчета потребностей производства в ресурсах и производственных мощностях для выпуска запланированных объемов продукции, а также планирования сроков выполнения заказов и загрузки оборудования на уровне рабочих центров.

Система *APS* (Advanced Planning and Scheduling) — расширенное составление графиков и оптимизация производственного планирования, а точнее, составления оптимальных производственных планов и графиков с учетом имеющихся узких мест.

Системы *MES* (Manufacturing Execution System) — исполнительные производственные системы, которые формируют поагрегатную загрузку оборудования в соответствии с составленными расписаниями и открытыми заказами, могут иметь в своем составе APS.

Программы *BSC* (Balanced Score Cards) — на основе имеющейся в учетной системе информации формируются взаимосвязанные показатели функционирования бизнеса, как того требует одноименная управленческая концепция.

Системы *OLAP* (On-line Analytical Processing) — многомерный анализ данных в реальном времени. Является мощным аналитическим инструментом.

Программа *TQM* (Total Quality Management) — всеобщее управление качеством; помогает организовать работу предприятия в рамках одноименной концепции управления.

Указанные системы и программы для успешного функционирования предприятия информационно соединяют между собой единой интегральной системой, обычно определяемой как *Система Управления Жизненным Циклом Изделия — Product Lifecycle Management (PLM)*.

Можно считать, что *PLM* — это решение, объединяющее отдельные участки автоматизации в едином информационном пространстве и реализующее сквозной конструкторский, технологический и коммерческий цикл, от подготовки проекта до утилизации.

Система *PLM* объединяет в едином цикле такие работы, как план, концепция, проект, проверка, проектирование производства, планирование производства, тестирование, сбыт, поддержка, утилизация. Такой подход может обеспечить предприятиям немалые выгоды, главные из которых:

- ускорение выпуска новых продуктов;
- усиление контроля за качеством;
- сокращение издержек путем замены физических макетов виртуальными;
- экономия за счет многократного использования проектных данных;
- расширение возможностей оптимизации изделий;
- экономия за счет сокращения отходов производства;
- снижение затрат с помощью полной интеграции инженерного документооборота.

Система CALS (Computer-Aided Acquisition and Logistics Support) — «Информационная Поддержка

Процессов Жизненного Цикла Изделий», основой которой (как и у системы *PLM*) является интегрированная информационная среда (ИИС). ИИС представляет собой распределенное хранилище данных, существующее в сетевой компьютерной системе, охватывающей (в идеале) все службы и подразделения предприятия, связанные с процессами жизненного цикла изделий. В ИИС действует единая система правил представления, хранения и обмена информацией. В соответствии с этими правилами в ИИС протекают информационные процессы, сопровождающие и поддерживающие жизненный цикл изделия на всех его этапах. Здесь реализуется главный принцип *CALS*: информация, однажды возникшая на каком-либо этапе жизненного цикла, сохраняется в ИИС и становится доступной для всех участников этого и других этапов (в соответствии с имеющимися у них правами пользования этой информацией), в том числе и для зарубежных исполнителей и соисполнителей.

Принципы и технологии *CALS* находят все более широкое применение в промышленности развитых стран, в том числе и в России, особенно на предприятиях, поставляющих свою продукцию на внешний рынок. Внедрение *CALS*-технологий связано со многими задачами по унификации терминологий, понятий, принципов и форматов обмена информацией, структур информационных моделей с использованием специально разработанных языков и др.

Целью *CALS* является информационная интеграция всех процессов жизненного цикла изделий, в том числе в рамках международного сотрудничества. Поэтому важную роль в решении этой проблемы играет применение международных стандартов, в том числе и по правилам оформления всех видов электронной документации, по сервисному обслуживанию постав-

ленной продукции, по организации ее ремонта и т. п. Международные и национальные *CALS*- стандарты определяют формат и содержание информационных моделей продукции, ее жизненный цикл, модель производственной среды и др. (<http://www.cals.ru>) и являются обязательными к использованию при внедрении *CALS-технологий*. Как и внедрение системы *PLM*, главной целью внедрения *CALS-технологий* является повышение эффективности и конкурентоспособности предприятия за счет существенного сокращения сроков освоения производства новых изделий, улучшения качества этих изделий и технической документации, представляемой в электронном виде, обеспечение высокого уровня сервиса и логистической поддержки на всех производственных стадиях жизненного цикла изделий, в том числе и как продукции, поставляемой на экспорт.

Отечественная система *PLM* «Галактика» является одной из развитых интегрированных сетевых комплексных систем управления. Она включает 40 необходимых подсистем и утилит, которые могут обеспечить полную автоматизацию управления всеми службами и подразделениями предприятия, фирмы, корпорации и другой организации любой формы собственности.

Отечественная комплексная автоматизированная система «Проект-Оптим» помимо *PLM*-модулей имеет в своем составе комплексную систему автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), технологической подготовки производства (АСТПП) и управления технологической подготовкой производства (АСУТПП).

Программный продукт *CAD/CAM*, *CAE* состоит из отдельных, взаимосвязанных между собой программных модулей, решающих те или иные задачи, кото-

рые определяются производством. Модули приобретаются пользователями как в комплексе, так и отдельно. Это позволяет создавать определенную программную конфигурацию единой компьютерной сети предприятия, его технических средств исходя из его потребностей и возможностей. В простейшем случае можно выделить три уровня в решении задач производства в условиях КИП:

- 1) разработку математической модели объекта производства;
- 2) подготовку управляющих программ изготовления разработанных объектов;
- 3) их изготовление и контроль.

Всем уровням соответствуют свои программные системы.

В общем случае все системы CAD/CAM, CAE при поставках определяются как программное обеспечение (ПО) в добавление к соответствующему комплексу вычислительной техники.

Появление компьютерных моделей изделий определило качественно новый этап конструкторских и технологических работ. И здесь логичным явилось появление в дополнение к CAD/CAM, CAE-системам дополнительных систем, организующих в единое целое всю работу предприятий (организаций) над проектом при использовании средств автоматизации, в частности, таких как PDM (Product Data Management) — автоматизированных систем управления проектными данными и информацией об изделии. Практика уже определила, что наличие в комплексе CAD/CAM, CAE составленных с ними различных модулей PDM-систем значительно увеличивает эффективность всего процесса автоматизированной подготовки производства и производства как такового.

5.1. Классификация систем CAD/CAM, CAE

Классификация систем производится по трем уровням: системы нижнего, среднего и верхнего уровня. Назначения систем *нижнего уровня* следующие:

- автоматизация выпуска конструкторской и технологической документации;
- подготовка управляющих программ 2,5-осевого оборудования с ЧПУ «по электронному чертежу»;
- сокращение сроков выпуска документации.

Системы нижнего уровня позволяют сократить время разработки проектов, но не гарантируют проектировщиков от ошибок даже при полном соответствии документации ЕСКД и ЕСТД; экономический эффект зависит от квалификации и размера зарплаты конструктора или технолога и от их навыков использования САПР.

Назначения систем *среднего уровня* следующие:

- создание объемной модели изделия, по которой контролируется взаимное расположение деталей;
- определение инерционно-массовых, прочностных и прочих характеристик;
- моделирование всех видов ЧПУ-обработки;
- отработка внешнего вида по фотореалистичным изображениям;
- выпуск конструкторско-технологической документации;
- обеспечение управления проектами на базе электронного документооборота.

Системы среднего уровня позволяют сократить время разработки проектов; экономический эффект состоит в многократном сокращении затрат на доводку опытных образцов изделий в результате исключения ошибок при проектировании.

Системы *верхнего уровня* кроме перечислен-

ных функций систем низшего и среднего уровней дают возможность:

- конструировать детали с контролем технологичности;
- конструировать детали с учетом особенностей материала (пластмасса, металлический лист и т. д.);
- моделировать работу механизмов;
- проводить динамический анализ сборки с имитацией сборочных приспособлений и инструмента;
- проектировать оснастку с моделированием процессов изготовления (штамповки, литья, гибки), что исключает брак в оснастке и изготовлении натуральных макетов.

Системы высшего уровня позволяют значительно сократить время разработки изделия (на 30...50 %); экономический эффект состоит в многократном сокращении затрат на подготовку производства изделия (50...3000 %).

Следует отметить, что деление систем на уровни является достаточно условным, так как наблюдается тенденция приближения систем среднего уровня (по различным параметрам) к системам верхнего уровня, а системы нижнего уровня все чаще перестают быть просто двумерными чертежно-ориентированными и становятся трехмерными.

5.2. Краткий обзор некоторых CAD/CAM - систем

Разработкой и поставкой CAD/CAM-систем (как программное обеспечение ПК) занимается достаточно много фирм и за рубежом и в России. Из зарубежных наиболее известны компании «Parametric Tech-

nology Corporation» (PMTС); «Dassault Systemes» (DASTY); «Autodesk» (ADSK) «Unigraphics Solutions (UGS).

Компания «Autodesk» (США) является одним из крупнейших в мире разработчиков целого семейства CAD/CAM-программных продуктов, в основе которых лежит AutoCAD (www.auto-desk.com). В состав «Autodesk » в качестве подразделения входит фирма «Discreet (Kinetix)», известная такими программными средствами, как 3D Studio MAX, 3D Studio VIZ, Character Studio, Radio Ray и Hyper-Matter (www.ktx.com). «Autodesk» широко известна в мире, в первую очередь, своими разработками в области CAD-систем: AutoCAD, Mechanical Desktop, Inventor и др.

Система AutoCAD является CAD-системой среднего уровня. Она предназначена для проектирования, оформления чертежей и конструкторской документации. В системе реализованы все основные инструменты двумерного проектирования и оформления чертежей, развитая система трехмерного моделирования и возможности разработки различных приложений для решения проектных задач. Формат чертежей DWG/DXF-системы AutoCAD стал фактически международным стандартом оформления рабочей документации (к совместимости с которым стремятся даже конкуренты «Autodesk»). В AutoCAD-2002 реализован ряд новых возможностей.

Система Mechanical Desktop является CAD-системой среднего уровня, используется конструкторами-машиностроителями для параметрического трехмерного твердотельного моделирования, сочетая возможности двумерного черчения и трехмерного моделирования. Наряду с Mechanical Desktop было разработано и ПО *Mechanical Desktop Power Pack*, предназначенное для использования в промышленном машино-

строении, электромеханической промышленности, при производстве товаров народного потребления, а также в производстве оснастки и инструментов.

Система Autodesk Inventor — CAD-система среднего уровня, обеспечивающая полный цикл конструирования и создания конструкторской документации при проектировании больших сборок (в которые могут входить десятки тысяч элементов), а также твердотельного моделирования.

Система Autodesk Streamline позволяет манипулирование информацией об изделии. С помощью этой программы подразделения предприятия могут пользоваться производственной информацией и участвовать во внедрении новых производственных процессов и изделий.

Система Autodesk Map отвечает задачам ориентированности программных продуктов сети Интернет.

В группу программных продуктов компании «Autodesk» входит и ряд других систем.

Компания «Dassault Systemes» (Франция, США) также является одним из лидеров мирового рынка CAD/CAM-систем. В 1982 г. на рынке появилась система CAT1A 1 (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) как специальный продукт для трехмерного проектирования, поверхностного моделирования и разработки программ для оборудования с ЧПУ.

Система CATIA / CADAM Solutions является CAD/CAM-, CAE-системой верхнего уровня (с ядром ACIS), разрабатывается компанией «Dassault Systemes» и продвигается компанией IBM. Она предназначена для автоматизированного проектирования, твердотельного моделирования, разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, технологической подготовки производства, оформления чертежей и конструкторской документации, инженерного ана-

лиза. Система постоянно развивается и наращивает свою функциональность. Системы *DENEb*, *ENOVIA*, *DELMFA*, а также расчетные конечноэлементные программы *Cosmos/M*, *Cosmos/Works*, *Cosmos/ DesignStar* тоже развиваются и продвигаются компанией «Dassault Systemes».

Компания «Unigraphics Solution Co.» (США) занимает одну из ведущих пози

ций на мировом рынке CAD/CAM-, CAE-систем. Программный продукт компании системы Unigraphics, Solid Edge, iMAN, Parasolid и др. достаточно распространен (<http://www.ug.eds.com/>, <http://www.ugsolutions.ru/>).

Система Unigraphics является системой высокого уровня. Она заняла одну из ведущих позиций в процессах проектирования и изготовления изделий на предприятиях аэрокосмической и автомобильной промышленности, энергетического машиностроения, а также среди производителей высокотехнологичной продукции, потребительских товаров и специального оборудования в различных странах. Встроенные в систему мощные средства теплового и прочностного анализа позволяют резко повысить качество проектирования. Основная концепция Unigraphics — принцип мастер-модели — дает надежный систематизированный подход к созданию и проверке геометрии изделия и связанных с ней процессов. Система Unigraphics состоит более чем из 60 различных модулей, с помощью которых решаются практически все задачи современного производства.

Система SolidEdge является принципиально новой системой автоматизированного конструирования, которая предназначена для разработки сборочных узлов и геометрического моделирования отдельных деталей специально в машиностроении.

Система LMAN является PDM-системой управления проектными данными. Она позволяет создать единую информационную модель проекта в условиях параллельного процесса ведения разработки, а также на протяжении всего жизненного цикла изделия формировать и сохранять в базе данных всю информацию о нем.

Компания «Parametric Technology Corporation» (США) представляет на мировом рынке ряд систем.

Система Pro/ENGINEER является комплексной системой высокого уровня, обеспечивающей разработку сложных конструкций. Система автоматизирует весь цикл моделирования и проектирования — от концептуальной идеи до подготовки производства. Система состоит из целой гаммы модулей, отвечающих за определенные возможности и этапы конструирования. Основной пакет системы — Pro/ENGINEER Foundation Advantage Package (FAP), дополнительные модули — Pro/ENGINEER Advanced Extension (нисходящее проектирование сложных конструкций), Pro/ENGINEER Mechanism Dynamics Option (анализ динамики механизмов); дизайнерские модули: Pro/3DPAINT — дизайн-модуль для разработки трехмерных фотореалистичных изображений, Pro/ANEMATE — модуль для анимации объектов, Pro/DESIGNER — модуль для быстрого создания прототипа модели, разработки дизайна конструкции, Pro/ASSEMBLY — модуль создания сборочных чертежей, Pro/DETAIL — модуль создания рабочих чертежей с простановкой размеров, допусков и другой информации в стандартах ISO, ANSI, DIN и JIS и др.

Все модули системы интегрированы в единую среду разработки и могут подбираться конечным пользователем для собственных конкретных задач.

Как вариант систем PLM фирмой представляется Единая Интегральная Система Разработки Изделия — Product Development System (PDS), состоящая из трех основных — Pro/ENGINEER Wildfire (создание сложных промышленных изделий), Windchill ProjectLink (организация процесса разработки изделия за счет оптимизации и контроля коллективной работы) и Windchill PDM-Link (управление данными, имеющими решающее значение для успешного продвижения разрабатываемого изделия на рынке, на всех этапах жизненного цикла).

Компания «SolidWorks Co.» (США) представляет систему *SolidWorks* среднего уровня как 32-разрядную параметрическую систему трехмерного конструирования и моделирования. Система использует ядро Parasolid, позволяет создавать управляемые размерами твердотельные модели и может служить ядром для различных инженерных задач (<http://www.solidworks.com/>, <http://www.uscad.com/>). Трехмерное моделирование в системе удобно тем, что конструктор разрабатывает лишь аксонометрическую проекцию детали, а три вида формируются системой автоматически благодаря технологии RapidDraft. Средства RapidDraft позволяют избежать потенциальных ошибок при черчении и позволяют автоматически создавать виды, проекции, сечения, разрезы и детализировки, проставлять размеры и допуски по ISO, ANSI, JIS, DIN, BSI. Имеются средства для настройки вида, размеров, типов линий, шрифтов и параметров точности. Система *SolidWorks* позволяет создавать параметрические элементы твердого тела разными методами. Система хорошо интегрирована с системами фирм — ведущих поставщиков различных технологических систем и решений в областях инженерного анализа и анимации (ANSYS, COSMOS, MSC/Nastran, Nisa, CADSI, MoldFlow, C-Mold, Working Modeler, Adams, Tecnomat-

ix и др.), подготовки производства и контроля качества (CAMWorks, SlirfCAM, Mastercam), систем управления данными и ведения проектов (Agile Workplace, Sniart-Team, ADRA и др.).

Компания «Cimatron Ltd.» (Израиль) является одной из ведущих компаний по разработке интегрированных CAD/CAM-систем (<http://www.cimatron.com>). В одном из вариантов предлагается следующий набор систем. Система *Modeling&Drafting* — развитие средства проектирования на базе гибридного моделирования и формирования чертежно-графической документации. Система *Data Interface* — спектр стандартных и прямых интерфейсов для обмена данными с другими CAD/CAM-системами. Система *MoldExpert/Q-Split* — средства автоматического построения формообразующих деталей оснастки. Система *MoldBase 3D* — средства проектирования пресс-форм с применением баз нормализованных деталей. Система *Mold EDM* — средства проектирования электродов для электроэрозионной обработки. Система *NC Machining* — средства разработки и проверки управляющих программ для любых типов станков с ЧПУ. Система *Reverse Engineering* — средства восстановления геометрических моделей по результатам обмера изделий. Система *MPDM-PDM* — система, реализующая документооборот технической подготовки производства, и мощная PDM — система *SmarTeam*, состоящая из множества блоков-шаблонов для различных предметных областей и средств для разработки новых бизнес-шаблонов.

Фирма «Surfware Ink.» (США) представляет PC-ориентированную CAD/ CAM-систему *SURFCAM*. Это система компьютерного проектирования и подготовки производства, она используется при двухмерном и трехмерном проектировании, конструировании, создании фасонных образующих литейных форм, раз-

работке программ для станков с ЧПУ. Поддерживает CNC-программы для многокоординатной фрезерной, токарной, электроэрозионной, лазерной, плазменной обработки, для водорезных машин. Система оптимизирована по скорости, защищена от сбоев, совместима с основными CAD/CAM-форматами, легко обновляется до более мощных *SURFCAM*-систем (<http://www.surfware.com>, <http://www.emt.ru>). Интегрированное средство проверки управляющих программ *SURFCAM* использует технологию *Predator Virtual CNC* и выполняет имитацию и наглядную визуализацию процесса обработки детали для 2-, 3-, 4- и 5-координатной фрезерной и токарной обработки. Расширенный вариант — *Verify Plus* — включает выполнение проверки непосредственно в кодах системы ЧПУ, разнообразные методы и режимы отображения процесса обработки, сравнение STL-моделей обработанной и спроектированной детали.

Фирма «Delcam plc» (Великобритания) уверенно занимает передовые позиции на мировом рынке среди фирм-поставщиков комплексных САПР конструкторско-технологического назначения (<http://www.delcam.ru>, delcam.com). На примере модулей ПО фирмы можно рассмотреть назначение и специфику тех или иных программных пакетов, обычно составляющих комплексные САПР, а также их использование для конкретных работ.

Программное обеспечение *Delcam* применяется в различных отраслях промышленности, включая автомобильную и аэрокосмическую, машиностроение и энергетику, производство изделий из пластмасс, стекла, керамики, резинотехнических изделий, а также различной упаковки; для задач, начиная с концептуального дизайна и заканчивая изготовлением мастер-моделей и технологической оснастки. Программ-

ный продукт Delcam рiс. имеют как пользователи организации более чем в 40 странах мира.

Семейство программ Power Solution является одним из лучших в группе систем среднего уровня, оно охватывает все этапы производственного цикла и сочетает в себе полный набор функций по моделированию, механообработке и контролю точности с новейшими технологиями в области пользовательского интерфейса. В результате применения этих новейших компьютерных технологий сокращается трудоемкость, упрощается процесс проектирования и подготовки производства, повышается качество готового изделия и оснастки, а следовательно, конкурентоспособность выпускаемой продукции. Каждый продукт в Power Solution сфокусирован на специфических задачах конструирования, производства и контроля сложных изделий и является оптимальным решением в своей области.

Все программные продукты, входящие в семейство Power Solution, интегрированы между собой и имеют схожий интерфейс. Каждый продукт в Power Solution может быть использован независимо, чтобы решить конкретную задачу подготовки производства с дополнениями, например, добавить возможность программирования для высокоскоростной обработки или расширить существующие возможности моделирования для более сложных изделий. Power Solution позволяет также комбинировать различные элементы набора, чтобы получить интегрированный пакет. Такой пакет может удовлетворить сегодняшние нужды предприятия и в то же время может быть модернизирован в соответствии с возрастающими запросами.

Система Power Solution в качестве основных компонентов включает в себя ряд программных продуктов: пакеты *PowerSHAPE*, *PowerMILL*, *CopyCAD*, *PowerINSPECT*, *ArtCAM*, *PS-Team* и др. Все эти программные

продукты интегрированы между собой. Для проектирования и моделирования основным пакетом является CAD-система *PowerSHAPE*, а для разработки УП для оборудования с ЧПУ — система *PowerMILL*. Весь процесс работ в системе Power Solution может быть разделен на четыре этапа.

Первый этап — ввод и подготовка данных. Здесь имеется несколько возможностей. На вход системы Power Solution может быть подана электронная модель изделия (детали) из другой CAD-системы. Имеющийся модуль PS-Exchange обеспечивает преобразование данных между разными форматами: на входе — UG (Unigraphics), ProE (Pro/ENGINEER), Cimatron, CATIA, STEP, VDA-FS, IGES, DGK, Parasolid, SolidEdge, SolidWorks, SDRC (I-Deas), PowerSHAPE. на выходе; IGES, Parasolid XT, Delcam DGK, Delcam DMT, STEP.

Чертеж и эскиз также могут являться основой для непосредственной работы в системе PowerSHAPE. Эти элементы могут быть введены в систему вручную, либо (если имеется их электронная версия) — через DXF-интерфейс. Естественно, входные документы могут быть дополнены фантазией конструктора, дизайнера. В системе PowerSHAPE можно работать и без входных документов, просто конструируя изделие по возникающим идеям. Прототип в виде макета, готовой детали, натурального образца используется после его измерения — оцифровки. Если измерение ведется методом контактного сканирования с помощью контрольно-измерительной машины (КИМ) типа «рука», то для передачи точек сканирования в PowerSHAPE используется подпрограмма PS-Arm. Для построения компьютерной модели сканируемого изделия при получении массива точек с моделей, с объемных сканеров, с копировальных станков и других систем оцифровки используется мощная программа CopyCAD.

Рисунок, эскиз, мысль художника являются входными элементами в систему ArtCAM. Система блестяще справляется с задачей преобразования плоского рисунка в рельеф. В эту же систему, используя модуль ArtRead, можно передать данные импортируемых рельефов (оцифровку), полученные с измерительных машин или лазерных сканеров. В системе ArtCAM можно и просто нарисовать любой рисунок для использования его как основы для создания профиля.

Второй этап работ в системе программ Power Solution (см. рис. 9.13) обеспечивает создание трехмерной компьютерной модели (рис. 9.15-9.19). Система PowerSHAPE позволяет проектировать изделия с геометрией *любой сложности* и готовить их для передачи в САМ-систему, предлагая широкий спектр решения конструкторских задач.

Философия PowerSHAPE — просто создать, легко изменить — основывается на удачном сочетании двух разных технологий моделирования — поверхностной и твердотельной. Данные технологии позволяют создать собственную модель изделия или, получив геометрию из другой системы моделирования, модифицировать и дополнить ее. Мощность поверхностного моделировщика и легкость в использовании твердотельного делают PowerSHAPE идеальной средой моделирования для конструктора. Конструкторам, решающим индивидуальные нетрадиционные задачи производства, будет полезна такая немаловажная особенность PowerSHAPE, как наличие командного языка. Пакет обладает современным пользовательским интерфейсом, используя такие элементы, как контекстное меню и интеллектуальный курсор, и является наиболее оптимальным инструментом для проектирования изделий как с простой, так и со сложной геометрией.

В PowerSHAPE может работать и технолог. Он

получает возможность модифицировать созданную конструктором модель изделия, исправить дефекты модели, построенной в другой CAD-системе, получить окончательную модель изделия с учетом особенностей технологии производства и спроектировать оснастку. «Технологическое» окрашивание модели по радиусу инструмента и по штамповочному углу значительно упрощает анализ технологичности полученной модели и позволяет своевременно внести необходимые коррективы. В PowerSHAPE легко и удобно создавать как простые элементы модели, так и сложные, такие как поверхности свободной формы. Система позволяет вносить в модель сложные галтельные переходы, различные скругления, штамповочные уклоны и др., что потом учитывается при генерации УП. Особое внимание уделено автоматическому построению линий и поверхностей разъема, а также разбиению модели на рабочие поверхности матрицы и пуансона.

Модуль PS-Draft, который входит в пакет PowerSHAPE, делает возможным создание чертежей изделия исходя из трехмерной модели. Система автоматически генерирует виды чертежей, автоматизирует создание дополнительных разрезов и сечений, позволяет выполнить штриховку и проставить размеры, нанести на чертеж технические требования. В результате конструктор получает полный чертеж изделия, ассоциированный с трехмерной моделью.

Модуль PS-Render создает фотореалистичное изображение из 3D-моделей. Это незаменимый инструмент дизайнера. Имеется обширная библиотека материалов, задаются параметры освещения и

характеристики материала, различные сцены, что позволяет оптимальным образом представить результат заказчику, своевременно выпустить рекламные материалы.

Модуль PS-Moldmaker — это модуль трехмерного моделирования и изготовления пресс-форм, предназначенный для конструкторов пресс-форм. Модуль позволяет быстро и эффективно создавать сложные трехмерные сборки пресс-форм на базе стандартных каталогов HASCO, DME, DMS, EOC и других каталогов нормализованных элементов. Он позволяет использовать и заданные пользователем нестандартные компоненты пресс-форм. Подготовленные модели затем могут быть переданы в систему PowerMILL для подготовки УП для станков с ЧПУ.

Составной частью PS-Moldmaker является программа Die Wizard, которая позволяет: автоматически определять линии разъема, создать поверхности разъема, матрицу и пуансон. Ассоциативные чертежи пресс-форм (основные виды и детализировка) могут быть получены в *PS-Draft* полуавтоматически.

Для пользователей, не использующих вышеперечисленные каталоги, предлагается решение на базе пакетов PowerSHAPE и PS-Draft и чертежной системы КОМПАС российской фирмы «АСКОН». Это позволяет создавать конструкторскую документацию по российским стандартам, используя различные базы данных нормализованных элементов, созданные в соответствии с требованиями стандарта.

Модуль PS-Electrode позволяет создавать в полуавтоматическом режиме компьютерные модели электродов для эрозионной обработки и передавать их для изготовления в систему PowerMILL.

Система PS-Team — это система организации коллективной работы над проектами. *PS-Team* — сетевое программное обеспечение для поддержки связи через Интернет между группами людей одного или нескольких предприятий. Оно дает возможность быстро организовать рабочую группу и обеспечить взаимодей-

ствие между подразделениями вне зависимости от того, насколько далеко они расположены друг от друга.

Программный пакет ArtCAM Pro позволяет решать задачи создания художественно-графических рельефов и нанесения их на изделие (спроектированное, например, в CAD-системе PowerSHAPE или полученное в системе реверсивного инжиниринга *SorusCAD*), генерировать УП для станков с ЧПУ на эти свехсложнейшие рельефы, созданные с его же помощью.

В пакет *ArtCAM Pro*. встроены дополнительные модули: *ArtEmboss* — для работы с черно-белым полутоновым изображением; высота рельефа автоматически устанавливается в соответствии с уровнем градации серого цвета. Используется для формирования рельефов по фотографиям и полутоновым рисункам. *ArtSurface-IGES*-интерфейс используется для нанесения рельефного изображения или текстуры на изделие, созданное в CAD-системе. Поверхность преобразуется в рельеф, на который средствами *ArtCAM* наносится изображение или текстура. *ArtSTL* — модуль экспорта рельефов в формат STL для передачи в *PowerMILL* или в системы быстрого прототипирования. *ArtRead* — преобразование данных сканирования в объемный рельеф. Изделия, выполненные художником (например, из гипса или другого материала), сканируются на лазерном или контактном 3-х мерном сканере и помещаются в общую композицию, созданную в *ArtCAM*.

Программа SorusCAD обеспечивает в системе удачное решение актуальнейшей для современного производства задачи — реверсивного инжиниринга, то есть воспроизведения (с модификацией и без нее) уже существующих изделий, элементов и т. д. Пакет *SorusCAD* представляет собой мощную и чрезвычайно простую в использовании систему преобразования данных оцифровки натурального об- разца, полученных с ко-

ординатно-измерительной машины или объемного сканера, в компьютерную модель. Система предоставляет широкий набор средств для автоматического создания поверхностей из оцифрованных моделей. Данные оцифровки после редактирования (удаления шумов и учета диаметров измерительных щупов) преобразуются в триангулированную и далее в поверхностную модель. При этом поверхности генерируются в пределах заданной погрешности и, в случае необходимости, обеспечивается гладкое сопряжение примыкающих поверхностей по их границам. *Модули PS-Surfacер, Wrap* содержат дополнительные средства редактирования поверхностей, созданных в *СоруCAD*, нанесения на эти поверхности рельефов из системы *Art-CAM* и результатов сканирования (например, после внесения изменений в натуральный образец).

Завершением работ второго этапа может быть передача разработанной компьютерной модели на инженерный анализ (например, в системы типа *ANSYS* или *DesignSpace*) или машины быстрого прототипирования для изготовления натурального макета. Машины быстрого прототипирования читают компьютерные модели в формате *STL*, которые напрямую экспортируются из систем *PowerSHAPE* и *ArtCAM*. Кроме того, в семействе *Power Solution* имеется модуль *TRIFIX*, который позволяет отредактировать модель в формате *STL*: найти и исключить дублирование, нахлест, зазоры в треугольниках и перестроить модель в соответствии с требованиями дальнейшего ее применения.

Модуль TRIFIX предназначен для подготовки данных для установок быстрого прототипирования и подготовки моделей для конечно-элементного анализа.

Система тотального моделирования — *Total Modelling* — является своего рода интегральной. Она позволяет вставлять в *CAD*- модели логотипы и стили-

зованные элементы, наносить текстуры и другие декоративные украшения, обеспечивая построение CAD-моделей независимо от формата исходных данных.

Концепция Total Modelling выходит за рамки стандартных методов поверхностного и твердотельного моделирования, объединяя возможности различных программ семейства Power Solution в уникальную интегрированную среду для дизайна, моделирования, обратного инжиниринга и работы с фасетными моделями. Такое объединение позволяет легче и быстрее создавать новые продукты, поскольку исчезают многие ограничения стандартных CAD-систем. В рамках подхода Total Modelling в CAD-системе PowerSHAPE можно работать непосредственно с триангулированными (фасетными) моделями, включая рельефы системы ArtCAM и модели системы обратного инжиниринга CopyCAD, встраивая их в поверхностные или твердотельные CAD-модели.

Третий этап — подготовка УП для оборудования с ЧПУ (см. рис. 9.14). Основой для работ этого этапа является программный модуль PowerMILL или его упрощенная версия — PowerMILL Express. Можно также использовать программу Feature CAM, обеспечивающую дополнительные возможности в подготовке УП, в том числе на токарных и токарно-револьверных, фрезерно-сверлильных и проволочно-вырезных электроэрозионных станках.

Пакет *PowerMILL* предлагает технологу неограниченные возможности и гибкость в получении эффективных и точных программ для станков с ЧПУ, в том числе и для высокоскоростной обработки. Особенно это важно при подготовке УП для 3...5-координатной обработки, когда задача разработки УП практически невыполнима без применения специального программного обеспечения. Система проста в использова-

нии, ее легко изучить даже в условиях производственных цехов. Она имеет легкий и удобный в использовании интерфейс, ее можно устанавливать на компьютерное оборудование непосредственно в цеху, рядом со станком, и специалист может контролировать процесс изготовления до начала реальной обработки в цеховых условиях, увидев имитацию процесса съема металла на экране монитора.

Для получения траектории инструмента пользователю необходимо лишь заполнить появляющиеся после нажатия соответствующей кнопки-пиктограммы экранные формы (выбор модели, выбор заготовки, выбор инструмента и т. д.). Таким образом, выполняется весь набор действий технолога при расчете УП: от загрузки геометрической модели обрабатываемого изделия до визуализации процесса механообработки на экране компьютера, позволяющей выполнить тщательную проверку траектории и исключить появление ошибок на стадии станочной обработки.

Система PowerMILL поддерживает различные варианты стратегий черновой и чистовой механообработки различными типами фрез (торцевыми, шаровыми, коническими, грибовыми и др.). К примеру, набор стратегий чистовой обработки включает в себя: обработку по спирали, обработку слоями по Z , радиальную обработку, обработку по растру под любым углом и т. д. Исключительно высокая скорость вычислений позволяет быстро получить несколько вариантов обработки с различными стратегиями и различной комбинацией инструментов, а затем сравнить и выбрать наилучший из них. Система автоматически вычисляет длину траектории инструмента и время механообработки.

Значительно повышают эффективность работы технолога-программиста такие возможности пакета, как автоматическая за- чистка углов и доработка

недоработанных областей инструментом меньшего радиуса, выбор стратегии обработки карманов, сшивание отдельных фрагментов траектории в единую траекторию движения инструмента. Широкий набор функций, вызываемых из меню, позволяет минимизировать время расчета УП и повысить качество механообработки, уменьшить необходимость ручной доработки и свести к нулю вероятность зарезания и других видов брака.

Модель изделия может быть импортирована в PowerMILL как из Power-SHAPE, так и из *любой другой CAD-системы*, так как он имеет прямые интерфейсы с системами Unigraphics, CATIA, CADDS 5, Pro/Engineer и др., кроме того, работает с данными в форматах IGES, VDA, STL и SAT. Применение в PowerMILL современной технологии передачи объектов OLE4DM делает возможной передачу компьютерной модели из CAD-систем, поддерживающих эту технологию, напрямую, минуя интерфейсы.

Простой, Windows ориентированный интерфейс пользователя, динамическая 3D-графика и визуализация процесса обработки повышают производительность труда технолога и делают систему легкой в освоении и эксплуатации. Блестящие возможности PowerMILL как CAM-продукта привели к тому, что многие фирмы и предприятия, решая задачи конструирования в имеющихся у них CAD-системах, технологические работы с получением УП для оборудования с ЧПУ ведут с применением PowerMILL.

Модуль PowerMILL Express является облегченной версией PowerMILL, он не включает в себя некоторые возможности основного модуля.

Модули SplineMILL и PS-Optifeed являются особыми (пионерскими) программами, позволяющими вести подготовку УП для высокоскоростных станков, поддерживающих обработку по сплайну. Процесс вы-

сокоскоростного резания имеет большие особенности, и обработка деталей при его применении требует особого подхода в разработке УП для оборудования. Модуль PS-Optifeed является программой оптимизации подачи исходя из условий резания.

Модуль PM Post в системе PowerMILL отвечает за вывод УП для станков с ЧПУ в соответствии с назначенным постпроцессором. При необходимости модуль позволит быстро создать новый постпроцессор, если его нет в прилагаемой к системе БД постпроцессоров.

Модуль PowerMILL AutoCAM является одной из новейших разработок в области автоматизации работ по механообработке изделий сложной геометрии. Система, построенная по принципу базы знаний, анализирует загруженную геометрию изделия и в автоматическом режиме выбирает все параметры обработки (заготовка, инструмент, стратегии и т. д.). Пользователь может либо согласиться с предложенным системой вариантом обработки, либо отредактировать результат. Применение этой системы позволяет многократно повысить эффективность применения *PowerMILL*, особенно при обработке деталей с большим числом карманов или однотипных зон обработки.

Программа *Feature CAM* (Delcam USA) позволяет построить или импортировать деталь, идентифицировать элементы детали (отверстия, карманы, пазы, поверхности фрезерования и т. д.), создать и симулировать процесс обработки, в том числе с привлечением твердотельных моделей станков и их элементов, сгенерировать траекторию обработки и УП для различных видов обработки: токарной, токарно-револьверной, токарно-фрезерной, фрезерно-сверлильной и электроэрозионной. При этом ряд задач — выбор инструмента, вычисление элементов режимов резания, определение черновых и чистовых операций и др. — решаются

автоматически.

Четвертый этап является завершающим в цикле всех работ. Он может быть открыт проверкой разработанной УП с помощью модуля *ViewMILL* — модуля *графической имитации* (визуализации) фрезерования и сверления. Он позволяет еще раз проверить созданные траектории до того, как УП попадет на станок. При проверке высвечиваются быстрые перемещения инструмента и зоны, где возникают столкновения или касания державки инструмента с заготовкой, определяются необработанные данным инструментом участки и многое другое. Если в УП обнаружено столкновение, то *PowerMILL* разделит траекторию на две траектории — одну без столкновения и вторую только в зоне столкновения. Далее будет предложено использовать более длинный инструмент для исключения столкновения. Естественно, что по результатам контроля УП может быть просто отредактирована.

Изготовленная по разработанной УП деталь в ряде случаев подвергается контролю, в нормальных условиях автоматическому или полуавтоматическому на каком-либо контрольно-измерительном устройстве. *Пакет PowerINSPECT* в семействе *Power Solution* ориентирован на контроль изделий со сложной геометрией (например, формообразующих поверхностей технологической оснастки, особо сложных деталей), когда традиционные методы контроля точности изготовления изделий в машиностроении практически не применимы. Контроль точности изготовления изделия в *PowerINSPECT* осуществляется путем сравнения готовой детали с имеющейся ее CAD-моделью, подготовленной в таких пакетах, как *PowerSHAPE*, *Solid-Works* и др. в форматах *IGES*, *VDA*, *SET* и др. Система работает в комплексе с координатно-измерительной машиной или манипулятором типа «рука» с контактным дат-

чиком. Пакет имеет интерфейсы к большому числу координатно-измерительных машин (КИМ) и манипуляторов. Внутри PowerINSPECT содержится большая база измерительных датчиков (проб).

С помощью PowerINSPECT можно проверить точность размеров на плоскости, линейных размеров, а также точность расположения точек на криволинейной поверхности. Достоинством системы является простота работы, наглядность и интуитивность интерфейса. Используя CAD-модель как шаблон система помогает произвести быстрое и точное базирование детали на рабочем столе КИМ, используя либо позиционирование по шести степеням свободы (плоскость— линия— точка), либо свободное позиционирование по любому числу точек (больше шести). Кроме того, PowerINSPECT позволяет выполнять следующие действия по CAD-модели: поворот, масштабирование, зеркальное отображение, офсет.

Таким образом, одна компьютерная модель может использоваться для контроля целого семейства изделий одной геометрии, но разных типоразмеров. Сама же проверка производится быстро и эффективно по любому числу точек на поверхности с учетом диаметра пробы, причем все эти точки вместе с информацией об их точности отображаются на экране монитора в режиме реального времени в графической или/и текстовой форме. При проведении контроля сразу же проводятся систематизация погрешностей изготовления изделия и компенсация систематических погрешностей базирования заготовки. По данным измерений строится график погрешностей изделия.

Отчетная документация представляет собой комплекс табличных, графических и пиктографических данных в стандарте ISO 9002, сгенерированных с максимальным удобством для пользователя. Генератор

отчетов, интегрированный с *Microsoft Excel*, обладает гибкими средствами настройки, что позволяет перенастроить его под другой стандарт.

Компания «АСКОН» (Россия) является разработчиком систем автоматизированного проектирования КОМПАС, успешно эксплуатируемых на множестве предприятий России и СНГ и используемых в обучении более чем 250 учебными заведениями в различных регионах страны.

Система КОМПАС, особенно последней версии, это новое поколение высокоэффективной конструкторской графики с совершенными технологиями проектирования и инструментальными средствами, которые отвечают самым современным требованиям. Она одинаково удобна для машино- и приборостроения, строительства и архитектуры. Высокие потребительские качества, полная *поддержка отечественных стандартов* и приемлемая стоимость делают выбор в ее пользу естественным даже для небольших предприятий. Новейшие технологии моделирования, конструирования и выпуска чертежно-конструкторской документации, реализованные в КОМПАСе, позволяют резко сократить сроки разработки новой продукции, повысить ее качество и конкурентоспособность. Состоит система из ряда программных пакетов-модулей (<http://www.ascon.ru>, www.kompas-edu.ru).

Система КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных параметрических моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как типичные, так и нестандартные, уникальные конструктивные элементы. Параметризация позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Система КОМПАС-3D позволяет исполнять 3D-модели по различным схемам.

Модель сборки является отдельным типом до-

кумента системы КОМПАС. Сборка состоит из отдельных деталей и подборок (которые, в свою очередь, также могут состоять из деталей и подборок). Проектирование сборки ведется «сверху вниз»: каждая новая деталь моделируется на основе уже имеющихся деталей (обстановки) с использованием параметрических взаимосвязей. Детали и подборы могут создаваться непосредственно в сборке или вставляться в нее из существующего файла. Кроме разработанных пользователем (уникальных) моделей компонентами сборки могут быть стандартные изделия (крепеж, опоры валов и т. д.), библиотека которых входит в комплект поставки системы.

Система КОМПАС-ГРАФИК предназначена для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности, где необходимо разрабатывать и выпускать графические и текстовые документы (эскизы, чертежи, схемы, плакаты и т. д.). Одной из самых сильных сторон *КОМПАС-ГРАФИК* является полная поддержка ЕСКД. Автоматически выполняются простановка допусков и подбор качества по заданным предельным отклонениям. Использование различных параметрических библиотек (например, машиностроительная библиотека системы содержит более 200 параметрических изображений типовых машиностроительных элементов — подшипников, профилей, элементов крепежа и др.) существенно ускоряет и облегчает разработку чертежей. КОМПАС-ГРАФИК поддерживает технологию OLE, поэтому можно легко вставить созданные чертежи в документы других приложений Windows (например, в Word или Excel). Следует отметить хорошие возможности пакета КОМПАС-ГРАФИК для разработки УП для оборудования с ЧПУ. Пакет используется как электронная версия САП, позволяя достаточно просто формировать на экране

монитора компьютера обрабатываемые контуры детали, нужные траектории и т. п. После вызова постпроцессора на ПК формируется необходимая УП.

Пакет КОМПАС-МАСТЕР — это полноценная среда для разработки пользовательских приложений (пользовательские библиотеки). Средства разработки приложений — это набор динамически подключаемых библиотек (DLL), которые можно использовать из любой стандартной системы программирования для Windows на языках C/C++ , Delphi, Visual Basic. Система включает широкий набор графических функций для формирования чертежей, построения пользовательского интерфейса, обработки данных, а также для ведения конструкторских баз данных.

Система КОМПАС-АВТОПРОЕКТ является одной из систем в комплексе КОМПАС, автоматизирующих различные этапы технологической подготовки производства. В состав данного интегрированного программного комплекса входят подсистемы проектирования технологии: механообработки, штамповки, сборки, сварки, термообработки, покрытий, нормирования трудоемкости технологических операций, расчета норм расхода материалов, процедуры анализа технологических процессов, позволяющие рассчитывать суммарную трудоемкость изготовления деталей и узлов, определять материалоемкость и себестоимость изделия.

Система КОМПАС-ЧПУ обеспечивает автоматизированное проектирование УП для станков с ЧПУ различных классов. К ним относятся:

- станки сверлильно-фрезерно-расточной группы и обрабатывающие центры;
- электроэрозионные станки;
- токарное оборудование;
- станки для газовой, лазерной и плазменной резки;

— гравировальные станки.

Программирование осуществляется путем последовательного задания так называемых технологических блоков. Каждый блок представляет собой типовой набор технологических действий (например, «сверление группы отверстий» или «фрезерование занижения»). Обработка в блоке может выполняться несколькими инструментами (например, последовательное черновое и чистовое фрезерование поверхности различными фрезами). КОМПАС-ЧПУ осуществляет автоматический расчет технологических режимов обработки с учетом характеристик инструмента и обрабатываемого материала. Режим графического контроля дает возможность просматривать на экране реалистическое изображение траектории движения инструмента при обработке. Наряду с УП технолог может получить карту наладки станка с ЧПУ и расчетно-технологическую карту. Система включает широкий набор готовых постпроцессоров для различных моделей систем ЧПУ. В КОМПАС-ЧПУ имеется инвариантный постпроцессор, который можно настраивать на обслуживание различного оборудования.

САПР раскроя листового материала ИНТЕХ для DOS предназначена для автоматизации формирования карт раскроя листового материала и получения УП для машин термической резки с ЧПУ в заготовительном производстве.

Программно-технические средства прямого управления станками с ЧПУ предоставляют следующие технологические возможности:

— передачу УП из архива центральной ПЭВМ на цеховой IBM PC или на УЧПУ станка по запросу оператора с пульта подключаемого к УЧПУ станка контроллера;

— обратную передачу УП из устройства управ-

ления станка в архив на цеховом компьютере;

— ведение протокола взаимодействия со станками;

— графический контроль и редактирование программ на цеховой IBM PC;

— постпроцессирование УП из инвариантного кода, формируемого в основных известных CAD/CAM-системах, в коды определенных систем управления станков с ЧПУ;

— репроцессирование УП, перевод из кода определенной системы управления в инвариантный код, для последующего постпроцессирования в коды других систем управления;

— гладкую аппроксимацию траектории движения инструмента из ломаной (по выбору) совокупностью окружностей, спиралей или сплайнов, включая участки перехода между строками обработки;

— автоматическое деление УП на сегменты по заданному условию;

— наглядное отображение управляющих программ.

Компания «Consistent Software» (Россия) предлагает современное высокотехнологичное программное обеспечение для всех областей проектирования: машиностроения, архитектуры, строительства и т. д. (<http://www.csoft.ru>). Компания представляет на российском рынке весь спектр программного обеспечения фирм «Autodesk», «Unigraphics» и др. для различных видов деятельности и разрабатывает определенные программные продукты, среди которых особо следует отметить *программы серии Raster Arts* для работы со сканированной графикой. Это профессиональные средства для коррекции, редактирования и векторизации сканированных изображений технического назначения — чертежей, планов, схем, топографи-

ческих и картографических материалов. Программы, входящие в серию Raster Arts: *Spotlight ISpotlight Pro* (гибридный редактор и векторизатор, независимое приложение для Windows 98/NT/2000), программа *RasterDesk/RasterDesk Pro* (растровый редактор и векторизатор, приложение для AutoCAD), *RasterID* (программа для перевода бумажного архива в электронный вид); *RasterCS* (программа для создания растровых копий документов).

Серия программных продуктов *CS*, разработанная в соответствии с российскими стандартами на базе AutoCAD/ AutoCAD LT, включает в себя следующие программы: *Mechanics* — для оформления машиностроительных чертежей; *OutdoCS, OutdoCS PDM, OutdoCS View* — для организации электронного документооборота; *Technologies* — для технологической подготовки производства, включающая автоматизированную систему подготовки технологических процессов; *ElectriCS* — для проектирования электрооборудования машин на базе релейно-контактной аппаратуры; *Hydraulics* — для проектирования гидравлического и пневматического оборудования машин; *GeomatiCS* — для решения инженерных задач, *СПДС Graphics* — для оформления строительных чертежей в соответствии с требованиями СПДС и др.

Компания «OMEGA ADEM TECHNOLOGIES Ltd» (Россия) представляет си

стему *CAD/CAM ADEM* среднего или легкого уровня в зависимости от комплектации (<http://www.armspb.ru>). Система в равной мере оперирует с разнородными объектами: плоскими и объемными моделями, технологическими конструктивами (колодец, паз, поверхность и др.), технологическими операциями, технологическими стратегиями, технологическими параметрами (коррекция, засверлива-

ние, врезание и др.), технологическими маршрутами и др.

Система CAD/CAM ADEM — интегрированная система, условно разделенная на три основных модуля:

- *ADEM CAD* (конструкторская часть) — универсальный 2D&3D-редактор, обеспечивающий как выпуск конструкторской документации, так и трехмерное твердотельное и поверхностное моделирование, математическим ядром которого является ACIS последнего поколения;

- *ADEM CAM* (технологическая часть) — подготовка управляющих программ для плоскостной и объемной (до 5х) обработки деталей;

- *ADEM TDM* — подготовка полных комплектов конструкторской и технологической документации.

Модуль ADEM CAD является частью системы, объединяющей в едином конструкторском пространстве следующие методы геометрического проектирования:

- плоское двухмерное моделирование;

- черчение и оформление конструкторской документации;

- твердотельное пространственное моделирование;

- поверхностное моделирование;

- подготовку геометрической модели для механообработки, включая автоматический пересчет размеров на середину ширины поля допуска.

Модуль ADEM CAM является частью интегрированной системы и включает ряд подсистем, совместно функционирующих в едином технологическом пространстве: подготовку управляющих программ (УП), динамическое моделирование процесса обработки, генерацию постпроцессоров, библиотеку готовых постпроцессоров, подсистемы листопробивки, электроэрозии, токарной обработки, фрезерования и др.

Модуль ADEM TDM предназначен для автоматического формирования комплектов конструкторской и технологической документации в формате, определяемом пользователем.

АО «СПРУТ-Технология» (Россия) предлагает программу CAD/CAM/CAE, состоящую из нескольких программ-модулей, объединенных в единый комплекс ([http:// www. sprut.ru](http://www.sprut.ru)).

Программа *SprutCAD* — открытая среда конструкторского проектирования, включающая в себя двухмерный графический редактор и систему параметрического моделирования.

Программа *SprutTP* — система автоматизированного проектирования технологических процессов.

Программа *SprutCAM* — система разработки управляющих программ для станков с ЧПУ с прикладными конструкторскими и технологическими САПР, разработанными с использованием инструментальной среды *Sprut*.

Программа *SprutNCTuner* — система контроля и окончательной доводки управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ.

Программа *RhinoCeros* — система концептуального 3D-проектирования и моделирования.

Научно-технический Центр АПМ (Россия) представляет систему автоматизированного расчета и проектирования машин, механизмов и конструкций *APM WinMachine*, состоящую из целого ряда программ - модулей ([http:// www. arm. ru](http://www.arm.ru)).

В состав системы входит параметрический чертежно-графический редактор, информационная и графическая база данных, электронный учебник, модули инженерных расчетов (деталей машин и элементов конструкций, передач вращения, валов, подшипников, пружин, зубчатых колес, кулачковых механизмов,

винтовых пар и др.), инструменты для расчета напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов (в частности, модуль создания трехмерных поверхностных и твердотельных моделей со встроенным генератором разбивки на конечные элементы), средства анализа динамического состояния механических конструкций и их устойчивости и др. Система позволяет в конечном итоге выполнить многообразный комплекс вычислений и в полном объеме подготовить конструкторскую документацию, в случае необходимости используя возможности экспорта и импорта графической и расчетной информации.

Фирма «ANSYS, Inc.» (США) является разработчиком универсального «тяжелого» конечно-элементного пакета *ANSYS* и программных продуктов на его основе (<http://www.ansys.com>, www.emt.ru). Программное обеспечение *ANSYS* используется для выполнения самых различных расчетов во всех отраслях промышленности. Сочетание аналитических расчетов *ANSYS* при работе с различными CAD-системами дает возможность проанализировать поведение разрабатываемых конструкций на этапе их проектирования под воздействием рабочих нагрузок и внешних условий.

Известны и другие CAD/CAM-, CAE-системы. Все они решают свойственные им задачи по автоматизации проектирования, подготовки производства, включая технологические задачи.

6. Прототипирование

Разрабатывая современные изделия массового потребления (от автомашин до упаковки), на стадии проектирования создатели уже сталкиваются с необходимостью визуальной оценки их внешнего вида, правильности конфигурации, собираемости с комплектующими деталями, оценкой возможности сбыта (предварительная реклама) и прочими вопросами, решение которых требует наличия реальной модели (прототипа) изделия. Такую модель в ряде случаев необходимо иметь в одном-двух экземплярах, но крайне желательно, чтобы модель была похожа (близка) на свою компьютерную разработку как по внешнему виду, так и по точности.

6.1. Общие схемы получения прототипов

Традиционные способы изготовления моделей (например, из дерева в модельном цехе) трудоемки, требуют модельщиков высокой квалификации, обладают низкой точностью и неповторяемостью при воспроизведении. Современное производство имеет эффективные методы и оборудование для изготовления не только прототипов — единичных изделий, но и опытных партий разработанных изделий, особенно если это относится к изделиям из пластмассы.

В общем случае технология быстрого создания прототипов состоит из двух основных этапов:

- 1) получение математической трехмерной (3D) модели изделия;
- 2) изготовление прототипа изделия одним из известных методов.

Математическое моделирование. Получение прототипа начинается с создания математической

(электронной) трехмерной модели, которая может быть получена построением с использованием CAD-программ трехмерной графики или введена с объемного сканера при наличии оригинала. После сканирования модель должна быть обработана с помощью какой-либо программы (например, программы CopyCAD в системе Power Solution фирмы «Delcam»), чтобы получить законченную 3D-модель. Далее эта модель посылается по двум направлениям: в систему подготовки УП (например, в систему Power MILL) и на прототипирование (если это необходимо).

Работы первого направления завершаются подготовкой УП для оборудования с ЧПУ, а для прототипирования 3D-модель должна быть обработана. Специальные программные модули CAD-систем (например, модуль CopyCAD Digitise в системе Power Solution фирмы «Delcam») возвращает (придает) 3D-модели сеточный вид и представляет ее в так называемых STL-файлах (в STL-формате). В этих файлах внешние и внутренние поверхности модели аппроксимируются треугольниками (триангулируются). Качество поверхностей полученной модели во многом зависит от величины допуска на аппроксимацию. Как правило, для обеспечения хорошего качества достаточно величины допуска $A = 0,1$ мм. Полученное описание поверхности модели записывается в файл.

Формат STL (Stereolithography Text Language) файла, первоначально разработанный для процесса стереолитографии, в последующем был принят за основу для других процессов послойного синтеза. В настоящее время формат STL является графическим стандартом представления данных о модели для систем быстрого прототипирования. В основе лежит метод трехмерной триангуляции поверхности модели, которая осуществляется треугольниками и может

быть сглажена геометрическими фигурами более высокого порядка, за счет чего достигается высокая точность и воспроизводимость синтезируемой поверхности.

В CAD-системе обычно существует и программный модуль (например, Trifix в системе Power Solution), с помощью которого сеточная SD-модель в STL-формате может быть (перед передачей в систему прототипирования) отредактирована и исправлена. После указанных работ возможно получить прототип разработанной ЗБ-модели.

Первый вариант - традиционный - механическая обработка деревянной или пластмассовой заготовки (легкий металл) на оборудовании с ЧПУ по имеющимся УП; второй вариант — передача ЗД-модели изделия в STL-формате на установку быстрого прототипирования RP (Rapid Prototyping) для синтеза.

Механическая обработка. Это наиболее простой и известный метод, в котором ручной труд моделировщика заменен механической обработкой на трех- и более координатных станках ЧПУ с использованием УП, полученных специальными модулями и постпроцессорами программ трехмерной графики. Преимуществами этого метода являются дешевизна, использование распространенного оборудования, при применении специальных материалов — длительная геометрическая стабильность, недостатками — получение, как правило, одной поверхности изделия без поднутрений, трудность изготовления высоких и тонких ребер, острые внутренние углы, зачастую требуется обработка с нескольких установок заготовки, в ряде случаев невозможность получить требуемые внутренние полости и отверстия, сложность в ручной доводке модели, если она из металла, и т. д.

Прототип, изготовленный механообработ-

кой, может использоваться практически для любых целей: как мастер-модель под выкладку изделий из стеклопластика, получения заливочных форм для тонкостенных изделий с использованием специальных восков, контрольной сборки с другими изделиями, дизайнерских оценок и т. д. Такие прототипы, как правило, изготавливаются из древесины, однако обеспечить стабильность и точность возможно только на специальных модельных материалах. Такие материалы представляют собой смолы с подобранными наполнителями, имеют малое водопоглощение, обладают геометрической стабильностью в течение длительного времени. Материалы соответствуют санитарным нормам, а при их механической обработке образуются мелкочешуйчатая стружка и очень немного пыли. Ряд материалов позволяют получать изделия с малой шероховатостью, значительно меньшей, чем у изделий из дерева.

6.2. Технологии быстрого прототипирования

Технологии быстрого прототипирования укрупнено принято относить к методам, основывающимся на добавлении материала (в отличие от классической механообработки). Технологии принято подразделять по типу расходных материалов: жидкие, порошкообразные и листовые твердотельные.

Процессы, использующие жидкие расходные материалы, подразделяются, в свою очередь, на процессы отверждения посредством контакта с лазером, отверждения электроразряженных жидкостей или отверждения предварительно расплавленного материала.

Процессы, использующие порошкообразные материалы осуществляют скрепление частиц посредством

воздействия лазером или выборочного нанесения связующих компонентов.

Процессы, использующие в качестве расходных материалов твердотельные листовые, могут быть классифицированы по способу их соединения — лазером либо слоем адгезива.

Каждая из RP-технологий имеет свои особенности и обладает преимуществами и недостатками при решении конкретных задач. Модели-прототипы практически неограниченной сложности могут быть получены *методом послойного синтеза*. Для их создания используется специализированное оборудование. Математическая модель изделия передается в эти установки, как уже говорилось, в виде STL-файлов. Специальное математическое обеспечение установок, используя эти файлы, разбивает модель на ряд плоских параллельных сечений, отстоящих друг от друга на малое (0,05... ..0,4 мм) расстояние, определяемое требованиями установки. При этом каждое сечение исполнено с внешним и внутренним контурами. Контурные могут иметь различную сложность. Далее эти сечения последовательно, друг за другом воспроизводятся установками (как плоские объекты) из различных материалов: ламинированной бумаги, бумаги, фотополимера, полимерного или металлического порошка, полимерной нити, воска, специального силикатного песка. Последовательное соединение (наслоение) плоских объектов-сечений приводит к синтезу изделия-прототипа. Схемы установок прототипирования достаточно различны. Каждая из этих установок имеет свою сферу применимости, преимущества и недостатки.

Наиболее используемыми технологиями быстрого прототипирования являются следующие:

— стереолитография (SLA — Stereo-Lithography);

- отверждение на твердом основании (SGC — Solid Ground Curing);
- нанесение термопластов (FDM — Fused Deposition Modeling);
- распыление термопластов (BPM — Ballistic Particle Manufacturing);
- лазерное спекание порошков (SLS — Selective Laser Sintering);
- моделирование при помощи склейки (LOM — Laminated Object Modeling).

6.3. Практическое применение прототипов

Технологии быстрого прототипирования, позволяющие по электронной модели разработанного изделия получить прототип этого изделия, открывают широкие возможности в системе ТПП и резко ускоряют процесс начала выпуска новой продукции. Прототипы возможны к использованию в самых различных сферах производственной деятельности любого предприятия.

Технологии быстрого получения прототипов изделий, их визуализация предоставляют инженерам и дизайнерам свободу творчества при создании дешевых трехмерных моделей. При желании можно провести чистовую обработку поверхности прототипа, чтобы заказчики и персонал имели возможность оценить эстетические свойства продукта. Возможно представление прототипов, как экспонатов, на выставках, презентациях и других мероприятиях, связанных с представлением и рекламой новой продукции, подготовленной к производству.

Прототипы, построенные по технологиям, обеспечивающим достаточную прочность моделей (LOM, FDM, SLA), удобны в прикладных задачах, требующих

оценки *формы деталей и проверки сборки изделий*, так как все изменения можно внести в CAD-чертежи до начала производства.

Прототипы могут выступать в качестве разовых моделей для *точного литья*, если они изготовлены из материалов, выгорающих под действием высоких температур. Так как такие объекты не расширяются и не трескаются при обжиге, возможно использование традиционных методов литья, при которых модели выгорают при заполнении формы расплавленным металлом.

Прочность и жесткость прототипов делает их удобными для *вакуумного литья тонких пластмассовых компаундов* при малых и средних объемах производства. Прочность моделей, полученных по технологиям LOM, SLA, FDM, SLS, позволяет им выдерживать высокие напряжения.

Прототипы, имеющие достаточную прочность, используется для быстрого *изготовления пресс-форм* для литья по выплавляемым моделям из парафиново-стеариновых составов при малых и средних объемах производства. Для улучшения качества отливок и увеличения ресурса пресс-форм на рабочие поверхности можно нанести металлическое покрытие.

Геометрическая стабильность LOM, SLA и других моделей и свойственная им точность делают возможным их использование для *литья гипсовых форм*.

Прототипы часто используются при *литье из силиконового каучука* для получения полиуретановых или эпоксидных отливок.

Критерии оценки RP-систем и их сравнение.

Технологии RP-процессов можно сравнить по следующим критериям:

1) *размеры детали-прототипа*, которую может построить система прототипирования, ограничены

размерами «строительной камеры»; в зависимости от машины размеры моделей распределяются от 200x200x200 до 800x800x800 мм и более; однако большие детали могут быть изготовлены по частям и затем собраны в одну деталь;

2) *скорость построения модели* зависит от таких факторов, как размер детали, геометрическая сложность, используемые материалы, программное обеспечение и др., а также от принятой RP-технологии;

3) *материалы*, предлагаемые на рынке, различаются по степени прочности и качеству образуемой поверхности; в зависимости от процесса используются следующие основные материалы: полистирол, термопластик, бумага, акрил, поликарбонат, нейлон, ABS, синтетические смолы и др.;

4) *точность прототипа* (степень соответствия CAD-модели) зависит от правильности CAD-файлов, разрешающей способности RP-системы, разрешения (толщины слоев); свойств материала (смолы, например, имеют свойство коробиться или усаживаться при высыхании; другие материалы не обеспечивают достаточного качества поверхности модели для дальнейшего ее использования или имеют недостаточную прочность);

5) *стоимость* — разработчики RP-систем в последнее время ориентируются на выпуск недорогих и быстродействующих машин, снижая стоимость и увеличивая объем рабочей камеры.

Таким образом, новые технологии изготовления прототипов позволяют значительно сократить сроки изготовления моделей для визуализации, подгонки, изготовления оснастки; сократить цикл разработки; улучшить дизайн; повысить качество; снизить стоимость продукта и производства; ускорить внесение изменений в конструкцию.

Быстрое изготовление прототипов стало важнейшей частью CAD/CAM- процесса. RP-технологии позволяют пользователям за короткое время проверить данные CAD-систем. Увеличивающееся использование твердотельного моделирования обеспечивает распространение технологий быстрого получения прототипов. Повышается качество материалов и точность прототипов. Все это говорит о том, что технологии и системы быстрого прототипирования будут занимать все большее место в автоматизированном проектировании. В недалеком будущем RP-системы будут доступны любому пользователю и станут привычным инструментом конструктора и технолога, повышая качество проектирования и сокращая время выпуска новой продукции.

Сравнительный анализ обнаружил, что стоимость прототипа может составлять от 88 до 344 USD для детали размером 38x38x76 мм. Приведенные данные получены в лаборатории фирмы «Chrysler» (в методике SGC предполагалось изготовление 35 деталей за одно время, остальные данные приведены на изготовление одной детали). Для российских условий данные цифры относительно условны.

7. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства в машиностроении

Термин "реинжиниринг бизнес-процессов" ввели в 1990 г. американские ученые Майкл Хаммер и Джеймс Чампи в своей книге «Реинжиниринг корпораций».

Реинжиниринг – это фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения резких, скачкообразных улучшений в основных показателях деятельности предприятия, например, таких как конкурентоспособность, стоимость и качество продукции и услуг.

Проведение реинжиниринга напрямую направлено на повышение конкурентоспособности предприятия и выпускаемой им продукции.

Чтобы обеспечить достойное положение предприятия на рынке, важной стратегической задачей для него должно стать высокое качество, опережение конкурентов в разработке и освоении новых товаров или новой технологии.

Экономическая конкуренция – это рыночное соперничество экономически обособленных товаропроизводителей, столкновение их интересов, связанных с реализацией продукции одним и те же покупателям с целью добиться приверженности к своей продукции и получения наибольшей прибыли или дохода. Из данного определения следует, что борьба за потребителя является непременным условием существования любого предприятия в условиях рынка.

Конкурентоспособность продукции и конкурентоспособность предприятия неразрывно связаны между собой. Возможность компании конкурировать на определенном товарном рынке непосредственно зависит от конкурентоспособности товара и совокупности

экономических методов деятельности предприятия, оказывающих воздействие на результаты конкурентной борьбы.

Мы будем рассматривать реинжиниринг бизнес - процессов применительно к предприятиям машиностроительной отрасли.

Понятие "реинжиниринг бизнес-процессов" появилось в США, но в настоящее время широко применяется и для улучшения и изменения производственной деятельности современных российских предприятий.

Можно выделить три типа предприятий, для которых реинжиниринг необходим и целесообразен:

- Предприятия, находящиеся на грани краха в связи с тем, что цены на товары заметно выше и (или) их качество заметно ниже, чем у конкурентов. Если эти предприятия не предпримут решительных шагов, они неизбежно разорятся.

- Предприятия, не имеющие в текущий момент затруднений, но предвидящие неизбежность возникновения трудноразрешимых проблем, связанных, например, с появлением новых конкурентов, изменением требований клиентов, изменением экономического окружения и пр.

- Успешные предприятия, не имеющие проблем сейчас, но прогнозирующие их в будущем. Это компании-лидеры, которые активно развиваются и хотят увеличивать темпы развития в дальнейшем.

Реинжиниринг бизнес-процессов производственного предприятия ориентирован на коренную перестройку всей деятельности предприятия, а не на частичные изменения в той или иной сфере деятельности или управления.

В реинжиниринге обычно выделяют два существенно отличающихся вида деятельности:

1) **Кризисный реинжиниринг** (перепроектирование), когда речь идет о решении крайне сложных проблем предприятия, когда дела пошли совсем плохо и нужен комплекс мер для спасения предприятия от разорения;

2) **Реинжиниринг развития** (совершенствования), который применим тогда, когда дела у организации идут в целом неплохо, но ухудшилась динамика развития, стали опережать конкуренты.

Необходимость проведения реинжиниринга бизнес-процессов обуславливается спецификой современного рынка. Эту специфику можно кратко охарактеризовать в виде совокупности следующих факторов:

1. Производимая продукция перестала носить массовый характер и стала ориентироваться на удовлетворение запросов различных групп потребителей.

2. Выпуск товаров перестал быть "локальным". Производство может быть организовано во многих точках мира. Появились новые формы кооперации, когда каждый этап производства выполняется в той стране и на том предприятии, где это наиболее выгодно.

3. Резко выросла роль информационных технологий в сфере проектирования, производства и реализации продукции.

Возросшая конкуренция среди производителей и высокая степень информированности потребителей привели к тому, что изменилась сама роль потребителя – он все больше выступает в качестве заказчика, определяет вид и свойства выпускаемой продукции. Каждый вид продукции создается таким образом, чтобы удовлетворить запросы конкретной группы потребителей.

Чтобы сохранить конкурентоспособность в

этих условиях предприятия вынуждены переосмыслить формы и способы ведения своей деятельности (бизнеса). Частичные улучшения процессов деятельности (бизнес-процессов) предприятия не дают желаемых результатов и не позволяют получить конкурентное преимущество. Необходимо использовать новые подходы, которые позволят в полной мере реализовать возможности новых технологий и человеческих ресурсов. Такие подходы дает реинжиниринг бизнес-процессов.

На начальной фазе реинжиниринга необходимо ответить на фундаментальные вопросы о деятельности компании:

1) Почему компания делает именно то, что она делает?

2) Почему компания делает это таким способом?

3) Какой хочет стать компания?

Отвечая на эти вопросы, специалисты должны выявить и переосмыслить имеющиеся способы ведения производственной и коммерческой деятельности.

Фундаментальным принципом реинжиниринга является рассмотрение деятельности предприятия не с точки зрения функционирования ее структурных подразделений, а с точки зрения организации и протекания в ней бизнес-процессов.

Бизнес-процесс - это совокупность внутренних и зависимых между собой действий предприятия, конечной целью которых является выпуск продукции или отдельных ее компонентов. Под продукцией, понимают товары и услуги.

Существуют следующие *категории* бизнес-процессов:

- процессы, непосредственно обеспечивающие выпуск продукции;
- процессы планирования и управле-

ния;

- ресурсные процессы;
- процессы преобразования.

Бизнес-процесс *характеризуется*:

- существующей технологией реализации бизнес-процесса;
- существующей структурой бизнес-системы;
- средствами автоматизации, оборудованием, механизмами и т.п., обеспечивающими реализацию процесса.

Основными показателями *оценки эффективности* бизнес-процессов являются:

- количество производимой продукции заданного качества, оплаченное за определенный интервал времени;
- количество потребителей продукции;
- количество типовых операций, которые необходимо выполнить при производстве продукции за определенный интервал времени;
- стоимость издержек производства продукции;
- длительность выполнения типовых операций;
- капиталовложения в производство продукции.

Проект по реинжинирингу бизнеса обычно включает следующие четыре этапа:

1. Разработка образа будущего предприятия. На этом этапе компания строит картину того, как следует развивать свою деятельность, чтобы достичь стратегических целей.

2. Анализ существующей деятельности. Проводится исследование предприятия и составляются схемы ее функционирования в настоящий момент.

3. Разработка новой модели производственной деятельности. Разрабатываются новые или вносятся изменения в существующие процессы деятельности предприятия. Выполняется моделирование и тестирование новых процессов.

4. Внедрение новых видов деятельности. На этом этапе новый проект внедряется в производство.

Перечисленные этапы выполняются не последовательно, а по крайней мере, частично параллельно, причем некоторые этапы повторяются.

Участники проведения реинжиниринга

Для осуществления проектов, связанных с реинжинирингом, рекомендуется следующий состав участников:

1) Лидер проекта – член руководства предприятия, который возглавляет организацию и проведение работ, связанных с проектом;

2) Менеджер проекта – ведущий специалист предприятия, отвечающий за реализацию проекта и выполняющий оперативное управление проектом;

3) Команда проекта – группа специалистов (сотрудники предприятия, а также эксперты и разработчики, приглашенные со стороны), участвующие в реализации проекта;

4) Владельцы процессов – менеджеры (руководители подразделений), отвечающие за обновляемые бизнес-процессы;

5) Руководящий комитет – комитет, образованный из представителей руководства предприятия с целью определения общей стратегии и контроля выполнения работ по проекту.

8. Содержание и объем технологической подготовки производства (на примере авиационной промышленности)

Определение технологической подготовки производства (ТПП)

ТПП на серийном самолетостроительном заводе включает следующие работы по промышленному освоению новых или усовершенствованию конструкций изделий:

- 1) технологическую отработку серийных чертежей изделия;
- 2) проектирование и внедрение передовых ТП изготовления изделия, а также методов и средств технического контроля качества его изготовления;
- 3) проектирование, изготовление и отладку технологической оснастки для оснащения всех видов ТП, а также специального оборудования и средств механизации;
- 4) установление прогрессивных расчетно-технических норм, режимов ТП и затрат времени на выполнение операций, расхода материалов и инструмента, топлива и энергии для технологических целей, а также использования оборудования;
- 5) проектирование и внедрение передовых форм организации производственных процессов и труда;
- 6) установление объемов работ цехов основного производства (расцеховка изделия) и разработка документации технологического

планирования;

- 7) расчет оборудования и площадей, составление планировок цехов и технического плана реконструкции завода;

Проектирование и внедрение ТП, конструирование, изготовление и отладка технологической оснастки, специального оборудования и средств механизации составляют главное содержание технологической подготовки производства.

Факторы влияющие на объем технологической

подготовки производства

Общий объем работ по ТПП, выполняемой заводом для обеспечения выпуска новых или усовершенствованных изделий в заданные сроки, зависит от многих факторов, из которых главнейшими являются следующие:

а) конструктивно-технологическая характеристика изделия, определяемая количеством деталей, узлов и агрегатов в его конструкции, габаритными размерами и точностными характеристиками деталей, узлов и агрегатов, конструктивными и технологическими разъемами, а также удельным весом определенных видов работ в общей трудоемкости изготовления изделия;

б) степень конструктивно-технологической преемственности нового изделия, устанавливаемая по количеству элементов прежней конструкции изделия, остающихся неизменными для нового изделия или сходных по конфигурации и габаритам;

в) степень технологической отработки конструкции изделия на опытном заводе, определяемая

технологичностью изготовления деталей, узлов и аппаратов в серийном производстве;

г) принадлежность завода в отношении промышленного освоения изделия к группе ведущих или ведомых;

д) программа завода по выпуску изделия;

е) степень внешней кооперации завода, как в отношении изготовления деталей, так и в отношении проектирования и изготовления оснастки, специального оборудования и средств механизации.

Этапы освоения выпуска изделия и проведения технологической подготовки производства

Практикой работы самолетостроительных заводов установлены следующие три этапа освоения выпуска новых или усовершенствованных конструкций изделия:

1^й – освоение выпуска изделий головной серии;

2^й – освоение ритмичного мелкосерийного производства;

3^й – освоение крупносерийного производства.

Каждому этапу освоения выпуска изделия присущи вполне определенные производственные показатели работы завода, а также содержание и объем работ по ТПП.

Объем ТПП на каждом этапе освоения изделия делится на две части: объем подготовительных работ, обеспечивающих выпуск изделий на данном этапе их освоения, и объем работ, выполняемых в процессе изготовления изделий.

Для первого этапа выполняется следующий объем подготовительных работ.

1) Технологический контроль чертежей изделия, получаемых серийным заводом с опытного завода.

Основной задачей при этом является запуск в производство таких конструкций деталей, узлов и агрегатов, которые отвечали бы всем требованиям производства с точки зрения простоты изготовления при максимальном использовании существующей технологической оснастки и оборудования без ущерба для качества изделия, обусловленного ТУ.

2) Разработка директивных материалов по постановке изделия на серийное производство.

В директивных материалах должны быть решены следующие вопросы:

а) основные технологические принципы постановки изделия на производство;

б) директивная технология монтажа изделия, сборки агрегатов и узлов, изготовления наиболее сложных деталей;

в) система и методы обеспечения взаимозаменяемости агрегатов и узлов и увязки заготовительной и сборочной оснастки;

г) типовые конструкции ведущей сборочной оснастки и средств обеспечения взаимозаменяемости;

д) производственная структура и план реконструкции завода;

е) объем оснащения и расчет мощностей, потребных для конструирования и изготовления оснастки;

ж) потребность в уникальном и специальном оборудовании;

з) содержание и объем экспериментальных работ по внедрению новой техники;

- и) потребность в материалах для изготовления оснастки;
- к) план-график подготовки и производства головной серии.

Директивная технология является начальным разделом технологии серийного производства, раскрывающим технологическое содержание конструкции изделия и устанавливающим принципиальные, прогрессивные решения по узловым технологическим вопросам запуска и серийного изготовления изделия.

3) Проектирование временных ТП.

Временная технология предусматривает сокращенный объем оснащения при котором возможно качественное изготовление головной и первых серий изделия в соответствии с чертежами и ТУ.

- 4) Проектирование серийных ТП на те детали, узлы и агрегаты, качественное изготовление которых невозможно без полного серийного оснащения.
- 5) Проектирование технологической оснастки первой очереди.

К первой очереди относится оснастка, обеспечивающая:

- а) надежность и безопасность полета;
- б) изготовление и контроль деталей, узлов и агрегатов с точностной характеристикой, установленной чертежами и ТУ;
- в) расчленение агрегатов, определяемое их конструкцией и взаимозаменяемостью по основным размерам;
- г) качество деталей, узлов и агрегатов в целом.

- б) Изготовление оснастки первой очереди как в цехах подготовки производства

водства и основных цехах, так и по внешним заказам.

- 7) Расцеховка изделия.
- 8) Составление материальных спецификаций на основные и вспомогательные материалы, полуфабрикаты, готовые изделия и нормы.
- 9) Проведение работ по реконструированию завода первой очереди, обеспечивающих выпуск головной и первых серий.
- 10) Проведение экспериментальных работ по внедрению в производство новых ТП, оснастки и оборудования, необходимых для надлежащего качества изготовления изделия.

Для второго этапа – освоения ритмичного мелкосерийного производства выполняется следующий объем подготовительных работ.

- 1) Окончание проектирования и внедрения серийных ТП.
- 2) Проектирование технологической оснастки второй очереди. Ко второй очереди относится оснастка, обеспечивающая механизацию работ для сокращения ручных и ликвидации подгоночных работ, дальнейшее расчленение сборки агрегатов и крупных узлов, а также разбивку работ по операциям и достижение необходимой взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов.
- 3) Изготовление технологической оснастки второй очереди как в цехах подготовки производства так и по внешним заказам.
- 4) Разработка проектов организации производственных процессов. Здесь устанавли-

вают методы и средства осуществления поточных линий в агрегатно-сборочных цехах и цехах общей сборки, а также одно и многономенклатурных прямоточных и поточных линий в заготовительно-обрабатывающих цехах.

Указанные проекты должны включать расчет линий, рабочую планировку линий, выбор транспортных средств и оснастки.

- 5) Проектирование и изготовление специального оборудования.
- 6) Проектирование и изготовление средств механизации транспортных процессов и оргоснастки рабочих мест для поточных и прямоточных линий.
- 7) Разработка нормативов по труду (технических норм времени), материалам, инструменту, топливу и энергии для технологических целей.
- 8) Проведение экспериментальных работ по внедрению в производство новой техники (новых ТП, оснастки и оборудования).
- 9) Окончание работ по реконструкции завода, обеспечивающих серийный выпуск изделий.

В процессе изготовления изделий в период освоения серийного производства выполняются работы по внедрению серийной технологии, отладки оснастки второй очереди, внедрению прямоточных и поточных линий и уточнению планировок размещения оборудования, а также по уточнению нормативов, материальных спецификаций и других документов ТПП.

Для третьего этапа – освоения крупносерийного производства выполняются работы, связанные главным образом с изготовлением дублеров

оснастки для обеспечения заданного масштаба выпуска, с уточнением серийной технологии в связи с внедрением поточных форм организации ПП, а также с внедрением новейших методов и средств в области технологии самолетостроения.

Объем подготовки производства на ведущем заводе увеличивается в связи с выполнением следующих дополнительных работ:

- 1) обеспечения ведомых заводов технической документацией по конструкции изделия, технологии и оснастке, разрабатываемых на ведущим заводе, а также исходными справочными материалами, получаемыми от главного конструктора, и изготовленной в металле контрольно-проверочной оснасткой;
- 2) организации периодической проверки взаимозаменяемости агрегатов, изготавливаемых ведомыми заводами;
- 3) своевременного оформления и передачи ведомым заводам всех изменений в чертежах и технической документации;
- 4) организации контроля и периодической проверки всех контрольно-измерительных средств, связанных с обеспечением межзаводской взаимозаменяемости.
- 5) организации обмена опытом между заводами по всем техническим вопросам, касающимся изготовления изделий данного типа.

Объем подготовки производства на ведомых заводах, уменьшается вследствие обязательного применения в производстве конструкций контрольно-проверочных средств и оснастки, полученных в чертежах и в металле с ведущего завода, а также благодаря максимальному использованию ТП, конструкции

оснастки, нормативных, справочных и других исходных материалов, разработанных на ведущем заводе применительно к его условиям производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога-машиностроителя: В 2х т./Ю.А. Абрамов, В.И. Андреев, Б.И. Горбунов и др.; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Т.1. – М.: Машиностроение, 2003. – 911с.

2. Капустин Н.М. Автоматизация машиностроения /Н.М.Капустин, Н.П. Дьяконова, П.М. Кузнецов; под ред.Н.М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2003. – 223 с.

3. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352с.

4. Основы автоматизации машиностроительного производства / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, М.Г. Митрофанов и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 1999. – 312с.

5. Технологические основы гибких производственных систем / В.А. Медведев, В.П. Вороненко, В.И. Броханов; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2000. – 255с.

6. Коновал Д.Г. Гибкая производственная система токарной обработки / Д.Г.Коновал, В.Г.Митрофанов, А.Г.Схиртладзе. – М.: МГЦНТИ: Вып. №491. 1992. – 6с.

1.