

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Карагандинский государственный технический университет

**«Утверждаю»**  
**Проректор по ИиУМР, ПРК**  
**Исагулов А.З.**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

по дисциплине КММ 6303 «Компьютерное моделирование в материало-  
ведении»

Модуль КММ 10 «Компьютерное моделирование в материаловедении»

специальности 6М071000 «Материаловедение  
и технология материалов»

Институт Машиностроения

Кафедра ММ и Н

## Предисловие

Учебно-методический комплекс дисциплины преподавателя разработан:

к.т.н., доц. Кипнис Л.С.,  
д.т.н., проф. кафедры ММ и Н Кузембаев С.Б.  
ст. преподаватель Медведева И.Е.

Обсуждена на заседании кафедры « \_\_\_\_\_ »  
Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Куликов В.Ю. « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

Одобрено методическим советом ИМ  
Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Председатель \_\_\_\_\_ Шеров К.Т. « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

## 1 Рабочая учебная программа

### Сведения о преподавателе и контактная информация

Кипнис Лев Семенович, к.т.н., доц. кафедры ММ и Н

Кузембаев Серик Баппаевич, д.т.н., проф., кафедры ММ и Н

Медведева И.Е., преподаватель кафедры ММ и Н

Кафедра ММ и Н находится в гл. корпусе КарГТУ (Караганда, Б.Мира 56), аудитория 313, контактный телефон 56-75-92 доб. 124

### 1.2 Трудоемкость дисциплины

Семестр	Количество кредитов	Вид занятий					Количество часов СРМ	Общее количество часов	Форма контроля
		количество контактных часов			количество часов СРМП	всего часов			
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия					
4	2	30			60	90	60	150	экзамен

### 1.3 Характеристика дисциплины

Дисциплина «Информационные технологии разработки материалов» является обязательным компонентом профильных дисциплин

### 1.4 Цель дисциплины

Целью дисциплины является расширение и углубление знаний в области информационных технологий, ознакомление с современными разработками и основными направлениями развития автоматизированного проектирования, формирование основных навыков, необходимых в дальнейшем для использования компьютерной техники в профессиональной деятельности.

### 1.5 Задачи дисциплины

Задачи дисциплины – дать будущим специалистам знания в области систем автоматизированного проектирования (САПР) машин и технологических процессов, познакомить с современными разработками и основными направлениями развития автоматизированного проектирования машин и технологии.

В результате изучения данной дисциплины магистранты должны:

иметь представление о принципах автоматизированного проектирования машин и технологических процессов в машиностроении;

знать: структуру и возможности современных САПР машин и технологических процессов получения литых изделий;

уметь: использовать элементы систем автоматизированного проектирования при решении технологических и конструкторских задач;

приобрести практические навыки: в компьютерной графике, работе с базами данных, пакетами прикладных программ, формирующими системы автоматизированного проектирования машин и технологических процессов.

### 1.6 Пререквизиты

Для изучения данной дисциплины необходимо усвоение следующих дисциплин (с указанием разделов (тем)):

Дисциплина	Наименование разделов (тем)
1 Информатика	Операционные системы.
	Периферийные устройства компьютеров.
2 Начертательная геометрия и инженерная графика	Виды, разрезы, сечения.
	Определение и контроль размеров.
	Выполнение чертежей изделий.
3 Проектирование и производство заготовок	Проектирование поковок
	Проектирование литых деталей
	Заготовительное производство

### 1.7 Постреквизиты

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Информационные технологии разработки материалов» магистранты используют при изучении курсов и выполнении работы:

1. Выпускная работа.

### 1.8 Содержание дисциплины

#### 1.8.1 Содержание дисциплины по видам занятий и их трудоемкость

### 1.9 Список основной литературы

1. Симонович с. В. Информатика: базовый курс. - питер, 2003.
2. Основы современных компьютерных технологий: учебное пособие/ под ред. Проф. Хомоненко а.д.- спб., 2001.
3. Симонович с. В., евсеев г. А., алексеев а. Г. Специальная информатика: учебное пособие. - м.: аст-пресс, 2001.
4. Норенков и.п. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для вузов - м.: изд. Мгту им. Баумана, 2000.
5. Большаков в.п. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. Спб.: бхв-петербург, 2004
6. Корячко в. П. , норенков и.п. Теоретические основы сапр. Учебник для вузов. - м.: высшая школа, 2000.
7. Разработка сапр: в 10 книгах. Под ред. Петрова а.в.- м: высшая школа, 2000.
8. Компас-3d v7, руководство пользователя, том i - 2004г. Зао аскон

### 1.10 Список дополнительной литературы

9. Залогова л.а. Информатика: практика по компьютерной графике. М.: лаборатория базовых знаний, 2001.
10. Глушков о. И. Автоматизация проектирования пресс-форм. – м.: машиностроение, 2000.

11. Горстко а.б., кочковская с.в. Азбука программирования. М., знание, 2000.
12. Неуструев а.а., моисеев в.с автоматизированное проектирование технологических процессов литья. Учебное пособие. - м.: мгату, 2004.
13. Курейчик в. М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением сапр. – м.: высшая школа, 2000.
14. Журнал «сапр и графика», 2005-2008 г.г.

### 1. 11 Критерии оценки знаний магистранта

Экзаменационная оценка по дисциплине определяется как сумма максимальных показателей успеваемости по рубежным контролям (до 60%) и итоговой аттестации (экзамен) (до 40%) и составляет значение до 100% в соответствии с таблицей.

Оценка по буквенной системе	Цифровые эквиваленты буквенной оценки	Процентное содержание усвоенных знаний	Оценка по традиционной системе
A	4,0	95-100	Отлично
A-	3,67	90-94	
B+	3,33	85-89	Хорошо
B	3,0	80-84	
B-	2,67	75-79	
C+	2,33	70-74	Удовлетворительно
C	2,0	65-69	
C-	1,67	60-64	
D+	1,33	55-59	
D	1,0	50-54	
F	0	30-49	Неудовлетворительно

Оценка «А» (отлично) выставляется в том случае, если студент в течение семестра показал отличные знания по всем программным вопросам дисциплины, а также по темам самостоятельной работы, регулярно сдавал рубежные задания, проявлял самостоятельность в изучении теоретических и прикладных вопросов по основной программе изучаемой дисциплины, а также по внепрограммным вопросам.

Оценка «А-» (отлично) предполагает отличное знание основных законов и процессов, понятий, способность к обобщению теоретических вопросов дисциплины, регулярную сдачу рубежных заданий по аудиторной и самостоятельной работе.

Оценка «В+» (хорошо) выставляется в том случае, если студент показал хорошие и отличные знания по вопросам дисциплины, регулярно сдавал семестровые задания в основном на «отлично» и некоторые на «хорошо».

Оценка «В» (хорошо) выставляется в том случае, если студент показал хорошие знания по вопросам, раскрывающим основное содержание конкрет-



Посещаемость	0,5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7
Конспекты лекций	0,5		*		*		*				*		*		*		3
Реферат	2														*		2
Письменный опрос	15						*								*		30
СРМ	2			*	*	*	*	*		*	*	*	*				18
Экзамен																	40
Всего по аттестац.								30								30	60
Итого																	100

### 1.12 Политика и процедуры

При изучении дисциплины «Информационные технологии разработке материалов» прошу соблюдать следующие правила:

1. Не опаздывать на занятия.
2. Не пропускать занятия без уважительной причины, в случае болезни прошу представлять справку, в других случаях – объяснительную записку.
3. Отрабатывать пропущенные занятия независимо от причины пропусков.
4. Активно участвовать в учебном процессе.
5. Быть терпимыми, открытыми, откровенными и доброжелательными к сокурсникам и преподавателям.

### 1.13 Учебно-методическая обеспеченность дисциплины

Ф.и.о автора	Наименование учебно-методической литературы	Издательство, год издания	Количество экземпляров	
			В библиотеке	На кафедре
<b>Основная литература</b>				
Под ред. В. А. Грабаурова.	учебное пособие информационные технологии	Минск: современная школа, 2006	2	-
	Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения	М.: издательский центр «академия», 2007.	3	-
Зильбербург л. И., молочник в. И.	Информационные технологии в проектировании и производстве.	Спб.: политехника, 2008.	3	
	Журнал «сапр и графика»	2001 – 2009 г.г.	10	-
Грабауров в. А	Информационные технологии для менеджеров	М.: финансы и статистика, 2005	2	-
Гейтс б.	Бизнес со скоростью мысли.	М.: эксмо-пресс, 2001	2	-
<b>Дополнительная литература</b>				

Курейчик в. М.	Математическое обеспечение сапр.	М.: высшая школа, 1990.	5	-
Горстко а.б., кочковская с.в.	Азбука программирования.	М., знание, 2000.	3	-
Залогова л.а. -	Информатика: практика по компьютерной графике.	М.: лбз, 2001.	5	-
	Журнал «сапр и графика»	2000-2005	1	-

## 2 График выполнения и сдачи заданий по дисциплине

Вид контроля	Цель и содержание задания	Рекомендуемая литература	Продолжительность выполнения	Форма контроля	Срок сдачи
1	2	3	4	5	6
Отчет по СРМ (тема 1)	Углубить знания по теме	Периодические издания	2 недели	текущий	2-ая неделя
Отчет по СРМ (тема 1)	Углубить знания по теме	Периодические издания	3 недели	текущий	5-ая неделя
Отчет по СРМ (тема 2)	Углубить знания по теме	[5, 8, 14]	2 недели	рубежный	7-ая неделя
Отчет по СРМ (тема 3)	Углубить знания по теме	Периодические издания	3 недели	текущий	10-ая неделя
Отчет по СРМ (тема 3)	Углубить знания по теме	Периодические издания	3 недели	текущий	12-ая неделя
Реферат	Углубить знания по заданной теме	Периодические издания	В течение семестра	рубежный	14-ая неделя
Экзамен	Контроль знаний по курсу	Весь перечень основной и дополнительной литературы	2 контактных часа	итоговый	В период сессии

## 3. Конспект лекций

### Тема 1. Автоматизированные информационные системы в жизненном цикле промышленных изделий

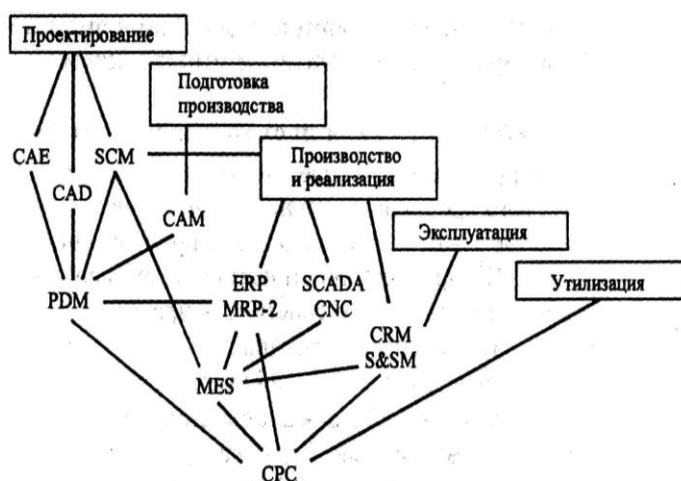
Сравнительно недавно в технический оборот было введено представление о жизненном цикле промышленного продукта, охватывающего период его существования от зарождения идеи до окончания его использования.

Согласно этой концепции жизненный цикл технического объекта составляют этапы: планирования, проектирования, технической подготовки производства, собственно производства, эксплуатации и утилизации.

Для успешной реализации продуктов производитель должен стремиться к максимальной эффективности их производства и сбыта, что включает в себя обеспечение высокого качества и потребительских свойств изделий при одновременном снижении себестоимости и сокращении сроков проектирования и производства, удобства освоения и снижения материальных затрат в ходе эксплуатации изделий и ряд других показателей.

В современных условиях для достижения этих целей, особенно при выпуске технически сложной промышленной продукции, производителям требуется как можно более широкое применение информационных систем.

На сегодняшний день созданы и активно применяются автоматизированные системы различного назначения, задачей которых является информационное обеспечение изделий на всем протяжении их жизненного цикла.



На схеме представлена совокупность автоматизированных информационных систем, используемых в жизненном цикле промышленных изделий, с указанием общепотребительных в технической литературе сокращений их английских названий, и схема их взаимодействия.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) подразделяются на системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые называют системами расчетов и инженерного анализа (Computer Aided Engineering – CAE). Вторые – системы собственно проектирования, по существу системы геометрического моделирования объектов (Computer Aided Design – CAD). Проектирование технологических процессов, проектирование и изготовление оснастки представляют техническую подготовку производства (Computer Aided Manufacturing – CAM). Названием CAE/ CAD/CAM обозначают объединенные системы проектирования и подготовки производства (иногда используется аналогичной по смыслу Computer Integrated Manufacturing – CIM).

Система управления проектированием, проектными данными, подготовкой производства, а также отчасти и производством – система PDM (Product Data Management). Система управления поставками материалов и комплектующих – SCM (Supply Chain Management).

Группу автоматизированных систем управления производством в масштабах предприятия (в русскоязычной терминологии АСУП) составляют системы: планирования и управления предприятием -- ERP (Enterprise Resource Planning), планирования производства и требований к материалам -- MRP-2 (Manufacturing Requirement Planning), производственная исполнительная система -- MES (Manufacturing Execution System), система управления взаимоотношениями с заказчиками -- CRM (Customer Requirement Management).

Маркетинговые функции и вопросы, связанные с обслуживанием изделий, контролируются системой S&SM (Sales and Service Management), системы сбора и обработки данных о состоянии оборудования и технологических процессах SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и системы программного управления технологическим оборудованием CNC (Computer Numerical Control) используются для оперативного контроля и управления производством.

Системы управления данными в интегрированной информационной среде: системы CPC (Collaborative Product Commerce) или PLM (Product Lifecycle Management) -- системы, обеспечивающие эффективное взаимодействие предприятия с заказчиками и партнерами при выполнении индивидуальных заказов.

## Тема 2. Организация процесса проектирования объектов техники

Объектами проектирования в технике могут быть материалы, предметы, процессы (технологии), системы: технические или организационные. Как отмечено выше, проектирование является одним из этапов их жизненного цикла.

Результатом проектирования является проектное решение (или их совокупность), необходимое для создания объекта, удовлетворяющее заданным требованиям. Совокупность проектной документации, в которой представлен результат проектирования, содержащий окончательное описание объекта, составляет проект объекта.

Проектирование можно представить как процесс преобразования исходного описания объекта в окончательное на основе комплекса исследовательских, расчетных и конструкторских работ.

Процесс проектирования заключается в получении ряда промежуточных проектных решений, представляющих собой описания объекта проектирования, необходимые и достаточные для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования.

В организации процесса проектирования во времени выделяют стадии, или этапы, проектирования. В общем случае выделяют стадии исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), технического и рабочего проектов, испытаний опытных образцов или партий продуктов.

### Тема 3. Математическое обеспечение САПР

Математическое обеспечение (МО) включает в себя математические модели проектируемых объектов, численные методы и алгоритмы выполнения проектных операций и процедур.

Исследование физических объектов и процессов путем построения и последующего изучения моделей реально существующих предметов и явлений и конструируемых объектов для определения или уточнения их характеристик, рационализации способов их построения и т. п., получившее название моделирование, используется человечеством давно. Целью такого представления является получение модели, которая являлась бы более доступной для изучения, чем оригинал.

Существуют три способа моделирования технических систем: физическое, аналоговое и математическое.

Сутью математического моделирования является теоретическое исследование с помощью математических моделей, под которыми понимаются описания реальных объектов, формализованные средствами математического аппарата и языка (формулы, функции, системы уравнений или неравенств и т.п.).

С помощью математического моделирования выбираются оптимальные условия проведения процесса, определяются параметрическая чувствительность процесса к начальным и краевым условиям, переходные режимы, а также исследуется устойчивость процесса. В ряде случаев сначала проводится теоретическая оптимизация, а затем, на втором этапе, выбирается инженерное решение, позволяющее наилучшим образом приблизиться к теоретическому оптимальному режиму с учётом экономических и других показателей.

Математические модели могут быть символьными, описываемыми математическими формулами, и численными, описываемыми числовым (цифровым) представлением. Численные модели могут быть аналитическими, в виде явных функциональных зависимостей между параметрами (формул), и алгоритмическими, в виде зависимостей, выраженных неявно (в виде трансцендентных уравнений). Численное моделирование и вычислительный эксперимент являются основным элементом проектирования.

Функциональные модели в общем случае представляют зависимости, связывающие эксплуатационные функции объекта (выходные параметры) с входными факторами (проектными или управляющими параметрами и воздействиями внешней среды или других элементов системы), а также критерии оценки функциональных качеств элементов и системы в целом, соответствующих цели проектирования.

Функциональные модели делятся по способу построения на теоретические (строгие) и экспериментальные (регрессионные).

Процедура выбора оптимальных решений с помощью методов математического моделирования предполагает наличие двух этапов:

- 1) построение адекватной математической модели системы;

2) реализация математической модели или вычисления, связанные с определением значений критериев для оценки предпочтительности одного решения другому.

#### Тема 4. Компьютерные системы инженерного анализа

Компьютерные системы инженерного анализа CAE используются для оптимизации проектных разработок на ранних стадиях, что снижает значительно стоимость продукции, а также сокращает время проектирования и изготовления опытных образцов. Компьютерное моделирование помогает сократить цикл разработки, состоящий в изготовлении образцов-прототипов, их испытании и повторном изготовлении образцов, выполнять часть работ параллельно, а также исключить дорогостоящий процесс доработки изделия.

В инженерной практике чаще всего приходится иметь дело с краевыми задачами, когда, зная условия на границах рассматриваемого объема пространства, надо определить показатели во всем объеме в текущий момент времени. Краевая модель, как правило, представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных второго и более высоких порядков, которые аналитического решения не имеют. Для их решения используются численные методы, сущность которых заключается в том, что исходные непрерывные уравнения аппроксимируют дискретной моделью в виде множества кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе областей.

На этом базируется метод конечных элементов, который является одним из наиболее эффективных методов расчёта.

Таким образом, уравнения для сплошной среды с бесконечным числом степеней свободы сводятся к уравнениям для системы с конечным числом степеней свободы. После этого задача может быть решена численно посредством ЭВМ. Реализация МКЭ связана с решением систем линейных алгебраических уравнений большого порядка.

Помимо МКЭ, существуют другие численные методы, применяемые для решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Метод конечных разностей (МКР), или метод сеток, до изобретения МКЭ был основным численным методом. Суть его в том, что производные функции по всем направлениям заменяются конечными разностями в некоторых точках системы с помощью тех или иных соотношений. Таким образом, вместо непрерывной среды вводится ее дискретный аналог, а одно дифференциальное уравнение заменяется несколькими приближенными алгебраическими. Для этого исследуемое пространство разбивается на ячейки с помощью некоторой, как правило, прямоугольной фиксированной сетки. Далее строят интерполирующий полином, который в точках системы принимает те же значения, что и заданная функция. Множество этих точек (узлов) обычно называется разностной сеткой. Расстояние между двумя соседними точками называется шагом сетки.

МКЭ в настоящее время является одним из наиболее эффективных методов расчёта в различных задачах механики деформируемого твёрдого тела. МКЭ обеспечивает возможности для анализа результатов расчетов, скорость расчетов в два раза быстрее, чем. Для задач газовой динамики и гидродинамики, в общем случае, предпочтительнее МКР.

Функции САЕ-систем довольно разнообразны, так как связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений для следующих процедур:

- моделирование полей физических величин, в том числе анализ прочности, который чаще всего выполняется с использованием МКЭ;
- имитационное моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания.

Компьютерное моделирование технологий, являясь альтернативой заводским испытаниям, за последние годы получило мощное развитие, обеспечивая реальную экономию времени и материальных ресурсов на этапе проектирования оснастки с использованием виртуальных имитаторов.

Системы моделирования позволяют на этапе проектирования технологии смоделировать сложные физические явления и проверить различные варианты технологических решений. Они помогают проанализировать причины возникновения дефекта и подобрать оптимальные параметры, обеспечивающие устойчивую, бездефектную и экономически выгодную технологию производства. Моделирующая система позволяет пронаблюдать процессы, идущие в конкретном изделии, и найти причины возникновения дефекта при данных технологических параметрах. В результате можно выделить эффективные технологические решения, которые затем можно перепроверить с помощью компьютерных моделей. Система автоматизированного моделирования предназначена для численного анализа разработанной технологии.

Главный результат визуализации процессов – точное знание протекающих физических явлений, позволяющее вносить необходимые коррективы на стадии проектирования, что позволяет решить одновременно две задачи: повысить качество продукции и снизить ее себестоимость.

## Тема 5. Информационное обеспечение САПР

Информационное обеспечение (ИО) САПР – совокупность сведений, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования; предназначается для организации, хранения, получения всех необходимых для проектирования данных.

Компоненты ИО САПР должны обеспечить: надежное хранение информации в течение требуемого срока, логическую структуризацию данных по формальным признакам, эффективный доступ и данным по запросам пользователей или программ, ведение баз данных (просмотр, дополнение, корректировку, удаление), поддержку необходимой достоверности, защиту от несанкционированного и некомпетентного доступа.

Надежность хранения достигается средствами контроля, защиты, корректировки, анализа состояния, копирования и восстановления баз данных. Ведение баз данных должно автоматизироваться и реализовываться в режиме диалога и обращения из прикладных программ.

Системы безопасности данных предназначены для защиты от несанкционированного доступа к электронным документам. Принцип защиты основан на кодировании файлов. В число настроек входит разрешение или запрет снятия защиты с файлов, экспорта и печати данных. Конфиденциальность данных обеспечивается конфиденциальностью кода и ограничением доступа к ключу аппаратной защиты. При включении опции «защищать файлы» любой документ при сохранении должен быть защищен: последующее его открытие должно быть возможным только на тех рабочих местах, где установлена система безопасности, а код, хранимый на ключе, совпадает с кодом, которым защищен файл. Система безопасности позволяет корпоративному пользователю защитить информацию от хищения и разграничить доступ к информации различного уровня секретности.

Базы данных могут быть корпоративными (закрытыми) и общего пользования, которые состоят из специализированных фирм-разработчиков для коммерческих целей.

В качестве примера рассмотрим электронный «Инженерный справочник» для САПР, широко применяемый во многих системах.

«Инженерный справочник» содержит сведения о большом количестве марок и типов различных материалов:

- стали и сплавы, чугуны, цветные металлы и сплавы;
- пластические массы, резины, кожи, стекло, текстильные и бумажные материалы, материалы строительного назначения;
- лаки, краски, эмали, грунтовки и компаунды;
- смазки жидкие, твердые, смазочно-охлаждающие жидкости;
- металлические и неметаллические неорганические покрытия, применяемые в различных областях деятельности;
- клеи, припои и флюсы;
- соответствия российских и зарубежных марок сталей и черных металлов, значения коэффициентов трения для различных пар материалов.

На каждый материал имеется карточка свойств, в которой содержится информация об обозначении материала и о документе на его поставку, физические и физико-механические данные для разных состояний, сведения об области применения материала и другие данные.

Каждая запись в справочнике имеет специальный идентификатор, в соответствии с которым пользователь может запустить справочник и получить интересующие его характерные данные для выбранного объекта. Для связи справочника с автоматизированными системами проектирования и управления служит специализированный интерфейс взаимодействия (API). Он позволяет реализовывать единые принципы доступа к данным и управления

ими. С помощью API можно организовывать работу справочника как с CAD/CAM – системами, так и с системами управления документами.

Варианты использования справочника:

- В качестве хранилища данных на предприятии, при этом администратор системы до начала ее использования производит назначение применяемости для тех или иных материалов или сортов материалов; настройки справочника позволяют изменить изображение данных так, чтобы пользователи видели только материалы и сортаменты, которые разрешены к применению;
- Внутри справочника можно создать так называемый избранный набор, хранилище данных, наиболее часто используемых инженерными службами, он образует номенклатурный справочник предприятия, который является неотъемлемой частью автоматизированной системы управления предприятием.

В программных комплексах объединяются САД-системы, системы инженерных расчетов, справочники материалов и сортов материалов и стандартных изделий, библиотеки регламентирующей и справочной информации. Все программные компоненты взаимодействуют на основе базового протокола передачи данных. Базовый протокол - это стандарт, позволяющий приложениям (САПР, справочникам, PDM-системам) обмениваться данными в едином формате, оперируя конструкторской и технологической информацией.

Для эффективной деятельности производственных, плановых и диспетчерских служб предприятия используют сводные ведомости различного назначения, к которым относятся:

- ведомости специфицированных норм расхода материала, ведомость материалов, которые формируются по ГОСТ «Формы и правила оформления технологических документов, применяемых при нормировании расхода материалов»;
- ведомости оснастки;
- сводные ведомости трудоемкости;
- карты планирования.

Все ведомости формируются на основе состава изделия. Информация по используемому материалу, нормам расхода материалов, трудоемкости, используемому инструменту и оснастке берется из технологических процессов, которые хранятся в архиве как элементы состава изделия. В ведомости специфицируемых норм расхода материала подсчитывается общая норма расхода основного материала для данного изделия или сборочной единицы. В ведомости материалов отражается норма расхода материала для каждой конкретной детали в этом изделии или узле. Сводная ведомость оснастки содержит все средства технического оснащения, используемые при изготовлении изделия.

На любом этапе конструкторско-технологической подготовки и собственно производства возникает потребность во внесении изменений в конструкторскую или технологическую документацию. Проведение изменений осуществляется посредством выпуска извещений об изменении.

Необходимые для формирования спецификации данные накапливаются во время работы конструктора над документами, они позволяют осуществить автоматическое формирование спецификации сборочного чертежа в процессе построения. Оформление и правила заполнения спецификаций соответствуют требованиям стандартов.

Возможна автоматическая передача данных из чертежа или модели в спецификацию или из спецификации в подключенные к ней документы. Из спецификации в чертеж передаются номера позиций компонентов сборки (стандартных изделий, деталей и т. п.). Из моделей деталей и сборочных единиц в спецификацию передаются наименование, обозначение, масса и другие данные. Если в сборочный чертеж вставлены изображения стандартных элементов из прикладных библиотек, то информация о них передается в спецификацию. В режиме редактирования объектов спецификации внутри документа (модели, детали или фрагмента), изменения, сделанные в подчиненном режиме, можно впоследствии передать в связанную с документом спецификацию.

## Тема 6. Информационные технологии в технической подготовке производства

В настоящее время создано и достаточно детально разработано довольно большое количество САПР технологии.

Основные требования, предъявляемые к САПР технологии, следующие:

- они должны охватывать до 90% номенклатуры изделий предприятия, эти изделия можно классифицировать по конструкторско-технологическим признакам и для выделенных групп создавать типовые технологические процессы, сведения о которых аккумулировать в базах данных, обслуживаемых информационно-поисковыми системами (ИПС);
- создаваемые САПР должны обеспечивать проектирование технологических процессов для типовых изделий и для индивидуального и мелкосерийного производства, в том числе изделий высоких категорий сложности, конструкторско-технологические характеристики которых могут варьироваться в широком диапазоне.

Наиболее эффективна разработка систем на основе модулей, образующих при объединении базу для развития полномасштабной САПР. На первом этапе создания САПР модули могут работать автономно, решая локальные задачи, в рамках интегрированной САПР они образуют единую систему.

Информационно-поисковая система служит для поиска графической и текстовой информации в БД, где хранимые сведения могут быть выбраны по формируемому набору поисковых признаков. Развитие ИПС способствует систематизации наполнения многолетнего производственного опыта, нормативной и справочной информации, унификации технологических разработок и повышению их качества.

Система типового проектирования (СТП) обеспечивает проектирование технологии для изделий, охватываемых машинным конструктивно-технологическим классификатором, на основе статистического моделирования взаимосвязей между параметрами технологии. При успешном поиске деталей в классификаторе СТП предоставляет для просмотра типовую схему технологии и осуществляет расчёт среднестатистических параметров, базирующихся на данных технологического архива.

Система технологических расчётов (СТР) позволяет выполнить комплекс расчётов для разработки технологии, не прибегая к типовым решениям или данным об аналогичных деталях. Результаты расчётов фиксируются для использования в других модулях.

Система автоматизированного моделирования служит для численного анализа разработанной технологии на основе визуального, графического или табличного представления результатов моделирования.

Система формирования технологической документации (СФТД) обеспечивает создание комплекса текстовых (карта технологической информации, маршрутная карта и т.д.) и графических документов. Для этого в системе создаётся БД о применяемых на производстве сплавах, оснастке и т.д., групповых технологических потоках, операциях, тарифных ставках и др.

Автоматизация разработки технологических процессов обеспечивается посредством связи конструкторских и технологических данных. Автоматический перенос данных из чертежа, трехмерной модели, а также данных о детали (сборке), данных по материалу и заготовке позволяет на этапе разработки ТП использовать эти данные без дополнительного назначения и поиска их в справочниках.

Модуль ЛОЦМАН-Технолог обеспечивает связь САПР с системой управления данными об изделии и организует централизованное хранение технологических процессов, которые хранятся на рабочем месте технолога или в электронном архиве системы.

Справочную информацию о материалах, оборудовании, инструменте и т.п. предоставляют «Универсальный технологический справочник» и корпоративный справочник «Материалы и сортаменты». «Универсальный технологический справочник» предоставляет единую технологическую справочную информацию для всех служб предприятия. Прикладные модули позволяют производить расчет трудовых и материальных затрат.

## Тема 7. Информационные технологии в управлении проектами и производством

Информационное сопровождение обеспечивает упрощение и ускорение документооборота в процессе подготовки и реализации производственного процесса, в том числе архивирования и хранения документации, надёжное сочетание с системами управления производством и функционирование гибких автоматизированных производственных систем. При этом также реали-

зуется обеспечение процессов, выполняемых в ходе жизненного цикла (ЖЦ) продукта за счет информационной интеграции всех его этапов от маркетинга до утилизации

В качестве примера рассмотрим PDM-систему ЛОЦМАН: PLM. Она позволяет в режиме реального времени решать задачи конструкторско-технологического сопровождения продукции, планирования, организации производственного процесса, сбыта на предприятиях.

В системе ЛОЦМАН:PLM в базе данных об изделии хранятся все варианты конструкции и технологии изготовления, из них можно собрать разнообразные модификации продукта. При определении требуемой конфигурации изделия автоматически формируется комплект данных, необходимых для её производства. Конфигурация изделия в ЛОЦМАН:PLM - это набор групп его компонентов, каждая из которых представлена одним из вариантов. Конфигурация объекта может быть сохранена в файле и впоследствии наложена на текущую конфигурацию объектов базы данных.

Модуль ЛОЦМАН Архив организует хранение и учет электронных подлинников документов. Архив можно сформировать в отдельной базе данных ЛОЦМАН: PLM и внутри основной рабочей базы.

После завершения разработки конструкторско-технологической документации комплекты документов с принадлежащими им файлами помещаются в электронный архив. На каждый архивный документ автоматически заводится учетная карточка. Архивариус в электронном хранилище, специалист, входящий в группу пользователей «Работники архива», ведет учет выданных абонентам копий, проводит изменения в архивной документации, создает новые архивные документы и прикрепляет к ним либо уже существующие файлы, либо отсканированные изображения оригиналов, ведет быстрый поиск оригиналов архивных документов и подлинников, инвентарные номера которых известны. Управляют архивом с помощью модуля ЛОЦМАН Извещение.

ЛОЦМАН Архив может использоваться предприятием любого профиля, если принципы организации его архива не противоречат ГОСТу «Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения».

ЛОЦМАН:PLM - инструмент для хранения и управления информацией. От того, как свободно он может вести обмен данными с программами конструкторского и технологического обеспечения, во многом зависит качество работы всего программного комплекса предприятий.

ЛОЦМАН:PLM интегрирован с системой технологической подготовки производства. Детали изделия, состав которого хранится в ЛОЦМАН:PLM, передаются в систему для разработки технологии и трудового нормирования, после чего возвращаются обратно в базу данных ЛОЦМАН: PLM с полным набором документов, необходимых для производства. При этом сохраняется возможность внесения изменений в технологические данные с последующей передачей новой информации в единую базу данных.

Для обеспечения безопасности информации в ЛОЦМАН:PLM используется система электронно-цифровой подписи (ЭЦП) файлов. Электронно-цифровая подпись не только обеспечивает защиту информации, но и позволяет экономить рабочее время, затрачиваемое на сбор подписей при согласовании и утверждении документов.

ЛОЦМАН:PLM обеспечивает высокую эффективность управления производством и управления предприятием в целом.

Фирма «1С» и компания APPIUS создали продукт -- «1С:Предприятие. PDM Управление инженерными данными». Комплекс PDM + ERP «1С» вобрал в себя все необходимое для построения информационной системы, объединяющей подразделения предприятия в единое информационное пространство и связывающей бизнес-процессы в одной информационной среде. 1С:PDM решает такие задачи, как хранение электронных документов, учет изменений, конфигурирование, а также задачи управления технологическими данными (MPM - Manufacture Process Management): созданием маршрутной и операционной технологий, нормированием, управления изменениями.

1С:PDM является системой масштаба всего предприятия, можно выделить шесть ее основных подсистем: управление структурой изделий, управление технологией изготовления, управление изменениями, управление нормативно-справочной информацией, управление электронным архивом документов и управление бумажным архивом документации.

В системе 1С:PDM есть специализированный модуль ведения извещений об изменении, который проверяет актуальность извещения, позволяет автоматически формировать отменяющие извещения и модифицировать структуру изделий. Извещения также являются средством начала нового заказа на основе предшествующего варианта с соответствующими этапами согласования.

1С:PDM имеет средства разграничения прав доступа к ним. Работая в единой базе данных, пользователи и группы создаются для PDM и ERP. В системе 1С:PDM для каждого элемента имеется два вида средств разграничения доступа: ролевой - жестко заданные правила доступа, обобщенные определенной ролью, и доступ на основе привилегий. Такой подход к организации информации позволяет пользователю не заботиться о правах доступа, так как система на основе данных о владельце и группе автоматически строит политику безопасности для новых и существующих элементов. Безопасность данных обеспечивается тройным уровнем защиты: правами доступа на основе привилегий, ролевыми правами доступа и, наконец, правами доступа к базе данных. Кроме того, каждый файл хранится в виде, исключающем несанкционированное получение данных.

Возможности Lotsia PDM PLUS по интеграции с различными офисными приложениями и технологическими САПР, а также системами управления предприятием (в том числе Lotsia ERP и др.) позволяют построить PLM-решение в рамках предприятия.

Используются такие возможности системы, как ведение состава изделий, классификация документов и изделий, организация электронного архива и автоматизация технического и организационно-распорядительного документооборота (утверждение документации, проведение изменений и т.п.).

Lotsia PDM PLUS позволяет автоматизировать проведение изменений в соответствии с требованиями стандартов.

Модули интеграции позволяют работать с машиностроительными САПР в режиме полной интеграции: обращаться к электронному архиву непосредственно из приложения, считывать состав сборки и строить на его основании дерево состава изделия, передавать информацию из штампа чертежа в систему PDM и наоборот, работать с файлами внешних ссылок, компонентными документами (сборками) и растровыми подложками.

Интеграция с системами технологической подготовки производства и управления предприятием позволяет отслеживать состояние изделия на протяжении всего его жизненного цикла.

Применение решения на основе программного обеспечения Lotsia PDM PLUS и Lotsia ERP позволяет решать задачи, стоящие перед предприятиями в рамках единой информационной среды.

Возможно ведение номерного учета изделий и хранения полной информации по каждому экземпляру продукции (единичная входимость). Это дает возможность учитывать в процессе сопровождения изделий все изменения, внесенные для конкретного серийного номера продукции.

Для работы сотрудников различных служб (конструкторов, технологов, экономических и плановых подразделений, сотрудников сервисных служб и т.п.), начиная с этапов маркетинговой проработки и проектирования и заканчивая сервисным сопровождением продукции, система Lotsia PDM PLUS позволяет формировать различные специализированные представления информации об изделии. Все действия по изменению составов проектов и значений атрибутов протоколируются, как это регламентируют стандарты и требования по обеспечению защиты информации.

Lotsia PDM PLUS позволяет руководству получать в реальном времени отчеты о состоянии работ по проекту: о соблюдении сроков разработки, графике плановых работ и т.п.

Для обеспечения подлинности и проверки подлинности документов система Lotsia PDM PLUS позволяет подключать средства электронной цифровой подписи (ЭЦП). Система позволяет подписывать как один конкретный документ, так и пакет документов. Каждый документ может быть заверен одной или несколькими подписями.

Lotsia PDM PLUS позволяет решать весь спектр задач, связанных с поддержкой жизненного цикла изделия:

Одним из перспективных направлений информационных технологий является управление знаниями (Knowledge Management – КМ) – технологии организации и распределения знаний, хранящихся в виде документов, а также знаний, накопленных сотрудниками предприятия, с использованием технических возможностей баз данных и сетей.

Функции систем управления знаниями – эффективная передача знаний и информации внутри предприятия и его подразделений, организация их совместного использования, принятие решений на основе всей доступной информации, оценка количества и качества корпоративного интеллектуального капитала, способ сохранения и умножения технологического и производственного опыта предприятий.

Это обеспечит перспективное планирование деятельности предприятий, гибкое приспособление к меняющимся условиям работы, улучшение качества принимаемых решений, повышение квалификации персонала.

## Тема 8. CALS – технологии

CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) -- технологии комплексной компьютеризации производства, при которых предполагается унификация и стандартизация документации о промышленной продукции на всех этапах ее жизненного цикла (ЖЦ). В русском языке этому понятию соответствует термин ИПИ (Информационная поддержка изделий), или КСПИ (Компьютерное сопровождение и поддержка изделий) Это касается проектной, технологической, производственной, маркетинговой, эксплуатационной документации.

Применение CALS-технологий обеспечивает большие преимущества в организации проектирования и производства, позволяя существенно сократить объемы проектных работ за счет использования документации ранее выполненных разработок, сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства, облегчить решение вопросов взаимодействия проектировщиков, изготовителей и эксплуатационников продукции, ее интеграции в различные системы и среды [1].



Рис. 2 Основные идеи CALS/ ИПИ [1]

Использование CALS обеспечивает информационное взаимодействие коллективов проектировщиков и предприятий-партнеров, независимо от ме-

ста их расположения и применяемых CAD/CAM-систем, делает возможным совместное выполнение опытно-конструкторских работ, проектирования, технической подготовки, собственно производства и эксплуатации в течение всего ЖЦ продукта. При этом достигается исключение повторного ввода и обработки информации, обеспечение преемственности результатов работы в проектах, изменение состава участников работ без потери результатов, сокращение затрат на документооборот, повышение управляемости производственных процессов, повышение качества и конкурентоспособности изделий.

В основу CALS-технологий положены стандарты ISO, обеспечивающие информационную интеграцию; это стандарты STEP, Parts Library, Parametriks, Mandate и ряд других [1, 3].



Рис. 3 Концептуальная модель CALS/ИПИ [1]

STEP-интерфейс служит для обмена данными с другими предприятиями, в том числе использующими другие системы PDM (рис. 6.4).

Стандарты STEP (стандарты для обмена данными о промышленных изделиях) определяют средства описания или моделирования промышленных изделий на всех стадиях их жизненного цикла. Стандарты Parts Library содержат основные принципы построения и использования библиотек широко используемых стандартных компонентов промышленных изделий: подшипников, элементов крепежа, электронных систем и др., Parametriks служат для унификации способов обмена параметризованными данными геометрических моделей, Mandate содержат принципы представления данных о производстве, обмену данными с внешней средой. Для обеспечения единообразной формы представления данных о промышленных продуктах в CALS служат используемый в STEP язык Express и языки разметки SGML, XML [1].

В качестве языков -- форматов межпрограммных обменов используются IGES, DXF, Express (стандарт ISO 10303-11, входит в совокупность стандартов STEP), SAT и др.

Наиболее перспективными считаются диалекты языка Express, что объясняется общим характером стандартов STEP, их направленностью на различные приложения, а также на использование в современных распределенных проектных и производственных системах. Форматы IGES или DXF, описывают только геометрию объектов, в то время как в обменах между различными САПР и их подсистемами фигурируют данные о различных свойствах и атрибутах изделий.



Рис. 4 Интеграционные функции формата STEP

Язык Express используется во многих системах интерфейса между CAD/CAM-системами. В частности, в систему CAD++ STEP включена среда SDAI (Standart Data Access Interface), в которой возможно представление данных об объектах из разных систем CAD и приложений (но описанных по правилам языка Express). CAD++ STEP обеспечивает доступ к базам данных большинства известных САПР с представлением извлекаемых данных в виде STEP-файлов.

Стандарт, регламентирующий справочники стандартных изделий, носит название PartLib (Parts Library), а PartLib ISO 13584 — это серия международных стандартов, описывающих требования к представлению информации в библиотеках изделий в электронном виде и обмену данными между ними. Цели данного стандарта состоят в унификации механизма передачи данных, в поддержке произвольных систем классификации, в достижении независимости от прикладного программного обеспечения.

Развитие виртуальных предприятий, функционирование которых осуществляется с использованием CALS-технологий, может строиться на базе широкого применения информационного обмена через корпоративные, территориальные и магистральные сети, в том числе через Интернет [5,6].

Развитие автоматизации проектирования и управления производством продолжается в направлении интеграции автоматизированных систем, используемых на различных этапах жизненного цикла промышленных изделий.

Освоение CALS-технологий становится насущной необходимостью научно-технического прогресса и обязательным условием успеха в конкурентной борьбе на рынках сбыта для предприятий, производящих сложные изделия.

## Тема 9. Интегрированные системы автоматизированного проектирования промышленных предприятий

В основу разработки информационных систем проектирования промышленных предприятий положена концепция создания и управления всей технической информацией о промышленном объекте на протяжении всего его жизненного цикла. Для осуществления идеи комплексной, интегрированной технологии ведения промышленного объекта от разработки технологической части проекта, выпуска проектной документации, контроля закупок, поставок и складирования, контроля за монтажными и наладочными работами до обслуживания при эксплуатации, реконструкции, демонтажа и утилизации, разрабатываются различные системы проектирования и управления строительством.

Традиционные системы трехмерного проектирования промышленных предприятий обмениваются не данными, а графической информацией на уровне чертежей.

В числе основных преимуществ использования VPD (PDMS) можно отметить:

- интеграцию данных, стандартизацию процесса проектирования; использование предыдущих проектов;
- наглядность проектных решений, сокращение ошибок за счет функций проверки на коллизии;
- простоту внесения изменений в проект, взаимную согласованность данных всех проектных дисциплин;
- сокращение трудозатрат за счет автоматизированного выпуска чертежей, сокращение расходов на строительство и эксплуатацию.

С целью обеспечения поддержки совместной работы специалистов разных дисциплин, участвующих в создании проекта, VPD (PDMS) включает в себя набор специализированных проектных приложений. Каждое из проектных приложений системы является ее неотъемлемой частью, такой подход позволяет реализовать совместную работу в режиме реального времени проектировщиков всех проектных дисциплин и функционально дополняет встроенный в PDMS модуль, обеспечивая полную запись, идентификацию, организацию и разрешение коллизий через механизм утверждения.

Система содержит базы данных по международным стандартам, что позволяет выполнять и российские, и международные проекты. Базы данных могут создаваться и редактироваться с помощью удобного графического интерфейса.

Программа просмотра - Review обеспечивает визуальное представление и обзор 3D-модели с высокой степенью детализации. При помощи оптимизированной системы формирования реалистичных изображений и освещения пользователи могут перемещаться по модели или создавать анимированные ролики для обеспечения эффективного обзора проекта, строительства и его утилизации.

Семейство программных продуктов обеспечивает обмен данными с системами сторонних разработчиков.

Система VPD (PDMS) обеспечивает возможности для совместного использования данных всеми проектантами, гарантируя при этом целостность и актуальность данных в любой момент, удовлетворяя потребности проектирования и визуального представления сложных промышленных объектов и поддерживая при этом качество предоставляемой проектной документации.

### Литература

1. Информационные технологии: Учебное пособие. Под ред. В. А. Грабаурова. – Минск: Современная школа, 2006.
2. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.
3. Зильбербург Л. И., Молочник В. И. Информационные технологии в проектировании и производстве. – СПб.: Политехника, 2008.
4. Журнал «САПР и графика», 2001 – 2009 г.г.
5. Грабауров В. А. Информационные технологии для менеджеров. М.: Финансы и статистика, 2005
6. Гейтс Б. Бизнес со скоростью мысли. М.: ЭКСМО-Пресс, 2001

### 4 Тематический план самостоятельной работы магистранта с преподавателем

Наименование темы СРСП	Цель занятия	Форма проведения занятия	Содержание задания	Рекомендуемая литература
Тема 1. Знакомство со средой черчения системы КОМПАС-3D V10.	Изучение правил построения трехмерных моделей, графических и текстовых документов	Работа с руководством пользователя	Ответить на поставленные вопросы	[8]
Тема 2. Базовые приемы работы в системе.	Использование меню, приемы создания объектов.	Работа с руководством пользователя	Ответить на поставленные вопросы	[8]
Тема 3. Геометрические объекты системы КОМПАС-3D V10.	Приемы построения объектов	Работа с руководством пользователя	Ответить на поставленные вопросы	[8]
Тема 4. Простановка размеров и обозначений в системе КОМПАС-3D V10.	Приемы простановки размеров и обозначений	Собеседование	Ответить на поставленные вопросы	[8]
Тема 5. Редактирование объектов в системе КОМПАС-3D	Приемы редактирования: сдвиг, копиро-	Собеседование	Ответить на поставленные вопросы	[8]

V10.	вание преобразование объектов и др.			
------	-------------------------------------	--	--	--