

О.А. Гаврилина, Н.Д. Толстоба

Компьютерные технологии в оптотехнике

учебное пособие



Санкт-Петербург
2010

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И
ОПТИКИ



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

О.А. ГАВРИЛИНА, Н.Д. ТОЛСТОБА

Компьютерные технологии в оплотехнике

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2010

Гаврилина О.А., Толстоба Н.Д. **Компьютерные технологии в оплотехнике.** - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 131.

Учебное пособие предназначено для ведущих лабораторные работы по дисциплине «Компьютерные технологии в оплотехнике», и для студентов, изучающих данную дисциплину.

Для студентов оптических направлений подготовки и специальностей:
200200.

Рекомендовано к печати Советом факультета оптико-информационных систем и технологий, протокол № ____ от _____ 2010 г.



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

©Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики, 2010

© О.А. Гаврилина, Н.Д. Толстоба 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Введение | 5 |
| Глава 1. Информационная поддержка жизненного цикла изделия..... | 8 |
| 1.1 Этапы жизненного цикла оптического изделия..... | 8 |
| 1.2 Применение САПР в оптическом приборостроении..... | 11 |
| 1.3 Основы информационной поддержки жизненного цикла изделий | 14 |
| 1.4 Концепция информационной поддержки изделия | 16 |
| 1.5 Архитектура системы информационной поддержки жизненного цикла изделия | 24 |
| 1.6 Структура системы информационной поддержки жизненного цикла изделия | 30 |
| Глава 2. Программные системы, обеспечивающие информационную поддержку различных этапов жизненного цикла изделия..... | 35 |
| 2.1 Системы автоматизированного проектирования и моделирования оптики..... | 36 |
| 2.2 Системы автоматизированного конструкторского и технологического проектирования..... | 48 |
| 2.3 Принципы построения экспертных систем | 52 |
| Характеристики экспертных систем | 53 |
| Назначение экспертной компоненты САПР | 58 |
| 2.4 Системы автоматизации производства в области оптики и оптического приборостроения..... | 63 |
| 2.5 Системы распределения материалов (Material Requirements Planning, MRP)..... | 65 |
| 2.6 Системы планирования производственных мощностей и ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP) | 73 |

| | |
|---|------------|
| 2.7 Системы интегрированной логистической поддержки жизненного цикла изделия (Integrated Logistic Support, ILS) | 75 |
| 2.8 Системы электронного документооборота и управления потоками работ (Workflow Management, WF) | 89 |
| Глава 3. Программные системы и форматы данных, обеспечивающих интеграцию программных систем в единое информационное пространство изделия | 98 |
| 3.1 Системы управления данными об изделии (Product Data Management, PDM) | 99 |
| 3.2 Интегрированные системы управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management, PLM) | 104 |
| 3.3 Системы управления базами данных, используемых для хранения информации об изделии..... | 111 |
| 3.4 Форматы для обмена данными об изделии | 112 |
| 3.5 Информационная безопасность в ИПИ-системах | 116 |
| Глава 4. Организация изучения дисциплины «Компьютерные технологии в оптотехнике» | 120 |
| 4.1 Краткое описание заданий к лабораторным работам..... | 120 |
| 4.2 Краткое описание электронного практикума..... | 121 |
| 4.3 Организация самостоятельной работы студентов по дисциплине | 122 |
| Литература | 128 |

Введение

Данное учебное пособие посвящено изучению основных этапов разработки изделий в современной оплотехнике и сопровождающей на производстве и в течение всего жизненного цикла документации. Дисциплина «Компьютерные технологии в оплотехнике» - наиболее динамичный и изменяющийся курс, благодаря меняющемуся окружающему миру, постоянно совершенствующимся технологиям, правилам производства, новым разработкам, открывающимся перспективам.

Дисциплина учит ориентироваться в многообразии программного обеспечения, необходимого для полноценного участия выпускника в научно-исследовательских, опытно-конструкторских работах и производственном процессе. На сегодняшний день за время своего существования изделие проходит целый ряд состояний от идеи до утилизации. Этот цикл сопровождается соответствующими работами: в конструкторских бюро, в научно-исследовательских лабораториях, в заготовительных цехах, в сборочных цехах.

В рамках теоретических занятий предлагается изучение основ документооборота, вне зависимости от конкретного программного обеспечения.

Лабораторные работы посвящены информационной поддержке жизненного цикла изделия. Предлагается к разработке ряд документов из единого жизненного цикла деталей оптических приборов. В самостоятельной и аудиторной работе магистранты используют различные программные продукты: среда проектирования оптической системы, несколько сред CAD/CAE/CAM, программное обеспечение для разработки документов, средства выпуска иллюстративного и презентационного материала, системы для создания единого документооборота на предприятии.

В результате изучения дисциплины магистрант получает определенные результаты образования в виде знаний, умений и навыков.

Знания: основы информационной поддержки жизненного цикла изделия; представление об общей концепции работы в средах САПР; способы и средства реализации информационной поддержки

жизненного цикла изделия; принципы организации процесса проектирования оптических приборов (изделий) в концепции информационной поддержки жизненного цикла изделия.

Умения: оформлять проектно-конструкторскую документацию на оптический прибор; организовывать работу в системах информационной поддержки жизненного цикла изделия; пользоваться современными средами автоматизированного проектирования и конструирования, системами информационной поддержки жизненного цикла изделия;

Навыки: работы в различных современных пакетах программ, предназначенных для разработки конструкторской документации, управления данными об изделии.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций:

- способен к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научнопроизводственного профиля своей профессиональной деятельности;
- способен адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности;
- способен использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, оформлять и представлять результаты исследований
- готов поддерживать единое информационное пространство планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции;
- способен эффективно применять специализированное программное обеспечение, средства автоматизированного проектирования и ИПИ-технологий для решения научно-технических, проектных, конструкторских и технологических задач оплотехники;
- способен эффективно взаимодействовать со специалистами в области компьютерной оптики, оптических технологий, оптико-электронных приборов и систем, оплотехники, смежных и иных профессиональных областей

Дисциплина «Компьютерные технологии в оплотехнике» относится к базовой части профессионального цикла дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знание высшей математики, информатики, основ конструирования, умение использовать современные фундаментальные знания по естественнонаучным направлениям подготовки, владение навыками работы с персональным компьютером, с программными продуктами для выполнения математических вычислений и программным обеспечением для проектирования оптических систем.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин бакалаврской подготовки направления "оплотехника" (математика, физика, информатика, основы оптики, основы конструирования, инженерная графика, методология проектирования оптических приборов) и служит основой для выполнения выпускной квалификационной работы и дальнейшей работы в области оплотехники.

Глава 1. Информационная поддержка жизненного цикла изделия

1.1 Этапы жизненного цикла оптического изделия

Процесс создания и существования технических объектов постоянно эволюционирует. От кустарных ремесленников, работавших в одиночку без чертежей и расчетов, техника пришла к коллективному автоматизированному производству, где часть операций выполняет сама техника. На сегодняшний день за время своего существования изделие проходит ряд состояний от идеи до утилизации. Совокупность этапов или последовательность процессов, через которые проходит изделие за время своего существования, называется жизненным циклом изделия [2]. Основные этапы жизненного цикла оптического прибора представлены на рисунке 1.

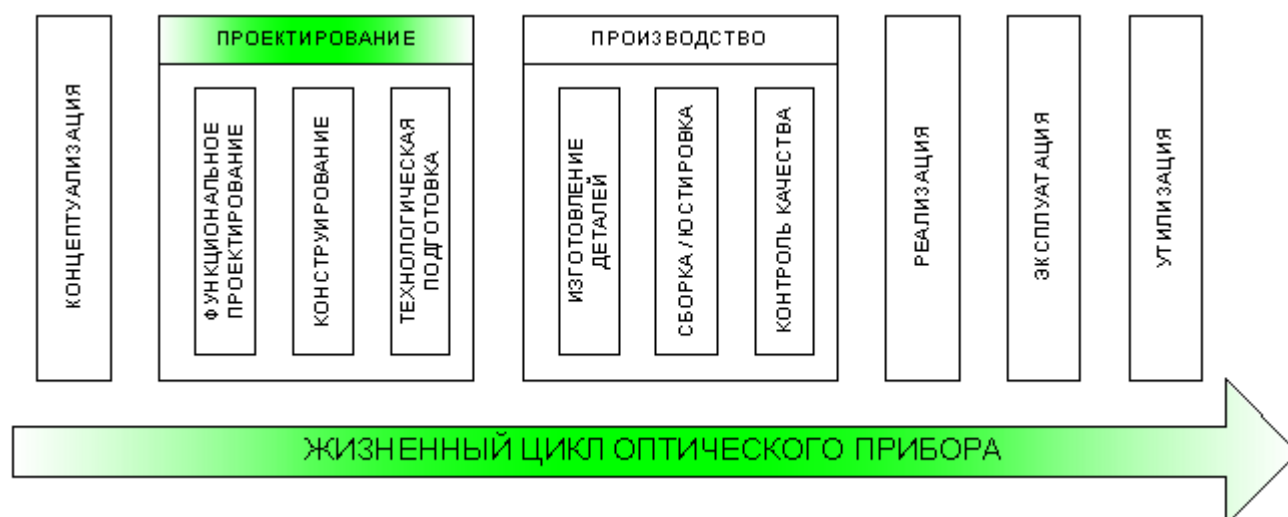


Рис. 1. Жизненный цикл оптического прибора

Жизненный цикл оптического прибора начинается после маркетинговых исследований, которые проводят производители в поиске потребителей своих идей или заказчики в поиске исполнителей своих задач и потребностей.

На первом этапе жизненного цикла, который иногда называют концептуализацией, осуществляется технический анализ и формальное определение потребностей, а также оценивается возможность физической реализации изделия, которое удовлетворит потребности, будет при этом конкурентоспособным и экономически выгодным. Заказчик и исполнитель формализуют свои потребности и идеи в виде документа, который

называется техническое задание. Когда техническое задание сформулировано и есть уверенность, что оно будет полностью реализовано, переходят к проектированию.

Проектирование можно разбить на три отдельных ветви, работа в которых часто ведется параллельно: функциональное, конструкторское и технологическое проектирование.

Объектами функционального проектирования являются схемы прибора. Именно поэтому функциональное проектирование называют иногда схемным. Схемы делятся по разным признакам. Так, например, в зависимости от физических принципов работы тех или иных устройств различают оптические, электрические, кинематические и другие схемы. Функциональное проектирование является крайне важным этапом, с которого и начинается собственно проектирование. Именно оно определяет оптимальность структуры и характеристик функциональных устройств, блоков, узлов и элементов прибора. Именно оно во многом обеспечивает принципиальную возможность выполнения прибором его главных задач, гарантирует получение требуемых значений функциональных характеристик. Результатом функционального проектирования являются различного рода схемы прибора и его частей. Проектирование различных схем выполняют инженеры-проектировщики разных специальностей: электрики, электронщики, оптики, механики.

Объектом конструкторского проектирования (или просто конструирования) является пространственная (твердотельная) структура прибора. На этапе конструирования спроектированные схемы предстают в виде реальных деталей и сборочных единиц, расположенных в пространстве и закрепленных вполне определенным образом. Говорят, что схемы при конструкторском проектировании реализуются “в железе”. Результатом конструкторского проектирования являются чертежи (конструкторская документация). Их разрабатывают инженеры-конструкторы. Термин “конструктор” часто употребляется и в более широком смысле, как синоним проектировщика вообще.

Объектами технологического проектирования являются технологические процессы изготовления деталей прибора. На этом этапе разрабатываются технологические документы: маршрутные карты (описание маршрута обработки деталей), операционные карты (описание выполняемых операций), ведомость оснастки (перечень используемых

средств технологического оснащения) и ряд других документов в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД) (ГОСТ 3.1201-85). Технологическое проектирование выполняют инженеры-технологи различного профиля (оптики, механики, электрики и другие).

Параллельно с технологическим проектированием может осуществляться изготовление и испытание опытных образцов отдельных деталей и узлов изделия или даже всего изделия в целом. При этом проводятся измерения ответственных деталей и различные испытания изделия. По их результатам в проектную документацию вносят соответствующие изменения. Это означает возврат на пройденные ранее этапы. Такие же итерационные возвраты могут осуществляться как от технологической к конструкторской ветви, так и от конструкторской к функциональной. Например, это приходится делать в случае, когда разработанную конструкцию очень сложно и дорого (или вообще невозможно) изготовить. В этих случаях говорят, что конструкция оказалась нетехнологичной. Бывает, что разработанная схема конструируется плохо или неудобно, не помещается в заданные габариты и т. п. О таких схемных решениях говорят, что они неконструктивны. Таким образом, между ветвями, как и рассмотренными ранее уровнями, прослеживается явно итерационный характер.

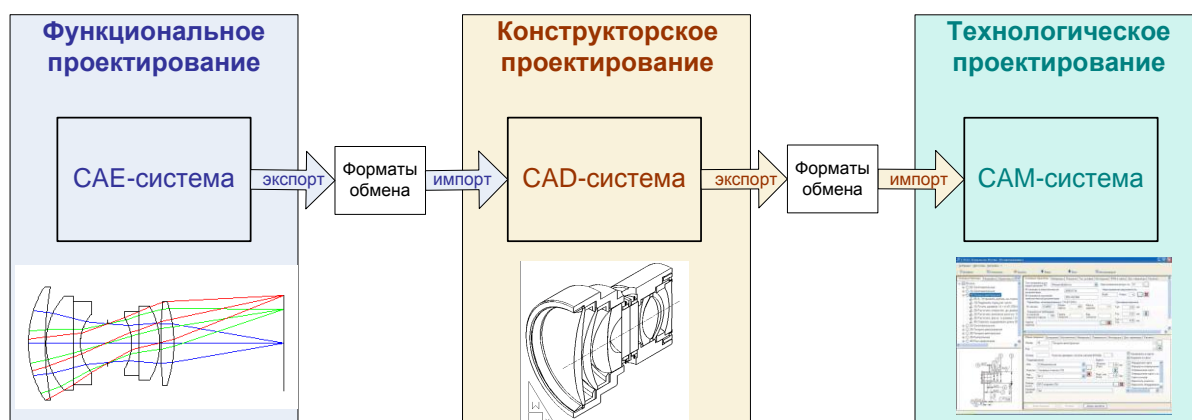


Рис. 2. Информационный поток в процессе проектирования

Производство оптических изделий обычно сопровождается специфическими процедурами изготовления и контроля оптических деталей или всего изделия в целом. Важным этапом является сборка и юстировка оптических каналов прибора, в процессе которой требуется моделирование работы уже изготовленного прибора и его оптимизация.

Жизненный цикл оптического изделия продолжают реализация (продажа изделий конечным пользователям) и эксплуатация, а завершает утилизация.

1.2 Применение САПР в оптическом приборостроении

Процесс проектирования оптических систем и приборов составляют большое количество проектных процедур и операций, которые осуществляются с использованием большого количества разнообразного программного обеспечения. С середины 60-х годов XX века осуществляется переход от использования отдельных программ к организации систем автоматизированного проектирования (САПР). САПР представляли собой аппаратно-вычислительные комплексы, обеспечивающие автоматизацию различных проектно-конструкторских работ. Большой вклад в автоматизацию проектирования оптики внесли сотрудники Ленинградского оптико-механического объединения им. В.И. Ленина, Государственного оптического института им. С.И. Вавилова и Ленинградского института точной механики и оптики, которые в 1976-1981 г.г. разработали и внедрили систему автоматизированного проектирования оптики САПР-“ОПТИКА” [20].

САПР-“ОПТИКА” – это комплексная система автоматизированного проектирования, обработки результатов контроля и технологической подготовки производства оптических систем, состоящая из нескольких идеологически и организационно связанных между собой функциональных проблемно-ориентированных подсистем:

- Подсистемы автоматизированного проектирования оптических систем (АСПО) в трех модификациях – на базе ЕС ЭВМ, ЭКВМ и ЭВМ “БЭСМ-6”;
- Подсистемы обработки результатов контроля оптических систем и деталей;
- Подсистемы информационно-логического поиска оптических деталей (ИЛПС);
- Подсистемы автоматизированной технологической подготовки оптического производства (АСТППО).

В зависимости от потребностей и технологической базы конкретного предприятия предусмотрено использование данных подсистем комплексно или автономно.

Подсистемы автоматизированного проектирования оптических систем включают в себя:

- модель процесса проектирования, включающие в себя проектные процедуры синтеза, анализа и оптимизации;
- методы синтеза оптических систем, анализа и оценки их характеристик, а также оптимизации на всех уровнях при автоматизированном проектировании;
- систему математических моделей оптических приборов как объектов автоматизированного проектирования.

Также в САПР-“ОПТИКА” входит банк данных, обеспечивающий возможность хранения и корректировки всей информации, необходимой при проектировании оптических систем, защиту от несанкционированного доступа. Информационное обеспечение автоматизированного проектирования включает в себя машинный каталог оптических материалов и информационно-поисковую систему оптических схем. Основные признаки и структура САПР-“ОПТИКА” показаны на рисунке 3.

По опыту эксплуатации САПР-“ОПТИКА” при проектировании оптических систем были получены следующие данные технико-экономической эффективности:

- в среднем в 3 раза сокращаются сроки и трудоемкость разработки оптических систем;
- на 20% повышается число заимствованных узлов;
- в среднем на 5% уменьшается число оптических деталей в разрабатываемых оптических системах за счет более оптимальных решений оптических систем;
- на 8-10% сокращаются сроки проектирования приборов в целом.

Однако необходимо отметить, что система САПР-“ОПТИКА” являлась аппаратно-зависимой. Бурное развитие и быстрая смена

компьютерной техники привели к тому, что использование этой системы на сегодняшний день неэффективно и невозможно.

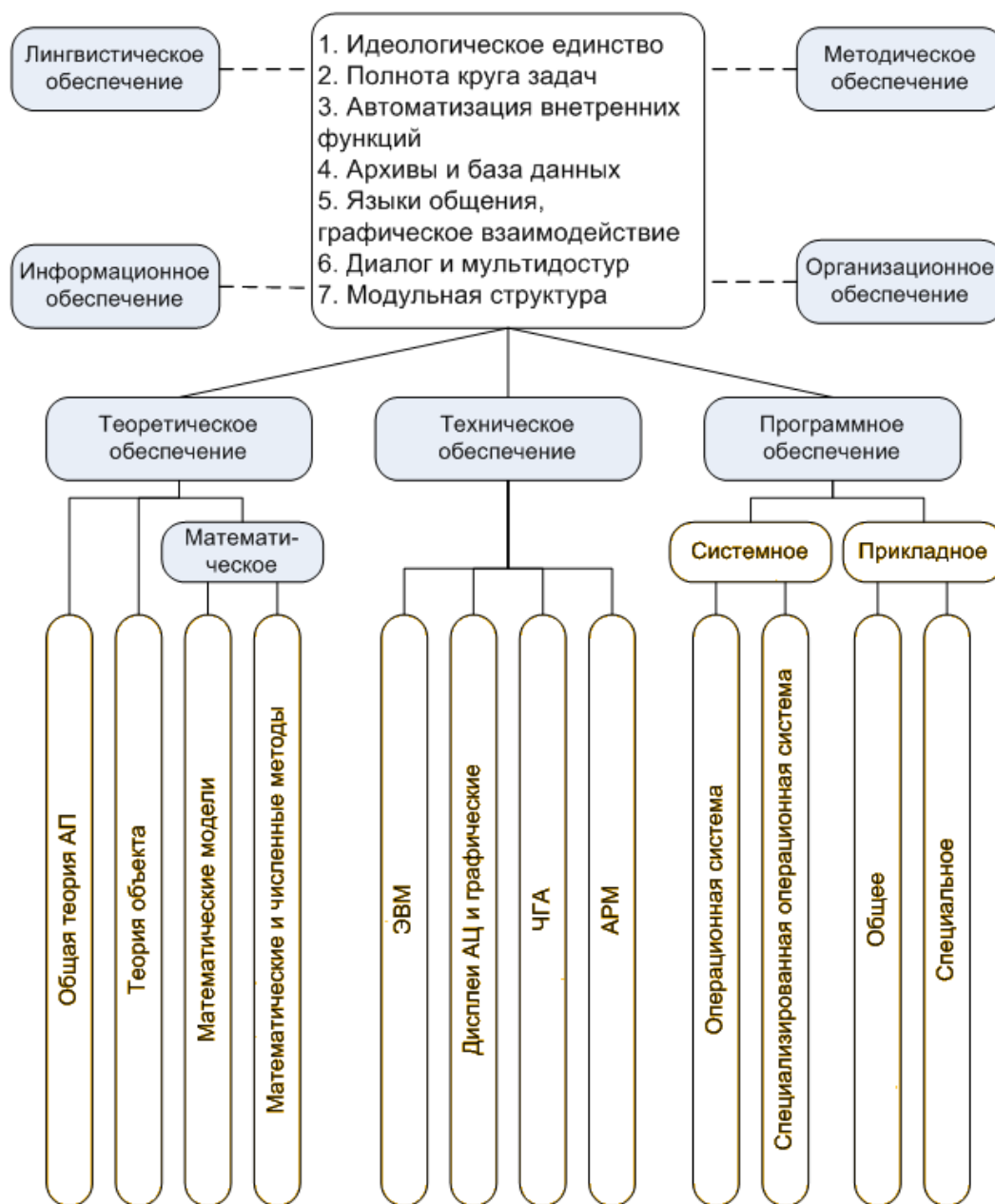


Рис. 3. Основные признаки и структура САПР-“ОПТИКА”

Кроме того, системы САПР предназначались в основном для автоматизации этапа проектирования. Развитие компьютерной техники также позволило автоматизировать и другие этапы жизненного цикла. На сегодняшний день требуется более широкая интеграция систем автоматизации и информационной поддержки изделия на всех этапах. Тем не менее, теоретическая база и математические модели являются хорошей основой для решения задач автоматизации проектирования на совершенно другом уровне.

1.3 Основы информационной поддержки жизненного цикла изделий

В настоящее время на мировом рынке наукоемких промышленных изделий отчетливо наблюдаются три основные тенденции:

- повышение сложности и ресурсоемкости изделий;
- развитие кооперации между участниками жизненного цикла изделия;
- повышение конкуренции на рынке.

Основной проблемой, стоящей сейчас перед отечественной промышленностью, является повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий с учетом перечисленных тенденций. Добиться повышения конкурентоспособности изделия можно за счет:

- повышения степени удовлетворения требований заказчика;
- сокращения сроков создания изделия;
- сокращения материальных затрат на создание изделия.

Основным способом повышения конкурентоспособности изделия является повышение эффективности процессов его жизненного цикла, т.е. повышение эффективности управления ресурсами, используемыми при выполнении этих процессов. В настоящее время наиболее распространенной концепцией повышения эффективности управления информационными ресурсами является концепция CALS (от англ. Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывный сбор информации и поддержка жизненного цикла) [5, 19], которая превратилась в целое направление информационных технологий.

Концепция CALS сформировалась в середине 70-х годов в оборонном комплексе США при повышении эффективности управления и сокращения затрат на информационное взаимодействие в процессах заказа, поставок и эксплуатации средств вооружения и военной техники [15]. Успешное решение данной задачи было возможно в условиях организации единого информационного пространства для обмена данными между заказчиком – федеральными органами, производителями и потребителями

изделия. Данная концепция изначально базировалась на идеологии жизненного цикла продукта и охватывала фазы производства и эксплуатации. На первоначальном этапе аббревиатура CALS расшифровывалась как Computer Aided Logistic Support, то есть компьютерная поддержка логистических систем [19]. Под CALS понималась безбумажная технология взаимодействия между организациями заказывающими, производящими и эксплуатирующими военную технику, а также формат представления соответствующих данных.

Основные идеи и цели концепции CALS представлены на рисунке 4.



Рис. 4. Основные идеи CALS

CALS сегодня [1, 13, 26] – это стратегия систематического повышения эффективности, производительности и рентабельности

процессов хозяйственной деятельности корпораций за счет внедрения современных методов информационного взаимодействия участников жизненного цикла изделия.

В России в последнее время устоялась следующая русскоязычная интерпретация термина “CALS” [17] – информационная поддержка жизненного цикла изделия (ИПИ). Однако чаще всего этот русскоязычный термин используется, когда речь идет о средствах реализации информационной поддержки (ИПИ-методы, ИПИ-технологии, ИПИ-стандарты). Термин “CALS” применяют, когда говорят о концептуальных и стратегических вопросах.

1.4 Концепция информационной поддержки изделия

Повышение эффективности процессов, выполняемых в ходе жизненного цикла изделия, достигается за счет информационной интеграции и преемственности информации, порождаемой на всех этапах жизненного цикла. Информационная интеграция заключается в том, что все автоматизированные системы, применяемые на различных стадиях жизненного цикла, оперируют не с традиционными документами и даже не с их электронными отображениями (например, отсканированными чертежами), а с формализованными информационными моделями, описывающими изделие, технологии его производства и использования (Таблица 1) [5, 19]. Эти модели существуют в интегрированной информационной среде в специфической форме информационных объектов.

Системы, которым для работы нужны те или иные информационные объекты, по мере необходимости могут извлекать их из интегрированной информационной среды [8], обрабатывать, создавая новые объекты, и помещать результаты своей работы в ту же интегрированную информационную среду. Чтобы все это было возможно, информационные модели и соответствующие информационные объекты должны быть стандартизованы [3, 4, 8].

Таблица 1. Классификация информационных моделей

| Стадии жизненного цикла продукта | Информационные модели | | |
|---|--|---|--|
| | Модель продукта | Модель ЖЦ продукта и выполняемых в его ходе процессов | Модель производственной и эксплуатационной среды |
| Маркетинг | Маркетинговая (концептуальная) | Модель процесса маркетинга продукта | Модель маркетинговой среды |
| Проектирование и разработка продукта | Конструкторская | Модель процессов проектирования, разработки | Модель проектно-конструкторской среды |
| Производство или предоставление услуг | Технологическая | Модель процессов производства | Модель технологической среды |
| Реализация | Сбытовая (цены, условия продажи и пр.) | Модель процессов продаж | Модель среды, в которой осуществляются продажи |
| Установка и ввод в эксплуатацию, техническая помощь и обслуживание, эксплуатация, утилизация | Эксплуатационная | Модель процессов эксплуатации | Модель эксплуатационной среды |

Интегрированная информационная среда [2] представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которой действуют единые, стандартные правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которую осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми участниками жизненного цикла изделия. При этом однажды созданная информация хранится в интегрированной информационной среде, не дублируется, не требует

каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность.

В отличие от интегрированных систем управления производством, концепция CALS охватывает не только производство, но и все остальные этапы жизненного цикла (Рис. 5) [19].

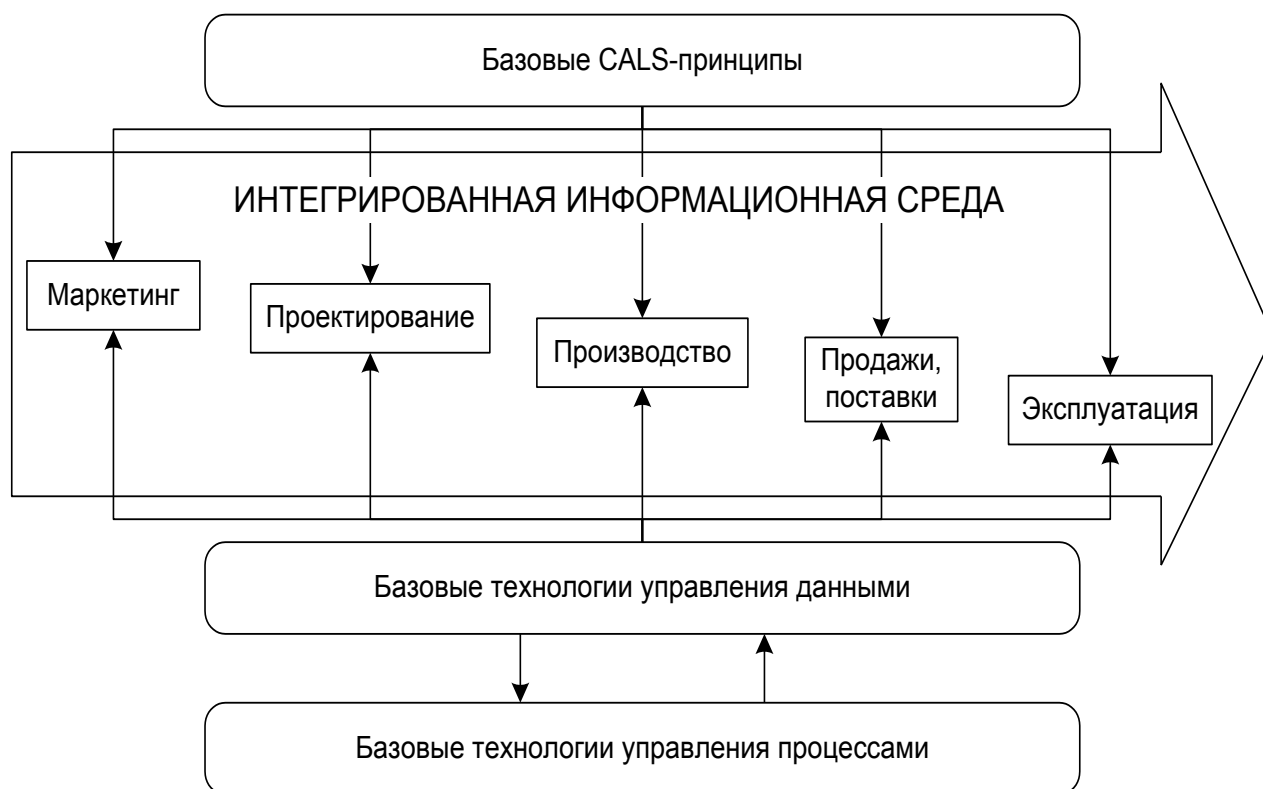


Рис. 5. Концептуальная модель CALS

Но концепция CALS не касается технологий решения прикладных задач. То есть к CALS не относятся:

- технологии моделирования бизнес-процессов;
- технологии форматирования данных;
- технологии документооборота;
- технологии управления потоками работ;
- технологии управления изменениями;
- технологии подготовки данных, поставляемые производителями частных прикладных систем вместе с этими системами (например, PDM, CAD/CAM/CAE и т. д.).

Предметом CALS являются технологии совместного использования и обмена информацией (информационной интеграции) в процессах выполняемых в ходе жизненного цикла изделия. Основой является использование комплекса единых информационных моделей, стандартизация способов доступа к информации и ее корректной интерпретации, обеспечение безопасности информации, а также юридические вопросы совместного использования информации (в том числе интеллектуальной собственности).

Ключевым звеном CALS является электронное описание изделия (ЭОИ) [1]. В отличие от разрозненного представления данных об изделии в конструкторских, технологических автоматизированных системах управления (АСУ), системах планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP), системах планирования материалов (Material Requirements Planning, MRP) и других системах, решающих частные задачи основной деятельности предприятий, ЭОИ объединяет и систематизирует эти данные. На основе ЭОИ создаются различные частные производные (конструкторско-технологическая спецификация, эксплуатационная документация и т.д.). ЭОИ описывает не только изделие, но и сопряженную с ним среду – инструменты, приспособления, оснастку, технологическое оборудование, системы обеспечения эксплуатации изделия и т.д.

Путь реализации идей CALS содержится в стратегии, предполагающей создание единого информационного пространства (ЕИП) [19] (Рис. 6) для всех участников жизненного цикла изделия. ЕИП должно обладать следующими свойствами:

- вся информация представлена в электронном виде;
- ЕИП охватывает всю созданную информацию об изделии;
- ЕИП является единственным источником данных об изделии (прямой обмен данными между участниками жизненного цикла исключен);
- ЕИП строится только на основе международных, государственных и отраслевых информационных стандартов;

- для создания ЕИП используются программно-аппаратные средства, уже имеющиеся у участников жизненного цикла;
- ЕИП постоянно развивается.

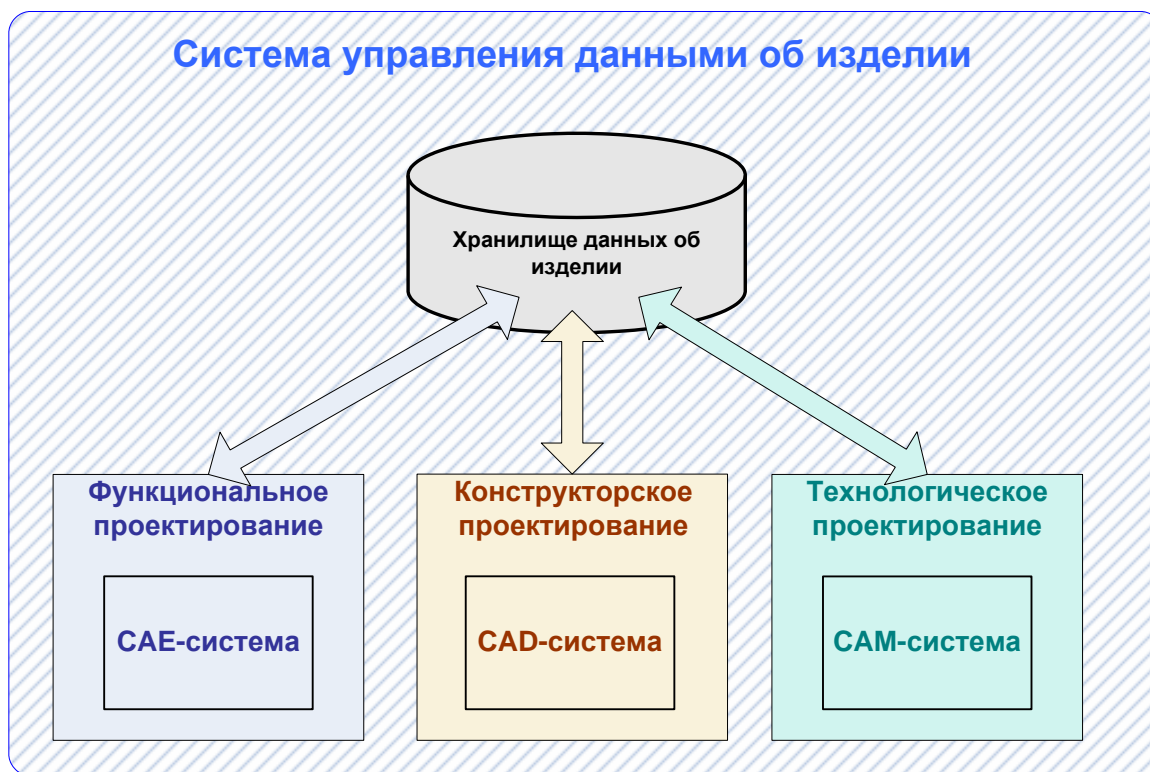


Рис. 6. Проектирование в едином информационном пространстве

Стратегия CALS предусматривает двухэтапный план создания ЕИП:

- 1) Автоматизация отдельных процессов (или этапов) жизненного цикла изделия и представление данных на них в электронном виде.
- 2) Интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, уже представленных в электронном виде, в рамках ЕИП.

Таблица 2. Эффективность создания ЕИП для различных организационных структур

| Организационная структура | Повышение эффективности управления процессами | Повышение эффективности управления данными | Повышение эффективности обмена данными внутри структуры |
|---------------------------|---|--|---|
| Подразделение предприятия | Среднее | Высокое | Низкое |

| | | | |
|---|---------|---------|---------|
| Отдельное предприятие | Высокое | Высокое | Среднее |
| Виртуальное предприятие (корпорация) | Высокое | Высокое | Высокое |
| Эксплуатирующая организация | Среднее | Высокое | Среднее |

Основными преимуществами ЕИП являются:

- обеспечение целостности данных;
- возможность организации доступа к данным географически удаленных участников жизненного цикла изделия;
- отсутствие потерь данных при переходе между этапами жизненного цикла изделия;
- изменения данных доступны сразу всем участникам жизненного цикла изделия;
- повышение скорости поиска данных и доступа к ним по сравнению с бумажной документацией;
- возможность использования различных компьютерных систем для работы с данными.

Единое информационное пространство может быть создано для организационных структур разного уровня: от отдельного подразделения до виртуального предприятия или корпорации. При этом различается и эффект, получаемый от его создания (Таблица 2) [19].

ИПИ-технологии – это общее название организационных, информационных и прикладных формализованных технологий, обеспечивающих создание и управление ИПИ-системой [2]. Можно выделить следующие ИПИ-технологии [8]:

- 1) Технология описания процессов на различных этапах жизненного цикла изделия. Наибольший интерес представляют этапы проектирования, создания, модернизации наукоемких изделий в

силу их высочайшей сложности и огромного потенциала для оптимизации.

- 2) Технология сквозной обработки прикладных данных в информационной системе – создание и выбор стандартов представления ЭОИ, способов и программно-технических средств описания, подготовки, обработки, передачи и управления данными, разработка прикладных протоколов взаимодействия программных компонентов ИПИ.
- 3) Технология создания ЭОИ – описание процессов создания виртуальных изделий, процессов, среды.
- 4) Технология информационного взаимодействия функциональных групп пользователей – реализация технологии в заданной программно-технической среде с учетом технологий сквозной обработки прикладных данных и создания ЭОИ.
- 5) Технология управления целевыми и ИПИ-проектами. Многократно возросшая за последние десятилетия сложность целевых проектов, плюс создание изделия через его электронное описание требует обязательного перехода на автоматизированную систему формализованного управления целевыми и ИПИ-проектами.

Данные технологии реализуются с помощью специального инструментария, т.е. специального программного обеспечения, которые будут рассмотрены далее.

Под ИПИ-системой понимают автоматизированную систему управления, которая интегрирует информационные процессы в едином информационном пространстве и управляет интегрированным информационным обеспечением участников жизненного цикла изделия [19].

Различают два вида ИПИ-систем:

- 1) ИПИ-система предприятия. Обеспечивает создание единой интегрированной системы управления унифицированным созданием и использованием конструкторской, технологической,

производственной информации по всем видам изделий, а также интеграцию с внешними информационными системами.

2) ИПИИ-система виртуального предприятия. Обеспечивает интеграцию и управление информационными процессами при решении задач корпоративного, отраслевого, межотраслевого, межгосударственного сотрудничества. К таким системам относятся средства категории PLM (Product Life-cycle Management – управление жизненным циклом изделия), или системы для проектов совместной разработки и создания изделия.

Несмотря на общность CALS-идеологии, задачи для этих видов ИПИИ-систем весьма различны, поэтому подходы, проектные решения и модели управления также будут разными.

Важно отметить, что с точки зрения управления производством ИПИИ-система является системой управления данными об изделии, причем не в узком смысле, а так, как это определено в ГОСТ 34.003-90, – автоматизированной системой, включающей все необходимые виды обеспечения. Эффективность применения ИПИИ-технологий и ИПИИ-систем предполагает неукоснительное соблюдение всеми участниками определенных и жестко регламентированных стандартов, процедур, правил и технических решений.

В настоящее время не существует общепринятой и утвержденной методики проектирования информационных систем, основанной на ГОСТах. Поэтому приведенная ниже методика основана на доступных материалах [17, 19].

Противоречивые требования модели данных, а также недостаток средств, времени и опыта работы сотрудников предприятия в информационной системе определяют двухфазную методику внедрения:

- Предварительное обследование процессов жизненного цикла изделия и разработка архитектуры информационной системы и стратегии внедрения ИПИИ-технологий.
- Последовательная автоматизация и интеграция отдельных этапов или комплексов задач в ЕИП.

Методика внедрения представлена на рисунке 7.

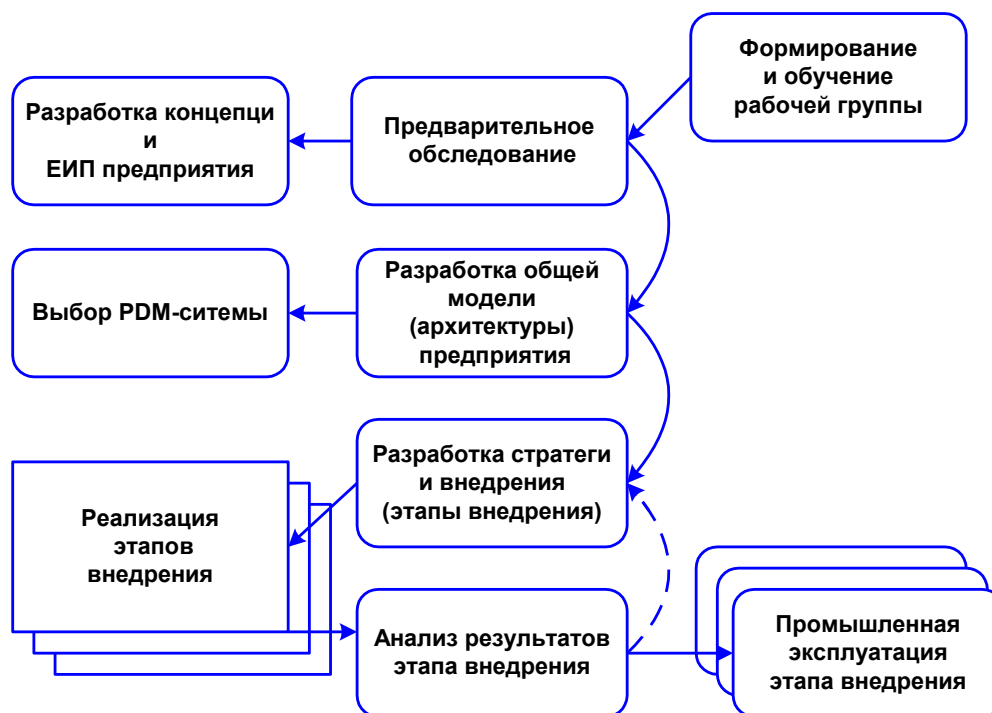


Рис. 7. Методика внедрения ИПИИ-технологий

1.5 Архитектура системы информационной поддержки жизненного цикла изделия

Для управления бизнес-процессами необходимо следующее программное обеспечение:

- система управления ресурсами предприятия (ERP-система);
- система управления потоками работ (WF-система);
- система логистической поддержки изделия (ILS-система);
- система распределения материалов (MRP-система).

Для решения технических задач в процессе создания изделия используется следующее программное обеспечение:

- программное обеспечение для автоматизации проектирования (CAE-системы).
- программное обеспечение для автоматизации конструирования (CAD-система);

- программное обеспечение для автоматизации различных технологических процессов, контроля качества, сборки и юстировки (САМ-системы).

Подробнее все перечисленные программные системы будут рассмотрены в третьей главе данного учебного пособия.

Обобщенная программная архитектура системы информационной поддержки жизненного цикла изделия представлена на рисунке 8.



Рис. 8. Обобщенная программная архитектура системы

Перечисленное программное обеспечение должно быть интегрировано в единую программную систему, которая и составит систему информационной поддержки жизненного цикла изделия. Настройка и адаптация такой системы к использованию на конкретном предприятии позволяет создавать систему информационной поддержки жизненного цикла изделия (например, оптического прибора). Ядром такой системы является единая модель изделия с возможностью его представления как объекта бизнеса, так и технического объекта.

Для обеспечения единства и целостности информации модель оптического прибора должна храниться в едином хранилище. Управление таким хранилищем, а также передача данных об изделии с одного этапа жизненного цикла на другой осуществляется с использованием универсальной программы управления данными об изделии (PDM-системы). Интегрированная информационная среда, созданная с использованием PDM-системы представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которой действуют единые, стандартные правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которую осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми участниками жизненного цикла изделия. При этом однажды созданная информация хранится в интегрированной информационной среде, не дублируется, не требует каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность.

Рассмотрим подробнее часть системы для автоматизации управления жизненным циклом оптических систем на этапах проектирования, конструирования и производства (Рис. 9). Для ее создания используется многослойная архитектура, в которой каждый слой является основой для функционирования выше лежащего слой. Выбор многослойной архитектуры определяется достоинствами, которые заключаются в следующем:

- система является гибкой и легко расширяемой на любом уровне;
- система предполагает повторное использование объектов и функций.

PDM-система позволяет представить оптическую систему как технический объект и с помощью экспортно-импортных операций сформировать это представление в требуемом формате. Модель оптической системы является единой для систем автоматизации проектирования, конструирования и производства.

Функциональный слой составляют библиотеки объектов и функций для решения задач автоматизации основных этапов жизненного цикла оптической системы. Далее следует слой интерфейса программирования. Такой слой в системах обычно называется API (Application Programming Interface). Интерфейс программирования позволяет выполнить любую функцию системы или создать новую на основе уже существующих функций. Так же как ядро системы, функциональный и программный интерфейсы являются объектно-ориентированными. Благодаря интерфейсу программирования слой пользовательских интерфейсов может быть разнообразным и легко расширяемым. К системе может быть реализован не только графический пользовательский интерфейс для различных операционных систем, а к некоторым компонентам системы – web-интерфейс.

Пользователи должны иметь возможность создавать макросы на стандартных языках программирования (Python, TCL и других). Это позволит пользователям наиболее полно использовать возможности системы и самим расширять набор функций. Неотъемлемой и важной частью системы является учебно-образовательный слой, который составляют справочники и руководства пользователя, электронные учебники и обучающие программы.

В архитектуру системы также входят экспертные системы для принятия технических и бизнес-решений на различных этапах жизненного цикла, нормативные материалы, базы данных и знаний, всевозможные справочные материалы.

Аппаратная архитектура многопользовательских информационных систем обычно реализуется в виде трехзвенной распределенной архитектуры хранения и доступа к информации. Преимущество трехзвенной архитектуры по сравнению с другими технологиями состоит в оптимальной организации процессов обмена, обработки и хранения инженерных данных с точки зрения защищенности и сохранности

информации. Трехуровневая система состоит из следующих основных частей (Рис. 10):

- сервера распределенной базы данных, являющиеся единым хранилищем всей информации об изделии;

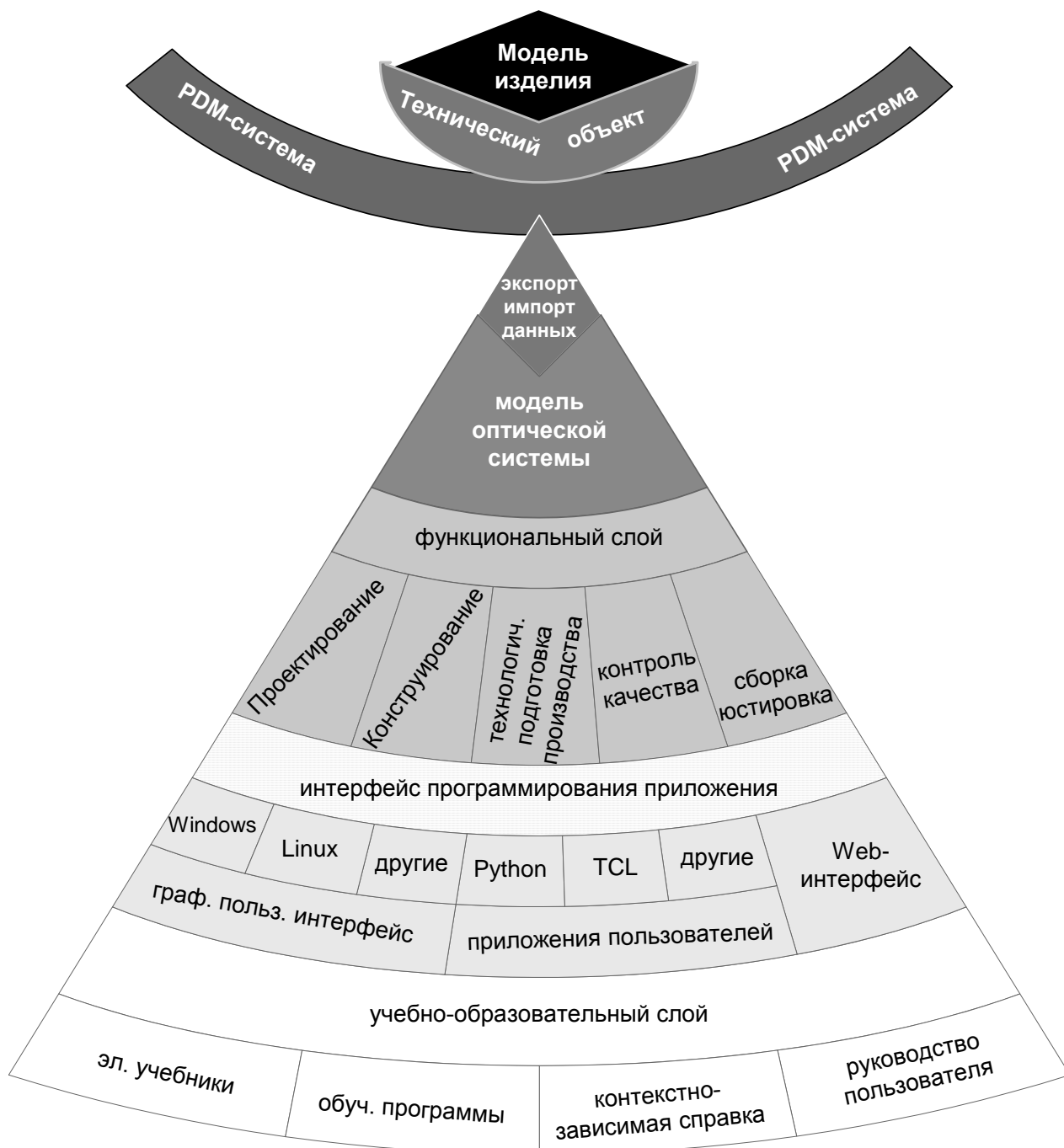


Рис. 9. Программная структура системы

- сервера приложений, при помощи которого информация об изделии обрабатывается и представляется во всевозможных видах;
- рабочие места, с которых пользователи получают доступ к требуемой информации.

Такая организация процессов обработки и хранения информации значительно снижает требования к производительности компьютеров, устанавливаемых на рабочих местах, распределяя вычислительную нагрузку между разными компонентами. Описанная архитектура дает возможность при эксплуатации выбирать различные варианты установки системы на имеющемся на предприятии компьютерном оборудовании.

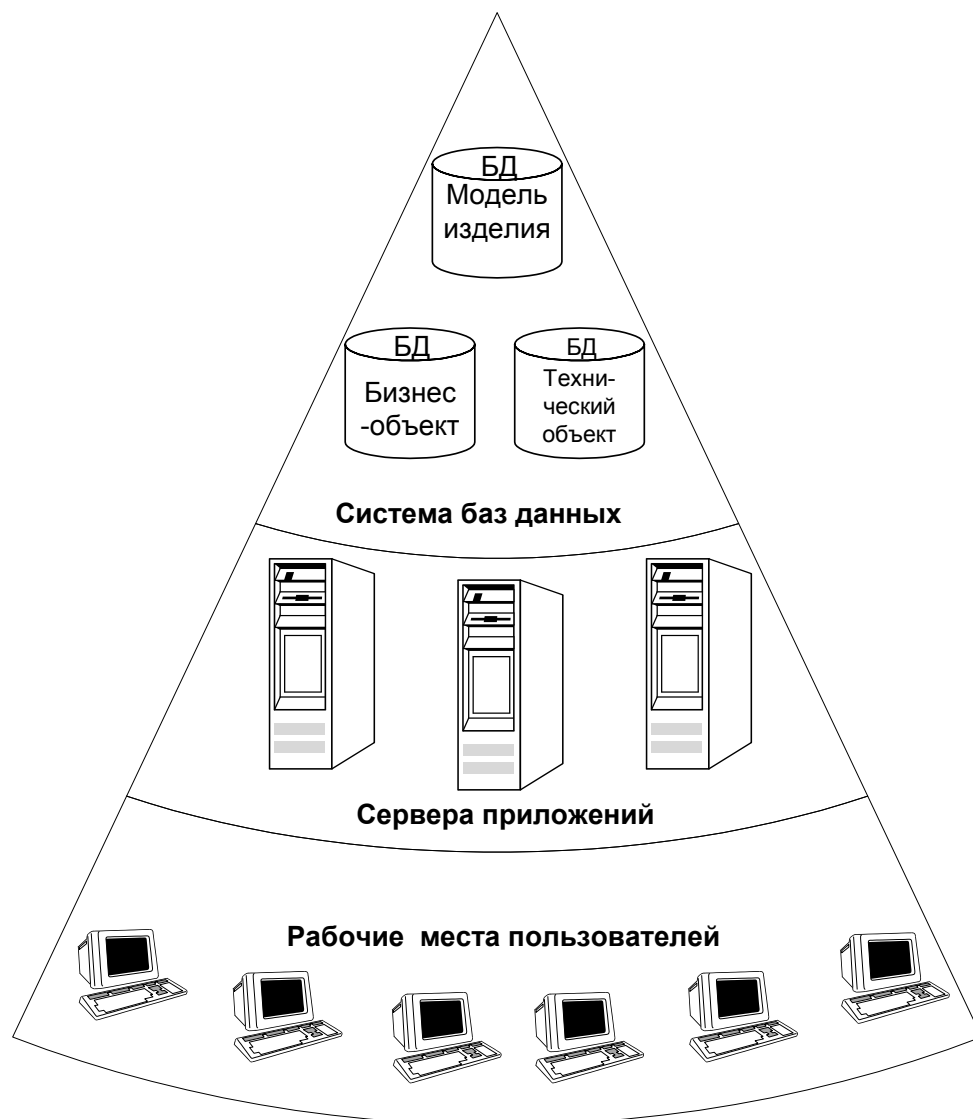


Рис. 10. Аппаратная архитектура системы.

1.6 Структура системы информационной поддержки жизненного цикла изделия

Модели изделия реализуются в базе данных [12], которая является ядром единого информационного пространства изделия. Вся информация об изделии на протяжении всего жизненного цикла хранится в базе данных. Все прикладные программы, участвующие в обеспечении информационной поддержки жизненного цикла изделия, должны реализовывать обмен данными с центральной базой данных.

Для создания и управления базами данных используются системы управления базами данных. Наиболее известными и активно используемыми СУБД на сегодняшний день являются Oracle, Microsoft SQL Server, Borland Interbase.

Создание единого информационного пространства всех участников жизненного цикла и модели конкретного изделия в базе данных осуществляется с использованием системы управления данными об изделии (PDM-системы).

Выбор системы управления данными об изделии часто определяет выбор системы автоматизированного конструирования (CAD-системы) и наоборот. Это объясняется более тесной интеграцией продуктов “родственников”.

Изделие как технический объект создается на этапе автоматизированного проектирования. Для автоматизации непосредственно производства в области оптического приборостроения используются системы для управления изготовлением оптических деталей (программы управления станками для формообразования стеклянных оптических деталей, программы управления установками для нанесения оптических покрытий и т.п.), системы для контроля качества оптических деталей и систем (программы для обработки интерферограмм, гартманограмм, результатов других оптических измерений), системы для автоматизации юстировки оптических систем (программы для оптимизации взаимного расположения реальных оптических деталей в оптическом приборе, программы для комплектации оптических систем из реально изготовленных серий деталей и др.).

Разнообразие изделий, методов организации их производства и управления предприятиями не позволяет создать полностью готовые программные продукты для управления ресурсами предприятия и потоками работ, распределением материалов и послепроизводственными процессами. В настоящее время поставляются базовые системы, которые требуют адаптации к условиям конкретного предприятия и существенной доработки.

Для обеспечения работы аппаратной части комплекса не обойтись без системного программного обеспечения (операционные системы на серверах и на клиентах, драйвера для оборудования, система резервного копирования и архивирования, средства для обеспечения безопасности, система электронной почты и т.п.) Выбор системного программного

обеспечения определяется как объективными, так и субъективными факторами (состав аппаратного обеспечения, сетевая инфраструктура, финансовые возможности, предпочтения сотрудников и т.п.) и часто заканчивается волевым административным решением.

Аппаратная структура системы управления жизненным циклом изделия определяется многими факторами. Во-первых, структуру и состав аппаратного обеспечения определяет количество пользователей системы. Каждого пользователя системы необходимо обеспечить персональным рабочим местом, которое должно быть подключено к сети. Во-вторых, программное обеспечение диктует свои требования к аппаратному (объем оперативной и дисковой памяти, быстродействие процессора, графические возможности, скорости обмена данными и другие параметры).

Аппаратная структура зависит так же от физического размещения участников жизненного цикла изделия (сосредоточены в одном здании, находятся в разных зданиях, разных городах и даже странах). Изделия перестают быть “локальными”, их производство может быть организовано во многих точках мира. Появились новые формы кооперации в виде распределенных (виртуальных) предприятий, когда каждый этап создания изделия выполняется в том месте, где это наиболее выгодно: проектирование поручается одному исполнителю, конструирование другому, производство третьему. Эти факторы определяют выбор технологий и аппаратуры для обеспечения сетевого соединения (локальная сеть, интернет-соединение по телефонным линиям, выделенное интернет-соединение).

Примерная аппаратная структура информационной системы информационной поддержки жизненного цикла изделия приведена на рисунке 11.

Ядро системы реализуется отделом информационных технологий (ИТ). Этот отдел обеспечивает реализацию моделей изделия в базах данных, установленных на сервере БД, работу приложений по управлению данными об изделии, а также по управлению ресурсами предприятия. Отдел ИТ обеспечивает создание и обслуживание сетевой инфраструктуры предприятия.

Конструкторский отдел работает с изделием на этапах проектирования и конструирования. Рабочие станции инженеров-конструкторов должны удовлетворять требованиям, которые предъявляют современные CAD/CAE-системы. Для обеспечения работы с бумажной конструкторской документацией необходимо дополнительное аппаратное обеспечение (сканер, плоттер, принтер).

В производственном отделе работают с программным и аппаратным обеспечением, которое прилагается обычно к производственному, измерительному и другому оборудованию. Отдел информационных технологий должен обеспечить интеграцию этой аппаратуры в единое информационное пространство предприятия.

Отдел послепроизводственного обслуживания работает с системой логистической поддержки изделия. Для обеспечения технической поддержки изделий в этом отделе необходимо дополнительное телекоммуникационное оборудование (телефон, факс, пейджер и др.) для связи с заказчиками.

Отдел управления работает с различными офисными системами, системой управления ресурсами предприятия, потоками работ и распределения материалов.

Связь с другими участниками жизненного цикла изделия (соисполнители, поставщики, заказчики и др.) осуществляется посредством интернет-технологий.

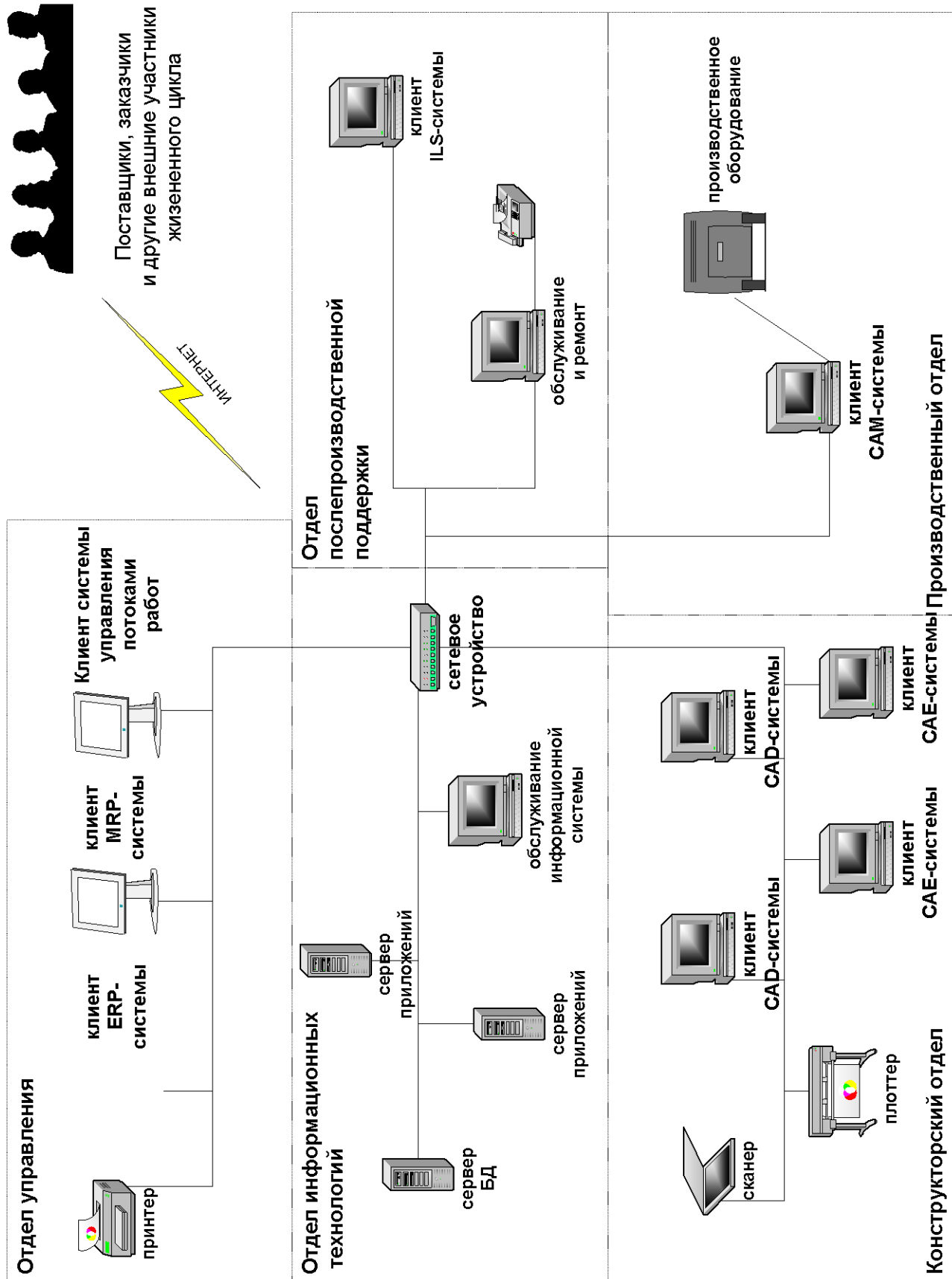


Рис. 11 Аппаратная структура системы информационной поддержки жизненного цикла изделия

Глава 2. Программные системы, обеспечивающие информационную поддержку различных этапов жизненного цикла изделия

Все программные продукты, используемые в ИПИ-технологиях, можно разделить на две большие группы:

- программные продукты, используемые для создания и преобразования информации об изделиях, производственной среде и производственных процессах, применение которых не зависит от реализации ИПИ-технологий;
- программные продукты, применение которых непосредственно связано с ИПИ-технологиями и требованиями соответствующих стандартов.

К первой группе относятся программные продукты, традиционно применяемые на предприятиях различных отраслей промышленности и предназначенные для автоматизации различных информационных и производственных процессов и процедур. К этой группе принадлежат следующие программные средства и системы:

- подготовки текстовой и табличной документации различного назначения (текстовые редакторы, электронные таблицы, и другие офисные системы);
- автоматизации инженерных расчетов и эскизного проектирования (CAE-системы);
- автоматизации конструирования и изготовления рабочей конструкторской документации (CAD-системы);
- автоматизации технологической подготовки производства (CAM-системы).

Ко второй группе принадлежат программные средства и системы:

- автоматизации планирования производства и управления процессами изготовления изделий, запасами, производственными ресурсами, транспортом и т.д. (системы MRP/ERP);

- управления потоками заданий при создании и изменении технической документации (системы WF – Work Flow);
- обеспечения интегрированной логистической поддержкой (ИЛП) изделий на постпроизводственных стадиях жизненного цикла (заказ и поставка запчастей и расходных материалов, управление процессами технического обслуживания и ремонта, включая интерактивные электронные технические руководства к этим процессам и т.п.);
- функционального моделирования, анализа и реинжиниринга процессов.

Рассмотрим группы программных систем более подробно.

2.1 Системы автоматизированного проектирования и моделирования оптики

САЕ-системы – (от англ. Computer-Aided Engineering – поддержка инженерных расчетов) представляют собой обширный класс систем, каждая из которых позволяет решать определенную расчетную задачу (группу задач). САЕ-системы еще называют системами инженерного анализа. Ряд САД-систем включают в свой состав программные модули для разнообразных инженерных расчетов: расчетов на прочность методом конечных элементов, расчетов форм для литья и т.п.

В области оптики и оптического приборостроения используется специализированные САЕ-системы, которые можно разделить на следующие группы:

- программы автоматизированного проектирования оптических систем (универсальные программы, программы проектирования лазерных систем, систем интегральной и волоконной оптики);
- программы автоматизированного проектирования оптических элементов (дифракционных решеток, дифракционных и голографических оптических элементов и др.);
- программы проектирования и оптимизации оптических покрытий;
- базы данных оптических систем и материалов.

Задача проектирования и анализа работы оптических систем является весьма трудоемкой. Вычислительная оптика как никакая другая инженерная дисциплина требует привлечения всего арсенала численных методов (численное дифференцирование и интегрирование, вычисление преобразования Фурье и выполнение других интегральных преобразований, матричные вычисления и решение систем уравнений, методы оптимизации и др.). Компьютерная техника, начиная с первых ЭВМ, активно используется для решения прикладных оптических задач.

За последнее десятилетие задачи, стоящие перед оптиками-расчетчиками существенно возросли:

- расширилась номенклатура физически реализуемых и используемых оптических поверхностей, сред, элементов и деталей;
- при создании современных прецизионных оптических систем требуется учитывать новые факторы, влияющие на работу оптической системы (такие как, двулучепреломление, рассеяние света на оптических поверхностях и другие);
- усложняется компоновка оптических систем (многоконфигурационные системы, системы с синтезированной апертурой и др.);
- требуются новые режимы анализа, оптимизации, синтеза оптических систем и автоматизация других этапов жизненного цикла оптического прибора.

Таким образом, потребности специалистов-оптиков неуклонно растут, а требования к программному обеспечению для проектирования оптики постоянно ужесточаются.

На сегодняшний день предлагается несколько десятков универсальных пакетов программ для проектирования оптических систем различного назначения и ряд систем предназначенных для проектирования специализированных систем (в частности, систем лазерной, интегральной и волоконной оптики). Универсальные системы в свою очередь можно разделить на две группы. Основной операцией при анализе работы

оптических систем является расчет лучей. В первой группе программ для представления и анализа работы оптической системы используется классический подход, когда явно указывается последовательность взаимного расположения элементов составляющих оптическую систему, и расчет лучей выполняется последовательно. Такой подход обычно используется для проектирования и анализа изображающих оптических систем. Вторая группа программ для представления и анализа работы системы использует глобальную систему координат и непоследовательную (недетерминированную) процедуру расчета лучей. Этот подход используется обычно для проектирования и анализа осветительных систем.

Существуют следующие наиболее известные системы для проектирования и анализа оптических систем, в которых используется последовательное описание элементов оптической системы (расположены в алфавитном порядке):

- ados;
- CODE V;
- dbOptic;
- OpTaliX;
- OSLO;
- SYNOPSIS;
- Virtual Optical Bench;
- WinLens;
- ZEMAX.

На основе демонстрационных программ и информации приведенной в Интернете выполнен сравнительный анализ универсальных программ с последовательным описанием оптических систем. Наибольшее количество возможностей для проектирования, анализа и оптимизации оптических систем различного назначения предоставляют программы OSLO (Рис. 12), Zemax (Рис. 13) и Code V (Рис. 14). Результаты сравнительного анализа этих программ по материалам представленным в Интернете приведены в таблице 3.

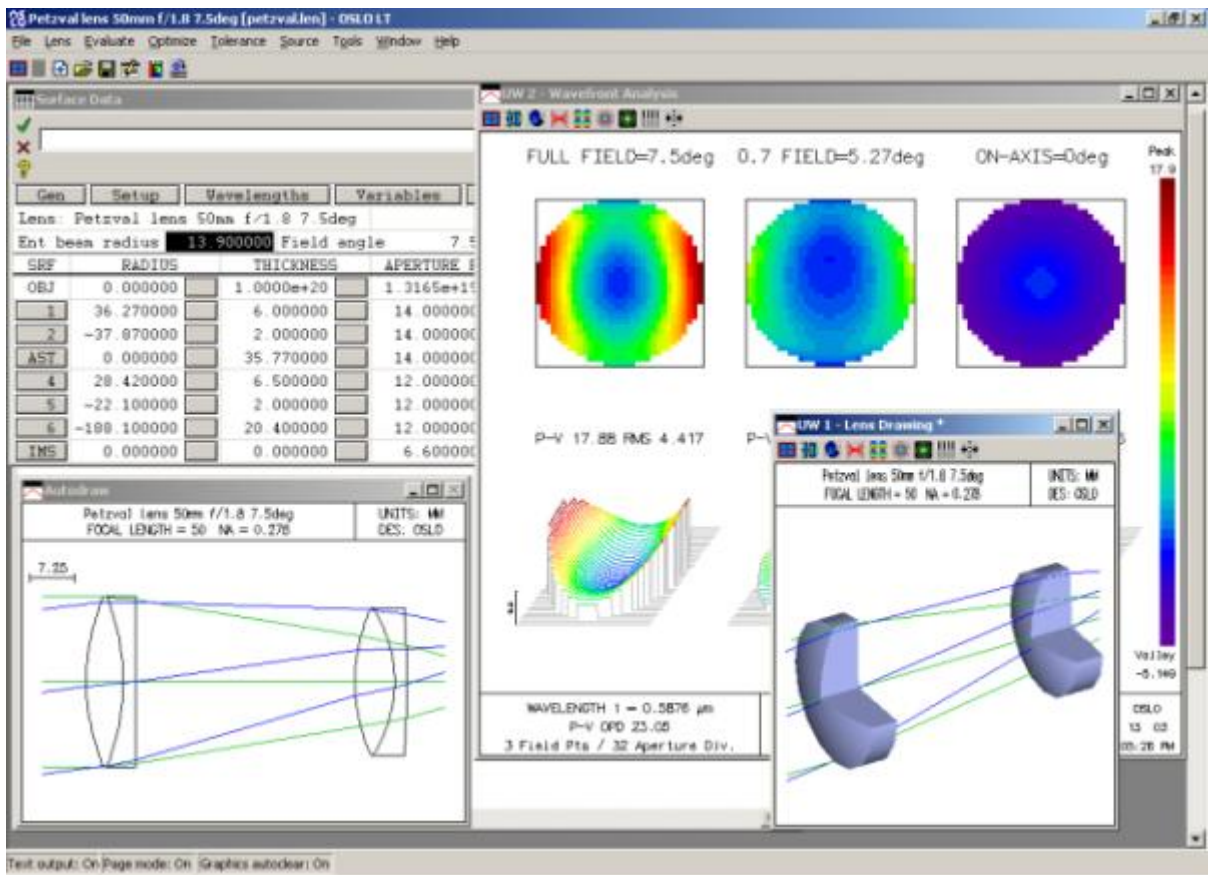


Рис. 12. Внешний вид программы OSLO

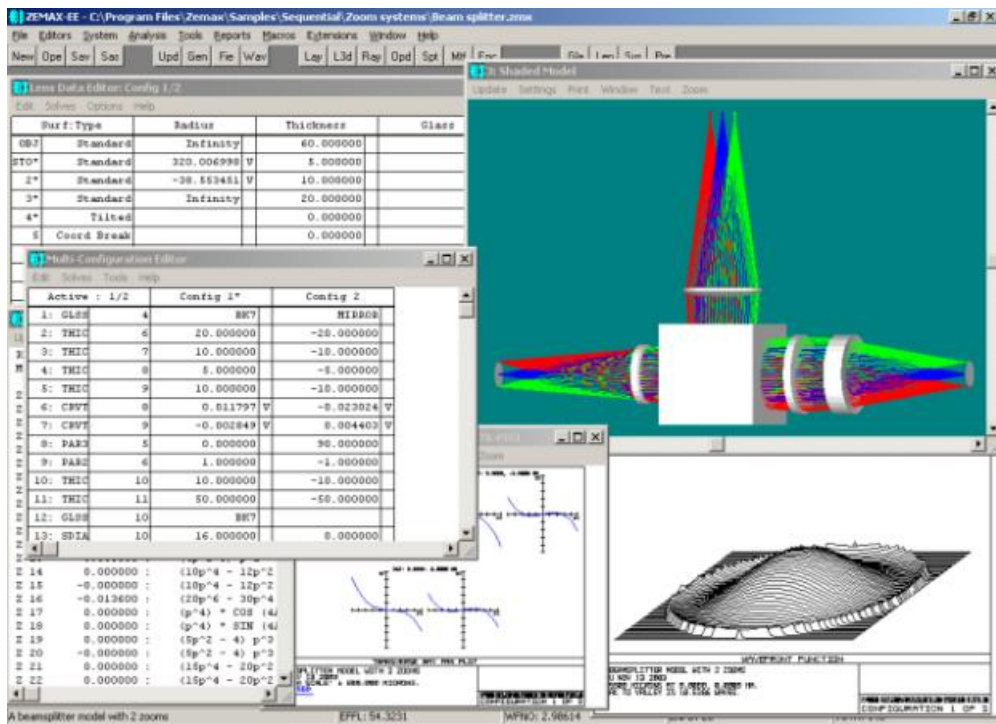


Рис. 13. Внешний вид программы ZEMAX

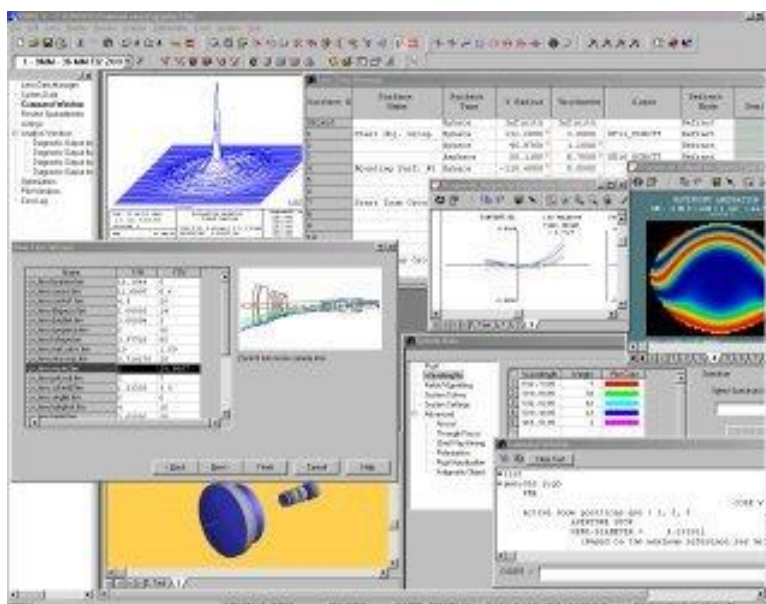


Рис. 14. Внешний вид программы Code V

Таблица 3. Сравнение возможностей программ для проектирования оптических систем

| | OSLO | Zemax | CodeV |
|---|------|-------|-------|
| Типы поверхностей | | | |
| Преломляющая | + | + | + |
| Отражающая | + | + | + |
| Работающая на полное внутреннее отражение | + | – | + |
| Геометрия поверхностей | | | |
| Поверхность 2–го порядка | + | + | + |
| Асимметричная поверхность 2–го порядка | + | + | – |
| Цилиндрическая поверхность | + | + | + |
| Тор | + | + | + |
| Полиномиальная четная асферика | + | + | + |
| Полиномиальная асферика произвольного порядка | + | + | + |
| Торическая асферика | + | + | + |
| Сплайн–поверхности | + | + | + |
| Поверхности Френеля | + | + | + |

| | OSLO | Zemax | CodeV |
|---|-------------|--------------|--------------|
| Асферика по стандарту ISO 10110 | + | – | – |
| Поверхность, описываемая полиномами Цернике | + | + | + |
| Ассиметричная асферика общего вида | + | + | + |
| Дифракционные поверхности | | | |
| Линейные решетки | + | + | + |
| Двухточечные голограммы | + | + | + |
| Идеальные элементы | | | |
| Идеальная линза | + | + | + |
| Асимметричный параксиальный элемент | – | + | – |
| Массивы линз | | | |
| Массивы линз с регулярным расположением элементов | + | – | + |
| Массивы линз с произвольным расположением элементов | + | – | + |
| Элементы с градиентным показателем преломления | + | + | + |
| Учет деформации поверхности по интерферограмме | + | + | + |
| Поверхности, задаваемые пользователем | + | + | + |
| Изменения системы координат | | | |
| Наклоны и смещения | + | + | + |
| Возврат к координатам предыдущей поверхности | + | + | + |
| Глобальная и локальная системы координат | + | – | + |
| Подгонки и связи | | | |
| Подгонки и связи кривизны поверхности | + | + | + |
| Подгонки и связи осевых расстояний | + | + | + |
| Подгонки и связи световых габаритов | + | + | + |

| | OSLO | Zemax | CodeV |
|--|------|-------|-------|
| Оптические среды | | | |
| Модели стекла | + | + | + |
| Выбор стекла из каталога основных изготовителей | + | + | + |
| Среды, задаваемые пользователем | + | + | + |
| Многоконфигурационные системы | + | + | + |
| Способы задания апертуры системы | | | |
| Размеры входного зрачка | + | + | + |
| Передняя числовая апертура | + | + | + |
| Задняя числовая апертура | + | + | + |
| Диафрагменное число | + | + | + |
| Способы задания размеров поля | | | |
| Размеры поля в угловой мере | + | + | + |
| Размер предмета | + | + | + |
| Размер изображения | + | + | + |
| Присоединительные характеристики | | | |
| Передний отрезок | + | + | + |
| Задний отрезок | + | + | + |
| Увеличение | + | + | + |
| Способы задания спектральных характеристик | | | |
| Длина волны и вес | + | + | + |
| Список основных длин волн | + | + | + |
| Параметры окружающей среды | | | |
| Температура | + | + | + |
| Давление | + | + | + |
| Библиотека оптических систем | + | + | + |
| Отображение оптической системы | | | |
| Двумерные сечения | + | + | + |
| Трехмерные модели | + | + | + |

| | OSLO | Zemax | CodeV |
|---|-------------|--------------|--------------|
| Чертежи элементов по стандарту ISO 10110 | + | + | - |
| Схема с ходом лучей | + | + | + |
| Параксиальный анализ | | | |
| Расчет параксиальных лучей и характеристик | + | + | + |
| Аберрация Зейделя | + | + | + |
| Суммы Зейделя | + | + | + |
| Точечные диаграммы | + | + | + |
| Анализ волнового фронта | | | |
| Размах и СКВО волнового фронта | + | + | + |
| Аппроксимация полиномами Цернике | + | + | + |
| Анализ функции рассеяния точки | + | + | + |
| Анализ функции концентрации энергии | + | + | + |
| Анализ модуляционной передаточной функции | + | + | + |
| Анализ ореолов | + | + | + |
| Анализ "нарциссов" | + | + | + |
| Расчет лучей с учетом поляризации | + | + | + |
| Непоследовательный расчет лучей | + | + | + |
| Расчет гауссовых пучков | + | + | + |
| Учет когерентности освещения | + | - | + |
| Физическое моделирование распространения света | - | + | - |
| Параметры оптимизации | | | |
| Радиусы | + | + | + |
| Толщины | + | + | + |
| Световые габариты | + | + | + |
| Стекла | + | + | + |
| Наклоны и децентрировки | + | + | + |
| Составляющие оценочной функции | | | |
| Параксиальные характеристики | + | + | + |

| | OSLO | Zemax | CodeV |
|---|-------------|--------------|--------------|
| Конструктивные параметры | + | + | + |
| Аберрации | + | + | + |
| Размеры пятна рассеяния | + | + | + |
| Параметры волнового фронта | + | + | + |
| Коэффициенты разложения волнового фронта по полиномам Цернике | + | + | + |
| МПФ | + | + | + |
| Методы оптимизации | | | |
| Демпфированный метод наименьших квадратов | + | + | + |
| Метод Пауэла | + | + | – |
| Симплекс метод | + | + | – |
| Глобальный оптимизатор | + | + | + |
| Анализ допусков | + | + | + |
| Экспорт в форматах CAD–программ | | | |
| DXF | + | + | + |
| IGES | + | + | + |
| STEP | – | + | + |
| Импорт | | | |
| OSLO | | – | – |
| Zemax | + | | – |
| CodeV | + | – | |
| Файлы интерферограмм | + | + | + |
| Возможности расширения | | | |
| Язык макрокоманд | + | + | + |
| Внешние динамически подключаемые библиотеки | + | + | + |
| Операционная система | | | |
| Microsoft Windows 98/NT4/2000/ME/XP | + | + | + |
| Linux | + | – | – |

| | OSLO | Zemax | CodeV |
|---|-------------|-----------------|------------------|
| Требования к аппаратному обеспечению | | | |
| Объем на жестком диске | 20 | 40 | ? |
| Объем оперативной памяти | 64 | ? | ? |
| Стоимость одного комплекта программы | ? | около 3000\$ | более 10000\$ |

Как видно из таблицы 3 по набору предоставляемых возможностей сравниваемые программы не сильно отличаются друг от друга. Разработчики остальных программ по возможностям стремятся приблизиться к основным программам, а дополнительно стараются предложить какую-либо уникальную возможность по анализу или оптимизации оптических систем определенного типа.

Практическое использование зарубежных программных продуктов показывает, что главным их недостатком является реализация отдельных стадий проектирования и ориентация на зарубежную элементную базу, нормы и стандарты, что не позволяет полноценно использовать их в отечественных научно-исследовательских организациях и на предприятиях оптической отрасли.

Среди отечественных систем автоматизированного проектирования оптики можно выделить программы DEMOS (Design, Evaluation and Modeling of Optical Systems) и САРО (Система Автоматизированного Расчета Оптике), разработанные в разные годы ВНИЦ “ГОИ им. С. И. Вавилова”, а также пакет ОПАЛ (ОПтических АЛгоритмов), разработанный в ЛИТМО.

Для проектирования и анализа оптических систем, в которых используется непоследовательное описание расположения элементов оптической системы можно воспользоваться следующим программным обеспечением (в алфавитном порядке):

- APILUX;
- ASAP;
- FRED;

- LightTools;
- OptiCAD;
- Optikwerks;
- Phoptopia;
- SPEOS;
- TracePro.

Для проектирования лазерных систем можно воспользоваться специализированным программным обеспечением (в алфавитном порядке):

- ABCD;
- DIFFRACT;
- FRESNEL;
- GLAD;
- LASCAD;
- Laserwerks;
- WinLase.

Развитие систем интегральной и волоконной оптики ставит перед специалистами-оптиками задачи по моделированию работы и автоматизированному проектированию таких систем. Специфика построения таких систем, особые методы анализа и оценки их качества не позволяют использовать универсальные средства и требуют разработки специализированных. Ниже приведены (в алфавитном порядке) программы проектирования интегральной и волоконной оптики:

- BeamPROP;
- OlympIOs;
- OptiBPM;
- OptiFiber.

Для проектирования оптических элементов со сложной структурой и свойствами можно воспользоваться специализированным программным обеспечением. В первую очередь это программы для проектирования и моделирования дифракционной оптики (дифракционные оптические элементы, дифракционные решетки, голографические оптические элементы). Ниже приведены наиболее известные программы:

- DECAD;
- DOEs;
- GSOLVER;
- Holomaster;
- PCGrate.

Одними из сложнейших задач при проектировании оптических приборов различного назначения является выбор, анализ и оптимизация оптических покрытий. Для решения этих задач используется отдельный класс программ. Ниже приведены наиболее известные программы:

- Essential Macleod;
- FilmStar;
- OptiLayer;
- TFCalc.

При проектировании оптических систем специалистам-оптикам приходится пользоваться большим количеством всевозможной справочной литературы: каталоги оптических материалов с информацией об их свойствах, базы данных оптических систем и элементов, оптические стандарты и т.п. В настоящее время разрабатывается всё больше систем для хранения больших объемов всевозможной информации и быстрого поиска по различным критериям. Они реализуются на основе систем управления реляционными и объектно-ориентированными базами данных для организации эффективного хранения, поиска и быстрого доступа к данным, которые в последнее время стали широко доступными.

Ниже приведены наиболее известные и часто используемые системы для хранения и поиска информации в области оптики и оптического приборостроения:

- Glass Manager;
- LensVIEW;
- ZEBASE.

Таким образом, с использованием существующего программного обеспечения для моделирования, анализа и оптимизации работы оптических систем и элементов этап проектирования может быть полностью автоматизирован. При выборе программного обеспечения следует принять во внимание не только основные функциональные возможности, но и возможность интеграции этой программы в единое информационное пространство оптических приборов и других изделий. К сожалению, программ проектирования оптики готовых к такой интеграции на сегодняшний день не много. От разработчиков программ проектирования оптических систем и элементов требуется скорейшее включение в этот процесс.

2.2 Системы автоматизированного конструкторского и технологического проектирования

CAD-системы (от англ. Computer-Aided Design – проектирование с помощью компьютера) предназначены для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации (более привычно они именуется системами автоматизированного проектирования – САПР). Как правило, в современные CAD-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали) и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т. д.). Ведущие трехмерные CAD-системы позволяют реализовать идею сквозного цикла подготовки и производства сложных промышленных изделий.

Таблица 4. Классификация САД систем

| Уровень | Продукт |
|----------------|-------------------------------|
| Верхний | CATIA |
| | Pro/Engineer |
| | Зарубежные системы |
| Средний | SolidEdge |
| | SolidWorks |
| | Inventor и Mechanical Desktop |
| | Cimatron |
| | think3 |
| | CadKey |
| | PowerSolutions |
| | Отечественные продукты |
| | КОМПАС(CAD/CAM/CAE/PDM) |
| | T-Flex (CAD/CAM/CAE/PDM) |
| | КРЕДО (CAE) |
| | |
| Легкий | AutoCAD |
| | SurfCAM 2D |
| | DataCAD |
| | IntelliCAD |
| | TurboCAD |

За почти 30-летний период существования САД-систем сложилась их общепринятая международная классификация:

- чертежно-ориентированные системы, которые появились первыми в 70-е гг.;

- системы, позволяющие создавать трехмерную электронную модель объекта, которая дает возможность решения задач его моделирования вплоть до момента изготовления;
- системы, поддерживающие концепцию полного электронного описания объекта (EPD – Electronic Product Definition).

Традиционно существует также деление САД-систем на системы верхнего, среднего и нижнего уровней (иначе говоря, на тяжелые, средние и легкие) [9]. Следует отметить, что это деление является достаточно условным, т.к. сейчас 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.

На сегодняшний день наиболее популярными являются следующие САД/САЕ/САМ-системы:

- системы верхнего уровня – CATIA, Pro/Engineer;
- системы среднего уровня – SolidEdge, SolidWorks, Mechanical Desktop, КОМПАС, T-Flex;
- легкие системы – AutoCAD.

Поскольку для построения единого информационного пространства необходимо единое корпоративное решение, то рассмотрим более подробно САД-системы верхнего уровня.

Главная особенность “тяжеловесов” состоит в том, что их обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность достигнуты в результате длительного развития. Все они далеко не молоды: CATIA появилась в 1981 г., Pro/Engineer – в 1988-м.

Несмотря на то, что тяжелые системы значительно дороже своих более “легких” собратьев (свыше 10 тыс. долл. на одно рабочее место), затраты на их приобретение окупаются, особенно когда речь идет о сложном производстве, например машиностроении, двигателестроении, авиационной и аэрокосмической промышленности. По мнению аналитиков, этот сегмент рынка уже насыщен и поделен между лидерами индустрии.

В мире САПР средний класс появился относительно недавно – в середине 90-х. До этого существовало только два полюса – на одном мощные системы, работающие на Unix, а на другом – простые программы двумерного черчения для ПК. Но к 1995 г. вычислительная мощность ПК выросла, а Windows стала более стабильной и начала поддерживать многозадачность. Это позволило разработчикам создать системы автоматизированного проектирования, которые заняли промежуточное положение между тяжелым и легким классами. От первых они унаследовали возможности трехмерного твердотельного моделирования, а от вторых – невысокую цену и ориентацию на платформу Windows. Они произвели настоящий переворот в мире САПР, позволив многим конструкторским и проектным организациям перейти с двумерного на трехмерное моделирование.

Лидерами этого сегмента являются системы SolidEdge, SolidWorks, а также Inventor и Mechanical Desktop корпорации Autodesk. Это далеко не полный перечень средних САПР. В данном сегменте работает множество компаний, в том числе и российских (КОМПАС, T-Flex, КРЕДО), предлагающих относительно недорогие системы стоимостью порядка 5–8 тыс. долл. на одно рабочее место. Их популярность среди пользователей постоянно растет, и благодаря этому данная область очень динамично развивается.

В результате по функциональным возможностям средний класс постепенно догоняет своих более дорогостоящих конкурентов. Однако далеко не всем пользователям требуется такое разнообразие функций. Тем, кто в основном работает с двумерными чертежами, прекрасно подойдет система легкого класса, которая стоит в несколько раз дешевле.

Программы легкой категории служат для простого двумерного черчения, поэтому их обычно называют электронной чертежной доской. И хотя к настоящему времени “легковесы” обрели и некоторые трехмерные возможности, у них нет средств параметрического моделирования, имеющихся в более мощных системах.

Первые системы двумерного моделирования появились еще в 70-х годах, когда были разработаны средства для изображения линий,

окружностей и кривых на экране монитора с помощью макрокоманд и интерфейсов прикладного программирования.

Однако подлинный расцвет в этой области наступил лишь в 80-х, когда на сцену вышел персональный компьютер. События развивались быстро: в 1982 г. была основана компания Autodesk, которая занялась разработкой САПР для ПК под названием AutoCAD, а уже к 1987-му было продано 100 тыс. копий AutoCAD (в прошлом году это число превысило 4 млн.). Примеру Autodesk последовали и другие игроки, и сейчас существует множество разнообразных "легких" САПР, включая DataCAD одноименной компании, IntelliCAD фирмы CADopia, SurfCAM 2D от Surfware и др. Эти продукты проще в использовании и дешевле (100 – 3000 долл.) своих более мощных собратьев, поэтому спрос на них растет. В результате "легкие" системы стали самым распространенным продуктом автоматизации проектирования [9].

Таким образом, САД-системы предназначены для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации. Условно САД-системы можно разделить на тяжелые, средние и легкие. Наиболее популярными на сегодняшний день системы верхнего уровня – CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics, системы среднего уровня – SolidEdge, SolidWorks, Mechanical Desktop, КОМПАС, T-Flex, легкие системы – AutoCAD. Основным преимуществом отечественных программ КОМПАС и T-Flex является поддержка ими выпуска конструкторской документации по ЕСКД. В остальном же выбор системы зависит от конкретных нужд конечного пользователя.

2.3 Принципы построения экспертных систем

Экспертная система (Expert system; Knowledge-based system) – система искусственного интеллекта, включающая знания об определенной слабо структурированной и трудно формализуемой узкой предметной области и способная предлагать и объяснять пользователю разумные решения. Экспертная система состоит из базы знаний, механизма логического вывода и подсистемы объяснений [18].

Конечная цель создания ЭС при проектировании – интеграция команд разработчиков, технических процессов и разнородных инженерных дисциплин для реализации следующих идей:

- Гуманизация деятельности конструктора в компьютерной среде проектирования.
- Организация гибкого взаимодействия команд разработчиков. Группы разработчиков переменного состава должны фокусироваться на повышение качества проектирования.
- Лучшее понимание и оценка различных культур проектирования. Взаимоувязка различных моделей организации проектирования, сформировавшихся в результате комбинации различных подходов к проектированию, повторное использование накопленного опыта и т.д.
- Объединение лучших компонент из "старых" проектов при создании "новых". Это предполагает использование виртуальных команд разработчиков из числа наиболее профессиональных специалистов, обладающих набором необходимых знаний, и оснащенных компьютерными базами знаний по проектированию технологической оснастки.

Характеристики экспертных систем

Экспертная система отличается от прочих прикладных программ наличием следующих признаков.

- Моделирует не столько физическую (или иную) природу определенной проблемной области, сколько механизм мышления человека применительно к решению задач в этой проблемной области. Это существенно отличает экспертные системы от систем математического моделирования или компьютерной анимации. Нельзя, конечно, сказать, что программа полностью воспроизводит психологическую модель специалиста в этой предметной области (эксперта), но важно, что основное внимание все-таки уделяется воспроизведению компьютерными средствами методики решения проблем, которая применяется экспертом, – т.е.

выполнению некоторой части задач так же (или даже лучше), как это делает эксперт.

- Система, помимо выполнения вычислительных операций, формирует определенные соображения и выводы, основываясь на тех знаниях, которыми она располагает. Знания в системе представлены, как правило, на некотором специальном языке и хранятся отдельно от собственно программного кода, который и формирует выводы и соображения. Этот компонент программы принято называть базой знаний.
- При решении задач основными являются эвристические и приближенные методы, которые, в отличие от алгоритмических, не всегда гарантируют успех. Эвристика, по существу, является правилом влияния (rule of thumb), которое в машинном виде представляет некоторое знание, приобретенное человеком по мере накопления практического опыта решения аналогичных проблем. Такие методы являются приблизительными в том смысле, что, во-первых, они не требуют исчерпывающей исходной информации, и, во-вторых, существует определенная степень уверенности (или неуверенности) в том, что предлагаемое решение является верным.

Экспертные системы отличаются и от других видов программ из области искусственного интеллекта.

- Экспертные системы имеют дело с предметами реального мира, операции с которыми обычно требуют наличия значительного опыта, накопленного человеком. Множество программ из области искусственного интеллекта являются сугубо исследовательскими и основное внимание в них уделяется абстрактным математическим проблемам или упрощенным вариантам реальных проблем (иногда их называют "игрушечными" проблемами), а целью выполнения такой программы является "повышение уровня интуиции" или отработка методики. Экспертные системы имеют ярко выраженную практическую направленность в научной или коммерческой области.

- Одной из основных характеристик экспертной системы является ее производительность, т.е. скорость получения результата и его достоверность (надежность). Исследовательские программы искусственного интеллекта могут и не быть очень быстрыми, можно примириться и с существованием в них отказов в отдельных ситуациях, поскольку, в конце концов, – это инструмент исследования, а не программный продукт. А вот экспертная система должна за приемлемое время найти решение, которое было бы не хуже, чем то, которое может предложить специалист в этой предметной области.
- Экспертная система должна обладать способностью объяснить, почему предложено именно такое решение, и доказать его обоснованность. Пользователь должен получить всю информацию, необходимую ему для того, чтобы быть уверенным, что решение принято не случайно. В отличие от этого, исследовательские программы "общаются" только со своим создателем, который и так (скорее всего) знает, на чем основывается ее результат. Экспертная система проектируется в расчете на взаимодействие с разными пользователями, для которых ее работа должна быть, по возможности, прозрачной.

Зачастую термин система, основанная на знаниях (knowledge-based system), используется в качестве синонима термина экспертная система, хотя, строго говоря, экспертная система – это более широкое понятие. Система, основанная на знаниях, – это любая система, процесс работы которой основан на применении правил отношений к символическому представлению знаний, а не на использовании алгоритмических или статистических методов.

Экспертная система содержит знания в определенной предметной области, накопленные в результате практической деятельности человека (или человечества), и использует их для решения проблем, специфичных для этой области. Этим экспертные системы отличаются от прочих, "традиционных" систем, в которых предпочтение отдается более общим и менее связанным с предметной областью теоретическим методам, чаще всего математическим. Процесс создания экспертной системы часто

называют инженерией знаний (knowledge engineering) и он рассматривается в качестве "применения методов искусственного интеллекта".

На сегодня вклад исследователей, занимающихся экспертными системами, состоит в разработке методов представления информации о поведении программы в процессе формирования цепочки логических заключений при поиске решения.

Представление информации о поведении экспертной системы важно по многим причинам.

- Пользователи, работающие с системой, нуждаются в подтверждении того, что в каждом конкретном случае заключение, к которому пришла программа, в основном корректно.
- Инженеры, имеющие дело с формированием базы знаний, должны убедиться, что сформулированные ими знания применены правильно, в том числе и в случае, когда существует прототип.
- Экспертам в предметной области желательно проследить ход рассуждений и способ использования тех сведений, которые с их слов были введены в базу знаний. Это позволит судить, насколько корректно они применяются в данной ситуации.
- Программистам, которые сопровождают, отлаживают и модернизируют систему, нужно иметь в своем распоряжении инструмент, позволяющий заглянуть в нее на уровне более высоком, чем вызов отдельных языковых процедур.
- Менеджер системы, использующей экспертную технологию, который несет ответственность за последствия решения, принятого программой, также нуждается в подтверждении, что эти решения достаточно обоснованы.

Способность системы объяснить методику принятия решения иногда называют прозрачностью системы. Под этим понимается, насколько просто персоналу выяснить, что делает программа и почему. Эту характеристику системы следует рассматривать в совокупности с режимом управления, о котором шла речь в предыдущем разделе,

поскольку последовательность этапов принятия решения тесно связана с заданной стратегией поведения.

С учетом сказанного, можно сформулировать следующие основные принципы построения ЭС и предъявленные к ней требования:

- по своей концепции ЭС является открытой программной системой, позволяющей использовать знания как справочной литературы, так и специалиста (эксперта) предметной области;
- выделяются два режима работ с ЭС: формирование (авторизация) прикладных баз данных и знаний и решение конкретных задач на основе этой информации в процессе выполнения и утверждения проектов;
- накопление прикладной информации может быть реализовано поэтапно с использованием единых программных инструментальных средств, которые ориентированы на различные специфические виды информации, присущие приборостроению;
- автономное решение задач обеспечивает возможность их непроцедурной постановки (формируется “что надо получить”, а не “как это получить”) с анализом корректности, разъяснением правил принятия решений в виде протокола расчетов планировщика, если они интересуют пользователя, выдачей рекомендаций и т.п.;
- пользователям предоставляется возможность выбора из уже существующих методик (методов) решения задачи или формирования своей собственной методики из отдельных компонент.

В ходе формализации процессов проектирования создается компьютерная база знаний, содержащая факты (данные) о предметной области и правила (ГОСТы, ОСТы, техническая документация, накопленный опыт и прочее) использующие эти данные как основу для принятия решений.

На этапе проектирования обычно используют ЭС, встроенные в среду автоматизированного проектирования (САПР), – экспертные компоненты САПР [24].

Назначение экспертной компоненты САПР

Различают следующие уровни проектирования: информационно-логический, системотехнических, схемотехнический, конструкторский и технологический [25].

На высших иерархических уровнях САПР основными проектными процедурами являются декомпозиция технического задания (ТЗ) при нисходящем проектировании и композиция проектных решений при восходящем. Одним из первых шагов при выполнении этих процедур является оценка корректности. Поскольку такая оценка формализации не поддается и напрямую связана с располагаемой элементной базой, становится очевидным, что процедура взаимодействует с формационной подсистемой и по способу функционирования является либо эвристической, либо формализованной.

Таким образом, часть экспертной компоненты, сопровождающей верхний уровень проектирования, должна производить ревизию всех инструментальных средств данной САПР, содержание формационного обеспечения, а также провести административные действия над СУБД для подготовки системы к выполнению проектных работ, если с достаточной уверенностью можно утверждать, что ТЗ отвечает требованиям корректности.

Если же возникает обратная ситуация, экспертная компонента, сопровождающая проектную операцию, должна подготовить возможность ответа проектанту на запросы, содержащие требование объяснить причину отказа, а также при необходимости помочь сформулировать предложения по корректировке ТЗ.

Независимо от предметных областей модельные представления объектов проектирования на информационно-логическом уровне строятся в основном на теоретико-множественном и алгебраическом аппарате. Основными проектами решениями этого уровня можно считать решения о виде взаимодействий энергетического либо информационного характера

между отдельными подсистемами, каждая из которых может функционировать автономно. Эти взаимодействия удобно отображать, абстрагируясь не только от физической природы протекающих в подсистемах процессов, но и не принимая во внимание возможную реализацию. Поэтому можно говорить о том, что описание объекта проектирования осуществляется на этом уровне с помощью графов и приложений алгебры логики. Все более интересные результаты дает использование моделей типа “серый ящик”, построенных на основе нечеткой логики.

Таким образом, экспертная компонента, сопровождающая информационно-логический уровень проектирования, прежде всего должна обеспечивать возможность выполнения проектных процедур, осуществляющих или сопровождающих декомпозицию структурного описания объекта проектирования. Для систем, имеющих комбинационное описание, широко используются методы каскадов и неявной декомпозиции. Метод каскадов реализуется на основе интуитивного выбора переменных дизъюнктивного разложения, а неявная декомпозиция проводится на основе выбора настроечных сигналов и способа их кодирования. Эти процедуры не формализуемы, и накопление опыта удачных проектных решений – одна из задач экспертной компоненты.

Поэтому на рассматриваемом уровне можно потребовать от экспертной компоненты администрирования базы данных и сопровождения модельного представления, построенного на нечетких отношениях.

На системотехническом уровне проектирования объекты рассматриваются как совокупность компонент разной физической природы. Здесь уже начинает проявляться неоднородность способов модельного представления отдельных компонент. Основные требования, предъявляемые к экспертной компоненте, сопровождающей системотехнический уровень проектирования, определяются прежде всего необходимостью контроля за сохранением областей адекватности при декомпозиции и композиции разнородных модельных представлений. Возможные применения моделей типа “серый ящик” и на системотехническом уровне определяются также требованиями

обеспечения возможности сбора и предварительной обработки экспертных оценок с последующим построением нечетких отношений и соответствующих функций принадлежности. На этом уровне проектирования наиболее явно проступает необходимость взаимодействия экспертной компоненты с методическим обеспечением САПР. Такое взаимодействие должно обеспечить сопровождение работы проектантов с различными модельными представлениями и возможность накопления опыта проектирования в виде стандартных маршрутов. Разнообразие математических аналитических и численных методов, применяемых на системотехническом уровне, в сочетании с тенденцией разработки открытых САПР требуют обеспечить проектанту возможность ввести в состав своих инструментальных средств новую, по его мнению, процедуру или модель. Предварительная экспертиза новизны и полезности такого изменения – задача экспертной компоненты, которая должна обеспечить соревновательность в процессе взаимодействия проектантов при совершенствовании инструментальных средств и контроль за соблюдением фундаментальных соотношений.

На схемотехническом уровне объект проектирования как система “перестает существовать”. Здесь, как уже отмечалось ранее, степень детализации в модельном представлении объекта достигает такого уровня, когда в САПР можно выделить строго очерченную и действующую автономно предметно-ориентированную подсистему, предназначенную для принятия проектных решений относительно физически однородных объектов. Иными словами, модельное представление объекта проектирования приобретает математическую однородность в сочетании с однородностью отображаемых явлений и процессов. В связи с этим уровень характеризуется значительной степенью формализации проектных процедур, их большим количеством и разнообразием.

Среди множества проектных процедур схемотехнического уровня значительное место занимает формализм процедуры оптимизации. Но условия применения проектных процедур и их протекания в сочетании с различными моделями и представлениями объекта подлежат постоянному контролю. Кроме того, проблема выбора того или иного метода существенно |висит как от интуиции, так и от общей математической

подготовки проектанта. И, наконец, задача обеспечения требований “открытости” САПР существует и на этом уровне. Таким образом, требования, которые можно предъявить к экспертной компоненте, сопровождающей схемотехническое проектирование, в основном можно отнести к необходимости взаимодействия с методическим обеспечением, а также сбора и предварительной обработки экспертных оценок в выборе и сочетании процедур оптимизации и численных методов, на основе которых строится программная реализация модели.

Конструкторский уровень проектирования характеризуется существенным влиянием унификации проектных решений (конструктивов). Конструирование в значительной степени опирается на поддержку со стороны информационного обеспечения САПР. Именно на этом уровне становится наиболее важным оперативное администрирование базы данных.

С другой стороны уровень характеризуется относительно небольшими наборами формализованных проектных процедур, а те из них, которые опираются на строгий математический аппарат, требуют от проектанта интуиции по их применению, в особенности на начальной стадии конструкторских работ. Сказанное позволяет предположить, что специфичные требования уровня к экспертной компоненте относятся к необходимости взаимодействия с методическим и информационным обеспечением САПР.

Разработка технологических процессов в среде САПР осуществляется на основе общих принципов проектирования технических систем. Поэтому основной причиной, исключающей необходимость рассмотрения этого уровня проектирования с точки зрения выработки требований к экспертной компоненте, сопровождающей уровень, можно считать отсутствие каких-либо существенных отличий в принципах организации САПР технических систем и САПР технологических процессов.

Рассмотрев специфические особенности экспертного сопровождения каждого из уровней проектирования, необходимо дополнить перечень требований к экспертной компоненте требованиями,

инвариантными как к иерархическому уровню, так и к структуре САПР. Эти требования касаются, прежде всего, организации лингвистического обеспечения. Необходимость создания инструментальной среды, сопровождаемой и развиваемой проектантами, обуславливает необходимость “общего языка”, обеспечивающего общение и обмен знаниями между проектантами. Причем, это не обязательно должен быть только естественный язык, но в значительной степени это должен быть и язык исчисления предикатов, язык формул математических и язык “формул инженерных”. Если для “чисто экспертных” систем эти “формулы” строятся на отношениях типа “если” – “то” – “иначе”, то для экспертной компоненты САПР (в которой сочетаются формализованные и эвристические процедуры и модельные представления) такими “инженерными формулами”, кодирующими инженерные знания могут стать маршруты проектирования, соотнесенные к определенным классам и даже типам объектов проектирования, совокупность которых образует базу данных. Способ кодирования проектных операций и их последовательностей, образующих маршрут проектирования, должен обеспечить открытость лингвистического обеспечения САПР. Однако корректность внесения каких-либо изменений в лингвистическое обеспечение должна проходить тщательную экспертизу с позиций основных грамматических и семантических концепций той или иной САПР.

Следующая группа требований, инвариантных к уровню проектирования, объединяет требования к сопровождению информационного обеспечения САПР. Система, открытая по критериям проектных решений, маршрутам проектирования, методам модельного представления и их программным реализациям, в процессе эксплуатации требует непрерывной экспертизы информационного обеспечения на непротиворечивость данных. Кроме того, открытое по администрированию информационное обеспечение развивается, преодолевая противоречие между опасностью деградации и экспансии. Деградация информационного обеспечения может наступить, если коллектив проектантов утратит интерес к соревновательности при ведении проектных работ и дискуссиям при обновлении своих инструментальных средств. Экспансия

информационной компоненты неизбежно возникает как противоречие между количеством данных и возможностями технического обеспечения САПР.

Контроль за сохранением заданного значения обоснованного критерия соответствия количества данных их интегральным показателям качества, равно как и выработка такого критерия и связанных с ним показателей, носит явно экспертный характер. Формализация экспертных оценок по характеру администрирования информационного обеспечения – важнейшее требование, которое можно предъявить к экспертной компоненте, сопровождающей информационное обеспечение САПР [24].

Таким образом, экспертная система предназначена для выработки рекомендаций или решения проблем. Экспертная система содержит знания в определенной предметной области, накопленные в результате практической деятельности человека (или человечества), и использует их для решения проблем, специфичных для этой области.

На сегодняшний день в области оптического приборостроения, к сожалению, нет экспертных систем. Из всего вышесказанного видно, что для создания такой системы необходимо провести доскональный анализ всей существующей проектной документации в области оптического приборостроения, что, безусловно, очень сложный и трудоемкий процесс.

2.4 Системы автоматизации производства в области оптики и оптического приборостроения

САМ-системы (от англ. Computer-Aided Manufacturing – компьютерная поддержка изготовления) предназначены для проектирования обработки изделий на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) и выдачи программ для этих станков (фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и др.). К САМ-системам также относятся системы технологической подготовки производства. В настоящее время они являются практически единственным способом для изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства.

Среди САМ-систем в области оптического приборостроения можно выделить следующие группы:

- системы для управления изготовлением оптических деталей (программы управления станками для формообразования стеклянных оптических деталей, программы управления установками для нанесения оптических покрытий и т.п.);
- системы для контроля качества оптических деталей и систем (программы для обработки интерферограмм, гартманограмм, результатов других оптических измерений);
- системы для автоматизации юстировки оптических систем (программы для оптимизации взаимного расположения реальных оптических деталей в оптическом приборе, программы для комплектации оптических систем из реально изготовленных серий деталей и др.)

Системы для управления изготовлением оптических деталей разрабатываются специально для оборудования конкретного типа. Все они имеют специализированные форматы для ввода исходных данных и средства для управления процессом изготовления.

При производстве оптических деталей и приборов важным этапом является контроль качества, который выполняется специализированными методами и требует специальных программ для автоматизации. Среди программ автоматизации контроля качества оптических деталей и приборов можно выделить следующие:

- Durango;
- FrontSurfer;
- MetroPro;
- OpTest;
- SCI;
- Quick Fringe;
- Zebra.

Существующие программные средства позволяют автоматизировать производство оптических деталей и приборов. Однако использование нестандартных форматов для обмена данными, создание не универсального программного обеспечения для одних и тех же видов оборудования, решение задач юстировки средствами проектирования, которые для этого не предназначены, запутывают и усложняют интеграцию этих программных средств в единую систему информационной поддержки жизненного цикла оптического изделия. Потребности оптического приборостроения требуют от разработчиков оборудования и программных систем включаться в интеграционные процессы на основе CALS-стандартов.

2.5 Системы распределения материалов (Material Requirements Planning, MRP)

В начале 60-х годов, в связи с ростом популярности вычислительных систем, возникла идея использовать их возможности для планирования деятельности предприятия, в том числе для планирования производственных процессов. Необходимость планирования обусловлена тем, что основная масса задержек в процессе производства связана с запаздыванием поступления отдельных комплектующих, в результате чего, как правило, параллельно с уменьшением эффективности производства, на складах возникает избыток материалов, поступивших в срок или ранее намеченного срока. Кроме того, вследствие нарушения баланса поставок комплектующих, возникают дополнительные осложнения с учетом и отслеживанием их состояния в процессе производства, т.е. фактически невозможно было определить, например, к какой партии принадлежит данный составляющий элемент в уже собранном готовом продукте. С целью предотвращения подобных проблем, была разработана методология планирования потребности в материалах MRP (от англ. Material Requirements Planning – планирование потребности в материалах) [7, 16]. Реализация системы, работающей по этой методологии представляет собой компьютерную программу, позволяющую оптимально регулировать поставки комплектующих в производственный процесс, контролируя

запасы на складе и саму технологию производства. Главной задачей MRP является обеспечение гарантии наличия необходимого количества требуемых материалов-комплектующих в любой момент времени в рамках срока планирования, наряду с возможным уменьшением постоянных запасов, а, следовательно, разгрузкой склада.

Процесс планирования включает в себя функции автоматического создания проектов заказов на закупку и/или внутреннее производство необходимых материалов-комплектующих. Другими словами система MRP оптимизирует время поставки комплектующих, тем самым уменьшая затраты на производство и повышая его эффективность. Основными преимуществами использования подобной системы в производстве являются:

- Гарантия наличия требуемых комплектующих и уменьшение временных задержек в их доставке, и, следовательно, увеличение выпуска готовых изделий без увеличения числа рабочих мест и нагрузок на производственное оборудование.
- Уменьшение производственного брака в процессе сборки готовой продукции возникающего из-за использования неправильных комплектующих.
- Упорядочивание производства, ввиду контроля статуса каждого материала, позволяющего однозначно отслеживать весь его конвейерный путь, начиная от создания заказа на данный материал, до его положения в уже собранном готовом изделии. Также благодаря этому достигается полная достоверность и эффективность производственного учета.

Все эти преимущества фактически вытекают из самой философии MRP, базирующейся на том принципе, что все материалы-комплектующие, составные части и блоки готового изделия должны поступать в производство одновременно, в запланированное время, чтобы обеспечить создание конечного продукта без дополнительных задержек. MRP-система ускоряет доставку тех материалов, которые в данный момент нужны в первую очередь и задерживает преждевременные поступления, таким образом, что все комплектующие, представляющие собой полный список

составляющих конечного продукта поступают в производство одновременно. Это необходимо во избежание той ситуации, когда задерживается поставка одного из материалов, и производство вынуждено приостановиться даже при наличии всех остальных комплектующих конечного продукта. Основная цель MRP-системы формировать, контролировать и при необходимости изменять даты необходимого поступления заказов таким образом, чтобы все материалы, необходимые для производства поступали одновременно. В следующем разделе будут детально рассмотрены входные элементы MRP-программы и результаты ее работы.

На практике MRP-система представляет собой компьютерную программу, которая логически может быть представлена при помощи следующей диаграммы (Рис. 15) [7].



Рис. 15. Основные информационные элементы MRP-системы

Цикл ее работы состоит из следующих основных этапов [6]:

- 1) Прежде всего MRP-система, анализируя принятую программу производства, определяет оптимальный график производства на планируемый период.
- 2) Далее, материалы, не включенные в производственную программу, но присутствующие в текущих заказах, включаются в планирование как отдельный пункт.
- 3) На этом шаге, на основе утвержденной программы производства и заказов на комплектующие, не входящие в нее, для каждого отдельно взятого материала вычисляется полная потребность, в соответствии с перечнем составляющих конечного продукта.
- 4) Далее, на основе полной потребности, учитывая текущий статус материала, для каждого периода времени и для каждого материала вычисляется чистая потребность:

$$\boxed{\text{Чистая потребность}} = \boxed{\text{Полная потребность}} - \boxed{\text{Инвентаризовано на руках}} - \boxed{\text{Страховой запас}} - \boxed{\text{Резервирование для других целей}}$$

Рис. 16. Расчет чистой потребности

Если чистая потребность в материале больше нуля, то системой автоматически создается заказ на материал.

- 5) В итоге, все заказы созданные ранее текущего периода планирования, рассматриваются, и в них, при необходимости, вносятся изменения, чтобы предотвратить преждевременные поставки и задержки поставок от поставщиков.

В результате работы MRP-программы создается план заказов на каждый отдельный материал на весь срок планирования, обеспечение выполнения которого необходимо для поддержки программы производства. Также, MRP-система формирует некоторые второстепенные результаты, в виде отчетов, целью которых является обратить внимание на "узкие места" в течение планируемого периода, то есть те промежутки времени, когда требуется дополнительный контроль за текущими заказами, а также для того, чтобы вовремя известить о возможных системных ошибках возникших при работе программы.

Таким образом, использование MRP-системы для планирования производственных потребностей позволяет оптимизировать время поступления каждого материала, тем самым значительно снижая складские издержки и облегчая ведение производственного учета. Однако среди пользователей MRP-программ существует расхождение во мнениях относительно использования страхового запаса для каждого материала. Сторонники использования страхового запаса утверждают, что он необходим в силу того, что зачастую механизм доставки грузов не является достаточно надежным, и возникшее, в силу различных факторов, полное расходование запасов на какой-либо материал, автоматически приводящее к остановке производства, обходится гораздо дороже, чем постоянно поддерживаемый его страховой запас. Противники использования страхового запаса утверждают, что его отсутствие является одной из центральных особенностей концепции MRP, поскольку MRP-система должна быть гибкой по отношению к внешним факторам, вовремя внося изменения к плану заказов, в случае непредвиденных и неустраняемых задержек поставок. Но в реальной ситуации, как правило, вторая точка зрения может быть реализована для планирования потребностей для производства изделий, спрос на которые относительно прогнозируем и контролируем и объем производства может быть установлен в производственной программе постоянным в течение некоторого, относительно длительного периода. Следует заметить, что в Российских условиях, когда задержки в процессах поставки являются скорее правилом, чем исключением, на практике целесообразно применять планирование с учетом страхового запаса, объемы которого устанавливаются в каждом отдельном случае.

Очевидно, что по мере совершенствования средств обработки данных присущие MRP ограничения перестали удовлетворять менеджеров и плановиков. Поэтому следующим шагом стала реализация возможности анализировать загрузку производственных мощностей и учитывать ресурсные ограничения производства. Эта технология известна как CRP (от англ. Capacity Requirements Planning – планирование потребности в мощностях) [6].

Система планирования производственных мощностей по методологии CRP (Рис. 17) применяется для проверки пробной программы производства, созданной в соответствии с прогнозами спроса на продукцию, на возможность ее осуществления имеющимися в наличии производственными мощностями. В процессе работы CRP-системы разрабатывается план распределения производственных мощностей для обработки каждого конкретного цикла производства в течение планируемого периода. Также устанавливается технологический план последовательности производственных процедур и, в соответствии с пробной программой производства, определяется степень загрузки каждой производственной единицы на срок планирования. Если после цикла работы CRP-модуля программа производства признается реально осуществимой, то она автоматически подтверждается и становится основной для MRP-системы. В противном случае в нее вносятся изменения, и она подвергается повторному тестированию с помощью CRP-модуля. В дальнейшем эволюционном развитии систем планирования производства они стали представлять собой интеграцию многих отдельных модулей, которые, взаимодействуя, увеличивали гибкость системы в целом.

CRP информирует обо всех расхождениях между планируемой загрузкой и имеющимися мощностями, позволяя предпринять необходимые регулирующие воздействия. При этом каждому изготавливаемому изделию назначается соответствующий технологический маршрут с описанием ресурсов, требуемых на каждой его операции, на каждом рабочем центре. Следует отметить, что CRP не занимается оптимизацией загрузки, осуществляя лишь расчетные функции по заранее определенной производственной программе согласно описанной нормативной информации.

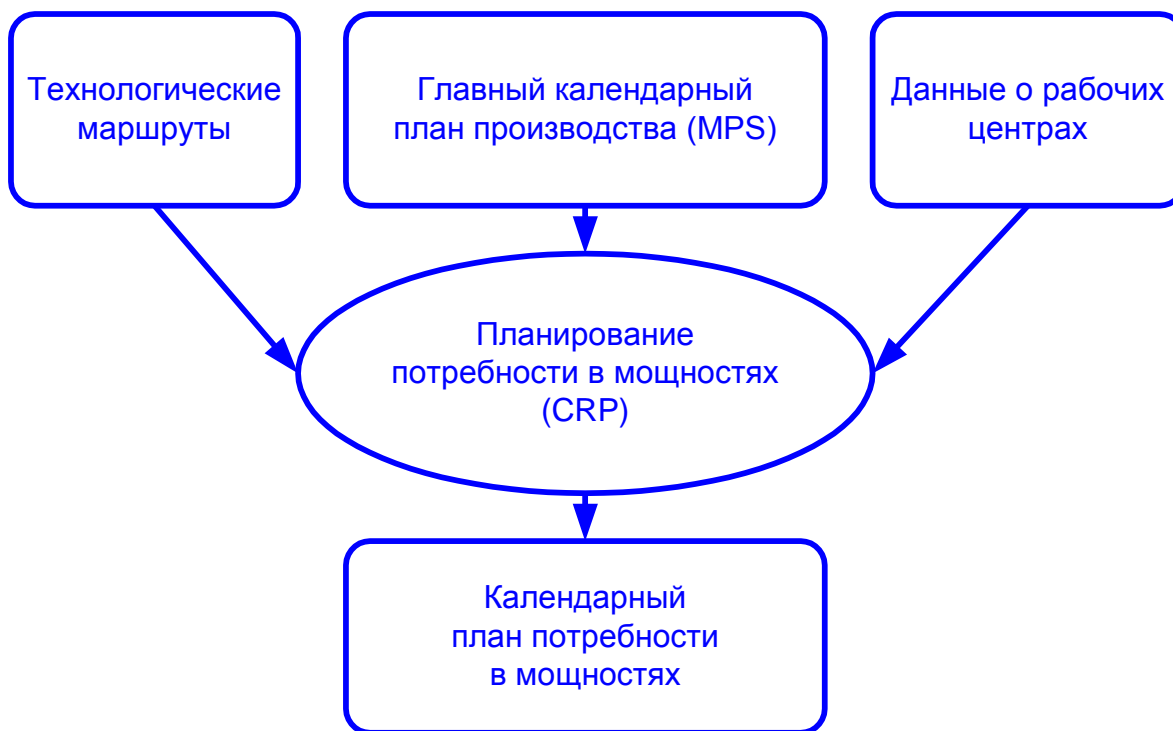


Рис. 170. Планирование потребности в мощностях (CRP)

Как MRP, так и CRP – плановые механизмы, позволяющие получать корректный и реальный план-график производства на основе использования опыта и знаний лиц, принимающих решения. Можно отметить, что налаженная технология MRP/CRP при наличии достаточных вычислительных мощностей позволяет, по сути, осуществлять моделирование ситуации.

С целью увеличить эффективность планирования, в конце 70-х годов Оливер Уайт и Джордж Плосл предложили идею воспроизведения замкнутого цикла (closed loop) в MRP-системах. Идея заключалась в предложении ввести в рассмотрение более широкий спектр факторов при проведении планирования, путем введения дополнительных функций. К базовым функциям планирования производственных мощностей и планирования потребностей в материалах было предложено добавить ряд дополнительных, таких как контроль соответствия количества произведенной продукции количеству использованных в процессе сборки комплектующих, составление регулярных отчетов о задержках заказов, об объемах и динамике продаж продукции, о поставщиках и т.д. Термин "замкнутый цикл" отражает основную особенность модифицированной системы, заключающуюся в том, что созданные в процессе ее работы

отчеты анализируются и учитываются на дальнейших этапах планирования, изменяя, при необходимости программу производства, а, следовательно, и план заказов. Другими словами, дополнительные функции осуществляют обратную связь в системе, обеспечивающую гибкость планирования по отношению к внешним факторам, таким как уровень спроса, состояние дел у поставщиков и т.п.

В дальнейшем, усовершенствование системы привело к трансформации системы MRP с замкнутым циклом в расширенную модификацию, которую впоследствии назвали MRP-II (Manufactory Resource Planning), ввиду идентичности аббревиатур. Эта система была создана для эффективного планирования всех ресурсов производственного предприятия, в том числе финансовых и кадровых. Кроме того, система класса MRP-II способна адаптироваться к изменениям внешней ситуации и эмулировать ответ на вопрос "Что если?". MRP-II представляет собой интеграцию большого количества отдельных модулей, таких как планирование бизнес-процессов, планирование потребностей в материалах, планирование производственных мощностей, планирование финансов, управление инвестициями и т.д. Результаты работы каждого из модуля анализируются всей системой в целом, что собственно и обеспечивает ее гибкость по отношению к внешним факторам. Именно это свойство является краеугольным камнем современных систем планирования, поскольку большое количество производителей производят продукцию с заведомо коротким жизненным циклом, требующую регулярных доработок. В таком случае появляется необходимость в автоматизированной системе, которая позволяет оптимизировать объемы и характеристики выпускаемой продукции, анализируя текущий спрос и положение на рынке в целом [6].

В последние годы системы планирования класса MRP-II в интеграции с модулем финансового планирования FRP (от англ. Finance Requirements Planning) получили название систем бизнес-планирования ERP (от англ. Enterprise Requirements Planning – планирование ресурсов предприятия) [16].

Таким образом, MRP-системы предназначены для планирования и распределения материалов. Они позволяют оптимально регулировать поставки комплектующих в производственный процесс, контролируя запасы на складе и саму технологию производства. В результате работы MRP-программы создается план заказов на каждый отдельный материал на весь срок планирования, обеспечение выполнения которого необходимо для поддержки программы производства.

Следующим шагом в развитии MRP являются CRP-системы, которые применяются для проверки пробной программы производства, созданной в соответствии с прогнозами спроса на продукцию, на возможность ее осуществления имеющимися в наличии производственными мощностями. В процессе работы CRP-системы разрабатывается план распределения производственных мощностей для обработки каждого конкретного цикла производства в течение планируемого периода, устанавливается технологический план последовательности производственных процедур, определяется степень загрузки каждой производственной единицы на срок планирования.

В дальнейшем, усовершенствование системы привело к трансформации системы MRP с замкнутым циклом в расширенную модификацию, которую впоследствии назвали MRP-II.

2.6 Системы планирования производственных мощностей и ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP)

Концепция ERP предложена аналитической корпорацией Gartner не так давно, в начале 90-х. Системы ERP (Enterprise Resource Planning) предназначены для управления финансовой и хозяйственной деятельностью предприятий. Это “верхний уровень” в иерархии систем управления предприятием, затрагивающий ключевые аспекты его производственной и коммерческой деятельности, такие как производство, планирование, финансы и бухгалтерия, материально-техническое снабжение и управление кадрами, сбыт, управление запасами, ведение заказов на изготовление (поставку) продукции и предоставление услуг. Такие системы создаются для предоставления руководству информации

для принятия управленческих решений, а также для создания инфраструктуры электронного обмена данными предприятия с поставщиками и потребителями [16].

Очевидно, что все предприятия уникальны в своей финансовой и хозяйственной деятельности. В то же время прогресс в разработке программных решений для задач ERP связан с тем, что наряду со спецификой удается выделить задачи, общие для предприятий самых разных видов деятельности (различные отрасли промышленности, сфера услуг, телекоммуникации, банки, государственные учреждения и др.). К таким общим задачам можно отнести управление материальными и финансовыми ресурсами, закупками, сбытом, заказами потребителей и поставками, управление кадрами, основными фондами, складами, бизнес-планирование и учет, бухгалтерия, расчеты с покупателями и поставщиками, ведение банковских счетов и др.

Основные отличия систем управления предприятиями, построенных на основе концепции ERP, следующие [16]:

- В ERP, в отличие от MRP II, больше внимания уделяется финансовым подсистемам.
- Системы ERP, в отличие от MRP II, ориентированы на управление “виртуальным предприятием”. Виртуальное предприятие, отражающее взаимодействие производства, поставщиков, партнеров и потребителей, может состоять из автономно работающих предприятий, или корпорации, или географически распределенного предприятия, или временного объединения предприятий, работающих над проектом, государственной программой и др.

В ERP добавляются механизмы управления транснациональными корпорациями, включая поддержку нескольких часовых поясов, языков, валют, систем бухгалтерского учета и отчетности.

Эти отличия в меньшей степени затрагивают логику и функциональность систем, и в большей степени определяют их инфраструктуру и масштабируемость – до нескольких тысяч пользователей. Требования к гибкости, надежности и производительности

программного обеспечения и вычислительных платформ неуклонно растут.

- Растут требования к интеграции систем ERP с приложениями, уже используемыми на предприятии (например, системами проектирования, подготовки производства, учета хода производства и управления технологическими процессами, расчета с клиентами и др.), а также с новыми разработками. Система ERP не может решить всех задач управления промышленным предприятием и часто воспринимается как хребет, на основе которого выполняется интеграция с другими приложениями.
- В новых системах ERP больше внимания уделяется средствам поддержки принятия решений и средствам интеграции с хранилищами данных (иногда включаемых в систему как новый модуль).
- В системах ERP разработаны развитые средства настройки (конфигурирования) и адаптации, в том числе применяемые динамически в процессе эксплуатации систем.

Таким образом, системы ERP предназначены для управления финансовой и хозяйственной деятельностью предприятий. Это “верхний уровень” в иерархии систем управления предприятием, затрагивающий ключевые аспекты его производственной и коммерческой деятельности, такие как производство, планирование, финансы и бухгалтерия, материально-техническое снабжение и управление кадрами, сбыт, управление запасами, ведение заказов на изготовление (поставку) продукции и предоставление услуг.

2.7 Системы интегрированной логистической поддержки жизненного цикла изделия (Integrated Logistic Support, ILS)

Одним из важных потребительских параметров сложного наукоемкого изделия является величина затрат на поддержку его

жизненного цикла. Они складываются из затрат на разработку и производство изделия, а также затрат на ввод изделия в действие, эксплуатацию и поддержание его в работоспособном состоянии. Для сложного изделия, имеющего длительный срок использования (10-20 лет) затраты, возникающие на постпроизводственных стадиях жизненного цикла и связанные с поддержанием изделия в работоспособном состоянии, могут быть равны или превышать (до 2-3 раз) затраты на приобретение. Сокращение затрат на поддержку жизненного цикла изделия – одна из целей CALS. Комплекс управленческих мероприятий, направленных на сокращение этих затрат, объединяется понятием интеграционная логистическая поддержка (ИЛП) (Integrated Logistic Support, ILS) [19].

ИЛП включает в себя:

- 1) анализ логистической поддержки (АЛП), выполняемый с целью обеспечения необходимого уровня надежности, ремонтпригодности и пригодности к поддержке, а также установления требований:
 - к конструкции изделия, размещению его агрегатов и узлов, подлежащих регулярному обслуживанию, замене и ремонту;
 - к вспомогательному и испытательному оборудованию (Support and Test Equipment);
 - к численности и квалификации эксплуатационного и обслуживающего персонала (Manpower and Human Factors);
 - к системе и средствам обучения (Training and Training Equipment);
 - к номенклатуре и количеству запасных частей, расходных материалов и т.д.;
 - к организации хранения, транспортировки, упаковки и т.д. (Packaging, Handling, Storage and Transportation).
- 2) планирование технического обслуживания (ТО) изделия (Maintenance Planning): разработка концепции ТО, требований к изделию в части его обслуживания и реализации плана ТО;

3) интегрированные процедуры поддержки материально-технического обеспечения (Integrated Supply Support Procedures), в том числе:

- определение параметров начального материально-технического обеспечения (Initial Provisioning);
 - кодификация (Codification) предметов поставки;
 - планирование поставок изделий (Procurement Planning);
 - управление заказами на поставку предметов снабжения (Order Administration);
 - управление счетами на оплату заказанных предметов снабжения (Invoicing);
- 4) меры по обеспечению персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией (Electronic Documentation).

Рассмотрим составляющие части ИЛП более подробно.

Анализ логистической поддержки (АЛП) (от англ. Logistic Support Analysis, LSA) – одна из важнейших составляющих ИЛП [19]. Он представляет собой формализованную технологию всестороннего исследования изделия и вариантов системы его эксплуатации и поддержки. АЛП направлен на сокращение затрат на жизненный цикл изделия при заданных показателях надежности и эффективности. АЛП следует начинать еще до начала проектирования, т.е. на стадии определения требований к изделию, и продолжать до завершения процесса его использования. Последнее необходимо для оценки правильности результатов предыдущих этапов АЛП и накопления статистического материала, служащего основой анализа новых проектов. Результаты АЛП, как правило, представляются в форме реляционной базы данных – БД АЛП (Logistic Support Analysis Records, LSAR).

В ходе АЛП решаются следующие основные задачи:

- формирование требований к проекту и к системе поддержки на основе сравнения с существующими аналогами; корректировка

проектных решений, направленная на обеспечение эффективной эксплуатации;

- разработка системы поддержки эксплуатации, обеспечивающей наилучшее соотношение затрат, сроков и характеристик “пригодности к поддержке” (Supportability);
- определение требований к ресурсам логистической поддержки, разработка планов постпроизводственной поддержки;
- оценка и проверка достигнутых показателей эффективности эксплуатации.

При проведении АЛП формируется интегральный показатель (функционал), характеризующий эффективность системы ИЛП (“пригодность к поддержке”) и включающий в себя:

- наработку на отказ – среднее время между отказами (MTBF/Mean Time Between Failures);
- средний срок работы до ремонта (MTTR/Mean Time to Repair);
- среднее время восстановления (приведения в рабочее состояние) после отказа (RST/Required Standby Time);
- среднее время между обслуживанием (MTBMA/Mean Time Between Maintenance Actions);
- среднее время между заменами (MTBR/Mean Time Between Removals);
- требуемый уровень готовности. (ROA/Required Operational Availability);
- требуемый уровень обслуживания (RML/Required Maintenance Level).

Помимо данных, прямо связанных с изделием, и характеристик “пригодности к поддержке”, результатом АЛП являются:

- требования к вспомогательному оборудованию, к которому относится стационарное и мобильное оборудование, необходимое для эксплуатации и технического обслуживания изделия, в т.ч.

универсальное оборудование, транспортное оборудование, инструмент, метрологическое и контрольно-измерительное оборудование, диагностическое оборудование и программное обеспечение;

- требования к инфраструктуре системы эксплуатации и ремонта, включающей: здания, сооружения, системы энергоснабжения и т.д.;
- требования к количественному и качественному составу персонала и уровню его квалификации;
- требования к подготовке персонала и средствам обучения;
- требования, ресурсы и процедуры, связанные с упаковкой, хранением и транспортированием изделия и вспомогательного оборудования, в т.ч. требования к условиям внешней среды (температура, влажность, атмосферное давление, удары и вибрации и т.д.);
- особенности работы с опасными материалами, условия их краткосрочного и долгосрочного хранения.

В целом система задач АЛП и последовательность их выполнения построены так, чтобы снизить вероятность неудачных проектных решений, влияющих на эффективность эксплуатации изделия. По аналогии со стандартами серии ИСО 9000, направленными на построение системы, обеспечивающей заданный уровень качества и возможность “демонстрировать потребителю способность управлять качеством”, технологии и стандарты АЛП направлены на то, чтобы “доказать потребителю, что все меры, обеспечивающие уменьшение стоимости владения изделием, приняты”.

До недавнего времени процесс АЛП регламентировался стандартом министерства обороны США MIL-STD-1388. Более современным и универсальным является стандарт министерства обороны Великобритании DEF STAN 00-60, de-facto признанный в Европе в качестве международного.

Согласно этим нормативным документам результаты АЛП представляются в форме реляционной базы данных (БД АЛП – LSAR), имеющей регламентированную структуру. Результаты АЛП, представленные в стандартизованном виде, используются многими потребителями на разных стадиях жизненного цикла. На стадии подготовки контракта на разработку и поставку изделия поставщик должен представить заказчику следующие результаты АЛП:

- 1) Показать, как и какие ИТ использованы при решении задач АЛП и как будет обеспечено совместное использование данных АЛП для ИЛП и других задач (задачи группы 100).
- 2) Оценить характеристики "пригодности к поддержке" (задачи группы 200), в т.ч.:
 - показать, как и какие ИТ будут применены в качестве одного из факторов, обеспечивающих заданный уровень "пригодности к поддержке" (задача 201);
 - оценить, как в проекте учтены ограничения на логистические ресурсы (задача 202);
 - описать опыт применения ИТ в разработке и эксплуатации существующего изделия-прототипа (задача 203);
 - показать, как и какие ИТ будут использованы в процессе проектирования для улучшения характеристик "обслуживаемости" изделия.
- 3) Представить результаты оптимизации системы логистической поддержки (задачи группы 300).
- 4) Оценить ресурсы, необходимые для логистической поддержки изделия.

На стадии поставки данные АЛП используются следующим образом:

- 1) Результаты решения задач групп 200 и 300 используются при проектировании изделия и средств его поддержки (вспомогательного оборудования).

- 2) В БД АЛП фиксируется конкретная конфигурация изделия, требования и процедуры по обслуживанию.
- 3) БД АЛП используется для разработки других элементов ИЛП, таких как электронная эксплуатационная документация, учебные материалы, и т.д.

На стадии эксплуатации в БД АЛП поддерживаются данные о фактической конфигурации изделия с учетом возможных изменений. Информация о ходе эксплуатации и фактических характеристиках “пригодности к поддержке” должна передаваться проектанту, обеспечивая обратную связь и возможность дополнения и корректировки результатов первоначального анализа. Для этого на стадии разработки проекта необходимо предусматривать возможности и средства обмена цифровыми данными между проектантом и эксплуатантом.

Планирование процессов технического обслуживания и ремонта (ТОиР) предполагает:

- разработку концепции ТОиР;
- анализ и конкретизацию требований к изделию в части его обслуживания и ремонта;
- разработку и оперативную корректировку плана ТОиР.

Концепция ТОиР предопределяет стратегию этих работ и их системную организацию.

Система технического обслуживания и ремонта – совокупность взаимосвязанных технических средств, специальной технической документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, относящихся к компетенции этой системы.

Согласно ГОСТ 18322-78, техническое обслуживание (ТО) – операция или комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. Тот же ГОСТ 18322-78 определяет ремонт (Р) как комплекс операций по восстановлению исправности или

работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Принято различать следующие виды ТО изделий:

- ТО при использовании;
- ТО при хранении;
- ТО при перемещении;
- ТО при ожидании использования по назначению.

Виды ТО можно классифицировать в зависимости от:

- периодичности выполнения;
- условий эксплуатации;
- регламентации выполнения;
- организации выполнения.

В ходе ТО выполняются регламентированные в конструкторской документации операции, необходимые для поддержания работоспособности или исправности изделия в течение его срока службы. Выбирая соответствующий метод технического обслуживания изделий, можно назначать величины параметров, относящихся к характеристикам поддерживаемости, минимизируя эксплуатационные затраты.

Каждому уровню соответствует свой набор задач, требования к численности и квалификации обслуживающего и ремонтного персонала, к количеству и номенклатуре запасных частей и заменяемых агрегатов, к составу специального оборудования и т.д.

Конкретизация изложенных выше положений и представлений служит основой содержания концепции ТОиР, разрабатываемой, как правило, поставщиком изделия и согласуемой с его заказчиком.

Требования к изделию в отношении ТОиР определяются на основе данных АЛП, содержащихся в БД АЛП, и уточняются по результатам реальной эксплуатации в различных условиях.

На основе концепции и результатов анализа требований разрабатывают и реализуют следующие мероприятия:

- создание единой системы управления ТОиР, предусматривающей методы и "механизмы" улучшения показателей надежности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости, что в итоге должно минимизировать эксплуатационные затраты;
- организацию распределенной системы сбора и обработки службами заказчиков (эксплуатантов) статистической информации о значениях вышеуказанных показателей, а также данных о номенклатуре и количестве используемых запасных частей для изделия и его компонентов;
- выполнение службами заказчиков и поставщика централизованного анализа накопленных эксплуатационных и логистических данных;
- проведение согласованной динамической корректировки планов ТОиР;
- подготовку и переподготовку персонала по обеспечению перечисленных выше мероприятий.

План ТОиР разрабатывается в нескольких альтернативных вариантах с учетом распределения работ по упомянутым выше уровням, назначения обслуживающего и ремонтного персонала, обладающего необходимой квалификацией, наличия необходимых запчастей и расходных материалов и т.д. Планируются календарные даты, трудоемкость работ и их стоимость. Заказчик выбирает наиболее подходящий ему вариант. При расчетах, связанных с планированием ТОиР, используются следующие основные показатели:

- средняя продолжительность технического обслуживания (ремонта);
- средняя трудоемкость технического обслуживания (ремонта);
- средняя стоимость технического обслуживания (ремонта);
- средняя суммарная продолжительность технических обслуживаний (ремонтов);

- средняя суммарная трудоемкость технических обслуживаний (ремонтов);
- средняя суммарная стоимость технических обслуживаний (ремонтов);
- коэффициент готовности;
- коэффициент технического использования.

Значения этих показателей определяются в процессе АЛП и содержатся в соответствующих таблицах БД АЛП.

Интегрированные процедуры поддержки материально-технического обеспечения (МТО) включают в себя:

- кодификацию предметов МТО (Codification);
- определение параметров начального МТО (Initial Provisioning);
- определение параметров текущего МТО (Provisioning);
- планирование закупок (Procurement Planning);
- управление поставками (Supply Management);
- управление заказами (Order Administration);
- управление счетами (Invoicing).

Кодификация предметов МТО представляет собой четко регламентированную стандартами процедуру присвоения этим предметам кодовых обозначений, однозначно понимаемых всеми причастными к соответствующим процессам службами поставщиков и потребителей. Характерной особенностью этих обозначений является их ориентированность на компьютерную обработку. Цель кодификации состоит в сокращении номенклатуры закупаемых изделий и комплектующих, исключении неоправданного дублирования и предоставлении необходимой информации потребителям и поставщикам.

Определение параметров начального МТО состоит в формировании перечня (набора) запасных частей и расходных материалов, необходимых для поддержки функционирования изделия в начальный период его эксплуатации, когда текущее МТО может по тем или иным причинам

оказаться еще не налаженным. Состав этого набора как в отношении номенклатуры необходимых предметов, так и в отношении их количества, определяется расчетами, выполняемыми в процессе логистического анализа (ЛА). В состав средств и предметов начального МТО, как правило, включают запасные части и материалы, необходимые для эксплуатации не только самого изделия, но и вспомогательного оборудования. В процессе организации начального МТО могут быть подготовлены контракты с фирмами – поставщиками соответствующей продукции. Обычно период действия начального МТО ограничивается сроком до двух лет.

Номенклатура и объемы поставок, т.е. параметры текущего МТО, также определяются расчетами, выполняемыми в процессе ЛА, и затем корректируются в зависимости от фактических условий эксплуатации изделия. При этом широко используются иллюстрированные каталоги деталей и элементов изделия, подготовка которых также происходит в процессе ЛА.

Планирование закупок (ПЗ), согласно упомянутым выше стандартам, представляет собой метод запроса и получения от промышленных предприятий сведений о ценах на предметы МТО, включая прайс-листы поставщиков. В соответствии со стандартами процедуры ПЗ охватывают два вида деловой практики:

- 1) Процедуры направления запроса о ценах на конкретные предметы МТО от покупателя потенциальному поставщику и последующего ответа поставщика.
- 2) Процедуры запроса покупателем актуального прайс-листа на некоторую номенклатуру предметов МТО и предоставления такого прайс-листа поставщиком в ответ на запрос покупателя.

Возможна также процедура предоставления этих данных покупателю по собственной инициативе поставщика. Стандарты жестко регламентируют форму и содержание запросов и ответов (сообщений) для обоих случаев, предусматривают формы и процедуры согласования цен и способы кодирования соответствующих разным ситуациям документов.

На основании результатов ПЗ определяется, у каких поставщиков будут приобретаться те или иные предметы МТО. Именно эти сведения и

составляют содержание плана закупок. Эти данные используются на последующих стадиях ИЛП, т.е. при управлении заказами (заявками) и ведении счетов.

Управление поставками предусматривает выполнение таких процедур, как оценка уровня текущих запасов по всем предметам МТО, принятие своевременных решений о необходимости пополнения этих запасов, подготовку соответствующих заявок, контроль качества поступающих предметов МТО, организация их хранения и выдачи. На выполнение всех этих процедур существуют предусмотренные стандартами правила и инструкции, определяющие состав и последовательность необходимых действий, а также форму и содержание сопроводительных документов.

Управление заказами – термин, объединяющий все виды действий, осуществляемых с заказом (заявкой) от момента его выдачи заказчиком поставщику (с учетом возможных поправок/добавлений, запросов/справок о ходе выполнения и т.д.), вплоть до подтверждения доставки заказанных предметов МТО.

Управление счетами на оплату заказанных предметов снабжения – информационный обмен между поставщиком и заказчиком при передаче счетов и данных о счетах на оплату в электронном виде.

Одним из важнейших компонентов ИЛП является обеспечение персонала эксплуатационной и ремонтной документацией, выполненной в электронном виде. Характерным свойством такой документации является ее интерактивность, т.е. возможность для обслуживающего и ремонтного персонала получать необходимые сведения о процессах и процедурах в форме прямого диалога с компьютером, Интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) выполняются в соответствии со следующими нормативно-техническими документами:

- Р 50.1.029-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению. Рекомендации по стандартизации. Госстандарт России. Москва, 2001 г.

- Р 50.1.030-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных. Рекомендации по стандартизации. Госстандарт России. Москва, 2001 г.

Согласно этим документам ИЭТР представляет собой структурированный программно-аппаратный комплекс, содержащий взаимосвязанные технические данные, требующиеся при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия. ИЭТР предоставляет в интерактивном режиме справочную и описательную информацию об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время проведения этих процедур.

ИЭТР включает в себя базу данных (БД) и электронную систему отображения (ЭСО), предназначенную для визуализации данных и обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователем.

БД ИЭТР имеет структуру, позволяющую пользователю быстро получить доступ к нужной информации. БД ИЭТР может содержать текстовую и графическую информацию, а также данные в мультимедийной форме (аудио- и видеоданные).

ЭСО обеспечивает унифицированный для всех ИЭТР способ взаимодействия с пользователем и технику представления информации.

ИЭТР предназначены для решения следующих задач:

- обеспечение пользователя справочным материалом об устройстве и принципах работы изделия;
- обучение пользователя правилам эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, потребности в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала;

- диагностики состояния оборудования и поиска неисправностей;
- подготовки и реализации автоматизированного заказа материалов и запасных частей;
- планирования и учета проведения регламентных работ;
- обмена данными между потребителем и поставщиком.

Эти задачи решаются благодаря специфическим формам и методам организации БД и способам доступа к ней. По существу ИЭТР является своеобразной базой знаний об изделии и в этом качестве представляет собой интеллектуальное средство поддержки эксплуатации изделия на постпроизводственных стадиях его ЖЦ. Для создания и применения ИЭТР используются специализированные программные продукты.

В этом контексте в состав функций ИЛП входит определение потребности в ИЭТР различных видов и назначения, доведение этой потребности до разработчиков, контроль ее реализации при поставке изделия потребителю и при организации эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия, принятие организационных и иных мер при обнаружении отсутствия или некомплектности состава ИЭТР. Для разработки ИЭТР используются специализированные программные средства, например, программный продукт Technical Guide Builder (TGB), разработанный НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика", а также средства управления данными об изделии (PDM), управления конфигурацией (CM) и управления потоками работ (WFM).

Таким образом, комплекс управленческих мероприятий, направленных на сокращение затрат, возникающих на постпроизводственных стадиях ЖЦ и связанных с поддержанием изделия в работоспособном состоянии, объединяется понятием интеграционная логистическая поддержка (ИЛП).

ИЛП включает в себя:

- анализ логистической поддержки (АЛП), выполняемый с целью обеспечения необходимого уровня надежности, ремонтпригодности и пригодности к поддержке;

- планирование технического обслуживания (ТО) изделия (Maintenance Planning): разработка концепции ТО, требований к изделию в части его обслуживания и реализации плана ТО;
- интегрированные процедуры поддержки материально-технического обеспечения (Integrated Supply Support Procedures);
- меры по обеспечению персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией (Electronic Documentation).

2.8 Системы электронного документооборота и управления потоками работ (Workflow Management, WF)

Международной организацией, координирующей разработку терминологии, стандартов и спецификаций на системы класса Workflow, является Workflow Management Coalition (WfMC). Созданная в середине 1993 года WfMC объединяет около 200 различных организаций по всему миру. В их числе компании, специализирующиеся на разработке аппаратных и программных систем, внедрении, консалтинге, а также учебные заведения. По оценкам WfMC, емкость рынка систем класса Workflow составляет сегодня 100 млн. долларов, а такие примеры инсталляций системы Staffware (<http://www.staffware.com>), как комплекс для пяти тыс. пользователей в Министерстве обороны Великобритании или шести тыс. служащих страховой компании SIGNA Healthcare, служат убедительной иллюстрацией реалистичности этих оценок. Внедрения систем класса Workflow в России пока не столь масштабны. Тем не менее количество представленных на рынке систем уже исчисляется десятками, а количество проданных лицензий – тысячами.

Реинжиниринг бизнес-процессов концентрируется на анализе и синтезе бизнес-процессов, тогда как термин Workflow относится к управлению бизнес-процессами. Workflow называют программное обеспечение, упорядочивающее и управляющее задачами, ресурсами и правилами, необходимыми для выполнения бизнес-процесса. Программное обеспечение класса Workflow предоставляет контейнер данных и документов для каждой единицы работы, называемой частицей работы, и автоматически маршрутизирует и отслеживает движение таких

контейнеров в соответствии с бизнес-правилами к пользователям или "ролям", указанным в определении процесса.

В основе технологии Workflow лежат следующие понятия [10]:

- объект – информационный, материальный или финансовый объект, используемый в бизнес-процессе (например письмо, оборудование, счет);
- событие – внешнее (не контролируемое в рамках процесса) действие, произошедшее с объектом (скажем получение письма, поломка оборудования, изменение ставки налога);
- операция – элементарное действие, выполняемое в рамках рассматриваемого бизнес-процесса (допустим подготовка письма, замена оборудования, оплата счета);
- исполнитель – должностное лицо, ответственное за выполнение одной или нескольких операций бизнес-процесса (к примеру менеджер, сотрудник архива, директор).

Каждая система Workflow строится по единой концепции и вне зависимости от реализации обеспечивает решение трех следующих задач [10]:

- разработка описания бизнес-процесса;
- управление выполнением бизнес-процесса;
- интеграция используемых в процессе приложений.

Соответственно этим задачам в составе системы можно выделить типовые компоненты (Рис. 18) и проанализировать связи между ними.

Workflow-технология обычно достигает этой цели, разделяя между собой следующие аспекты [22]:

- описание различных операций бизнес-процесса и необходимых для них данных;
- бизнес-правила, описывающие управляющие потоки между операциями такого процесса;

- роли и обязанности, связанные с задачами, которые выполняются в рамках операций бизнес-процесса;
- базовая организационная модель, определяющая роли и обязанности действительных исполнителей работ.

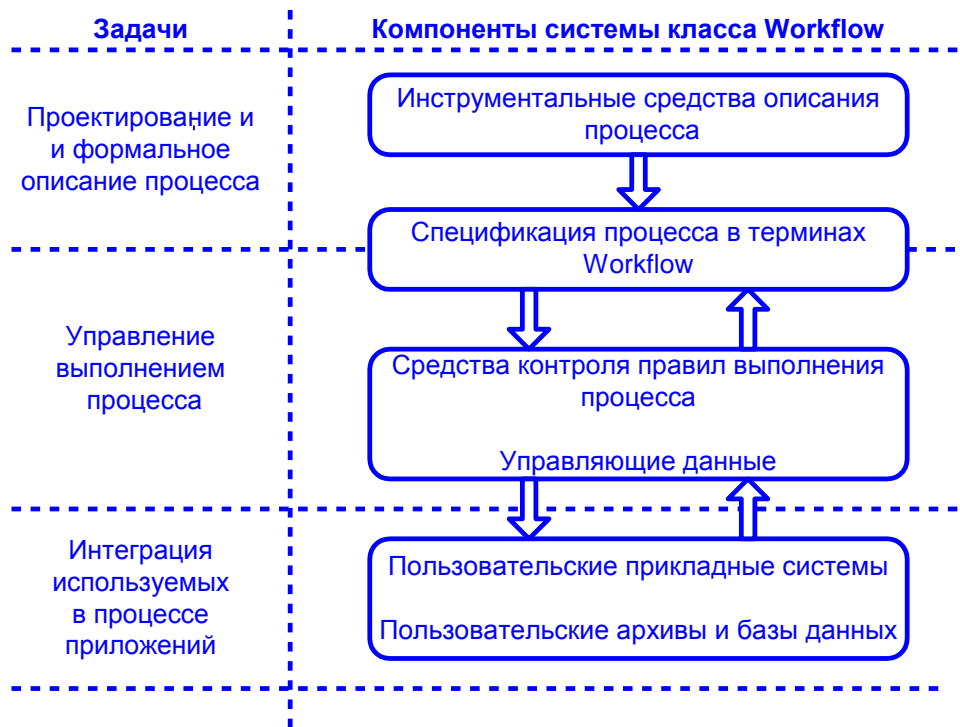


Рис. 18. Задачи и компоненты системы класса Workflow

Инструментальные средства описания процесса предназначены для формирования формального описания процесса в виде упорядоченного множества операций, правил их выполнения, связанных с ними объектов, исполнителей и событий. Полученное описание или спецификация процесса используется для контроля и управления выполнением процесса на основе поступающих в систему данных. В качестве этих данных выступают информация, введенная пользователем, результаты выполнения отдельных операций, данные от прикладных систем, архивов и баз.

В свою очередь средства управления выполнением процесса предоставляют пользователю и/или прикладной системе информацию, необходимую для каждой операции, а выявленные на этапе выполнения несоответствия служат основанием для пересмотра спецификации процесса.

Сложность интеграции систем во многом объясняется фрагментарностью разработки нынешней Workflow – технологии:

1) Управление потоком работ: фаза первая.

Программное управление процессами – концепция не новая. Вот уже несколько лет рынок информационных технологий (ИТ) предлагает множество видов программного обеспечения (ПО), поддерживающего те или иные аспекты функциональности workflow, хотя зачастую такие функции встроены в другие взаимосвязанные продукты, поэтому технологией их признать трудно.

2) Обработка изображений.

Workflow тесно связано с системами обработки изображений, поэтому многие продукты этого класса оснащаются встроенными Workflow – возможностями. Когда хранящаяся на бумаге информация преобразуется в электронное изображение, появляется возможность пересылать ее между несколькими участниками, использующими такие данные для самых различных целей стандартного процесса (основу которого ранее составляли бумажные документы).

3) Управление документами.

Системы управления электронными документами все чаще оснащаются средствами пересылки документов (полностью или частично) между отдельными участниками процесса и репозиториями. Таким способом удастся, например, упростить совместную подготовку материала и его архивирование. Возникла и необходимость стандартизации в области управления документооборотом, в результате чего началась выработка требований к расширениям Workflow – систем.

4) Электронная почта и каталоги.

Электронная почта существенно упрощает распространение информации среди индивидуальных пользователей, а ассоциированные каталоги содержат информацию об их атрибутах – это может быть роль в организации либо другие характеристики, касающиеся участия в деловых операциях. Появление в системах электронной почты механизмов

маршрутизации, содержащих описание цепочек получателей, приблизило их функциональность к средствам управления потоком работ.

5) Приложения для групповой работы.

Такие приложения создавались специально для обеспечения и совершенствования взаимодействия между группами сотрудников. Первоначально во многих из них высокое качество совместной работы достигалось за счет неформальных процессов, организации доступа к групповым электронным доскам объявлений или ежедневникам и планировщикам по мере необходимости. Однако усиливающаяся формализация бизнес-процессов привела к тому, что наметился постепенный переход к оснащению систем групповой работы средствами управления потоком работ.

6) Программные средства поддержки проектов.

В программных средствах разработки сложных проектов ИТ часто можно встретить Workflow-функции в среде проекта. Они служат для регулирования очередей и распределения задач между отдельными разработчиками, а также для пересылки информации между ними в процессе решения таких задач.

7) Транзакционные Workflow-системы.

По мере того как традиционные приложения обработки транзакций получали все большее распространение, некоторые из них начинали выполнять полностью распределенные транзакционные задачи в среде настольных систем. Одновременно производители средств управления потоком работ стали включать в свои продукты отдельные транзакционные функции, в первую очередь те, что имеют отношение к координации распределения задач и восстановления систем. Все это привело к возникновению общей для обеих технологий области.

8) Инструментарий реорганизации бизнес-процессов и разработки структурированных систем.

Пока развивались отдельные фрагменты Workflow-технологии, на рынке появилось множество инструментальных средств реорганизации бизнес-процесса. Они обеспечили информационную поддержку анализа,

описания и моделирования бизнес-процессов организации, а также позволили оценить потенциальное воздействие вносимых изменений на эти процессы и на саму организацию. Распространение форм для подобных продуктов создало естественные предпосылки для автоматизации делопроизводства [22].

Внедрение системы класса Workflow в практику работы предприятия всегда представляет собой проект, реализация которого не может быть возложена лишь на отдел информационных технологий. Более того, объем работ этого отдела в рамках соответствующего проекта редко превышает 25%.

Типовыми целями проекта внедрения системы класса Workflow являются:

- сбор, организация хранения и доступа к документам и данным, используемым при выполнении бизнес-процессов. При этом если системы типа "электронный архив" уделяют основное внимание вопросам регистрации, учета, индексации, хранения и поиска документов, то системы класса Workflow устанавливают связь между документами и операциями бизнес-процесса, управляют правилами прохождения документов, доставкой "тому, кому нужно, и тогда, когда нужно";
- управление выполнением бизнес-процессов. Хотя в исследовании WA-12 (Workflow Analysis in 12 different organizations – анализ Workflow в 12 различных организациях) эта цель заняла второе место, большинство исследователей рассматривают ее как важнейшую. Внедрение технологии Workflow позволяет организовать конвейер обработки информационных, финансовых и материальных потоков на основе согласованного выполнения операций, работ и заданий, не ограничивая при этом творческую и деловую активность исполнителей, ответственных за конкретный участок работ;
- получение достоверной информации о деятельности компании, анализ которой служит основанием для принятия управленческих решений и своевременной корректировки стратегии развития.

- интеграция отдельных "островков автоматизации", существующих в различных подразделениях предприятия, в единую информационную систему поддержки выполнения бизнес-процессов. Такая интеграция позволяет избежать дублирования и несогласованности данных, используемых в различных подразделениях.

Технология выполнения работ разработана весьма подробно. Ее квинтэссенцией является цикл управления эксплуатацией и развитием системы класса Workflow, представленный на рисунке 19.



Рис. 19. Цикл управления эксплуатацией и развитием системы класса Workflow

Выполнение множества процессов Workflow (блок "Выполнение") сопровождается сбором статистики, представленной в отчетах различных типов. Эти отчеты служат основой для выявления типовых маршрутов выполнения процессов, распределения затрат, причин нарушения сроков выполнения отдельных операций (блок "Разбор"). Полученные данные сравниваются с требованиями, предъявляемыми к системе, проводится оценка эффективности эксплуатации (блоки "Сравнение" и "Требования").

На основании результатов сравнения проводится перенастройка описанных процессов, уточнение интерфейсов с прикладными программами и базами данных, уточнение состава отчетов (блок "Настройка"). Отредактированные версии процессов поступают в блок "Выполнение", а соответствующие им изменения в правилах организации бизнеса (блок "Изменения") влияют на требования, предъявляемые к системе (блок "Требования").

Основное количество внедрений систем класса Workflow в России сосредоточено сегодня только вокруг задачи управления документооборотом. Безусловно, это важно и актуально на сегодняшний день, но возможности технологии Workflow существенно шире: она позволяет сделать бизнес более эффективным и, соответственно, эффект от внедрения может быть существенно более значимым [10].

Таким образом, Workflow называют программное обеспечение, упорядочивающее и управляющее задачами, ресурсами и правилами, необходимыми для выполнения бизнес-процесса. Программное обеспечение класса Workflow предоставляет контейнер данных и документов для каждой единицы работы, называемой частицей работы, и автоматически маршрутизирует и отслеживает движение таких контейнеров в соответствии с бизнес-правилами к пользователям или "ролям", указанным в определении процесса.

Каждая система Workflow строится по единой концепции и вне зависимости от реализации обеспечивает решение трех следующих задач:

- разработка описания бизнес-процесса;
- управление выполнением бизнес-процесса;
- интеграция используемых в процессе приложений.

Системы класса Workflow устанавливают связь между документами и операциями бизнес-процесса, управляют правилами прохождения документов, позволяют организовать конвейер обработки информационных, финансовых и материальных потоков, осуществляют получение достоверной информации о деятельности компании,

организовывают интеграцию отдельных "островков автоматизации" в единую информационную систему.

Глава 3. Программные системы и форматы данных, обеспечивающих интеграцию программных систем в единое информационное пространство изделия

Информационная интеграция заключается в том, чтобы все автоматизированные системы, применяемые на различных стадиях жизненного цикла, оперировали не с традиционными документами и даже не с их электронными отображениями (например, отсканированными чертежами), а с формализованными информационными моделями, описывающими изделие, технологии его производства и использования. Эти модели должны быть представлены в интегрированной информационной среде в специфической форме информационных объектов. Системы, которым для их работы нужны те или иные информационные объекты, по мере необходимости будут извлекать их из интегрированной информационной среды, обрабатывать, создавая новые объекты, и помещать результаты своей работы в ту же интегрированную информационную среду. Чтобы все это было возможно, информационные модели и соответствующие информационные объекты должны быть стандартизованы. Также необходимо стандартизовать способы доступа к информации и ее корректной интерпретации, обеспечить безопасность информации, а также решить юридические вопросы совместного использования информации (в том числе интеллектуальной собственности).

Одним из базовых стандартов CALS является серия стандартов ISO 10303 и ГОСТ Р ИСО 10303, которые определяют технологию электронного представления данных об изделии (его составе, свойствах, геометрических моделях, авторах, изменениях и т.д.). С одной стороны, стандарт определяет логическую модель данных, позволяющую описать различные изделия, с учетом использования одних и тех же составляющих в разных изделиях, описать правила формирования различных конфигураций изделия по датам, количеству и серийным номерам изделий и другим параметрам. В стандарте определяется концепция, на основе которой можно создать логично организованную базу инженерных данных. С другой стороны, стандарт определяет способ представления

всех перечисленных данных в форме так называемого обменного файла – формат STEP (STandard for the Exchange of Product data). Обменный файл – это некий транспортный формат, в котором можно передавать данные между различными системами. В этом виде можно передавать не только геометрические модели, а также состав изделия и всю остальную информацию [19].

Ядром единого информационного пространства является центральная база данных. Именно в ней хранятся все данные об изделии на протяжении всего жизненного цикла. Управление данными об изделии с использованием центральной базы данных осуществляется PDM и PLM-системами.

3.1 Системы управления данными об изделии (Product Data Management, PDM)

Так как САПР выступают при проектировании только в роли инструментальных сред по эффективной подготовке документации, то даже простое сопровождение небольших проектов с отслеживанием всех изменений и регистрацией утверждений без автоматизации этого процесса становится тяжелой задачей. Таким образом, проблема отслеживания процесса перемещения информации и управления документами на производстве в условиях современного крупного промышленного предприятия сегодня приобретает особую важность.

Консалтинговым альянсом CIMdata, специализирующимся в области PDM-технологий, предложена следующая формулировка: “PDM представляет собой общий термин, охватывающий все системы, которые применяются для управления определяющей информацией о продукте и процессах, используемых для его поддержки и сопровождения”. Таким образом, под PDM понимается управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла – начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации.

Данные об изделии состоят из идентификационных данных (например, данных о составе или конфигурации изделия) и данных или документов, которые используются для описания изделия или процессов его проектирования, производства или эксплуатации (при этом все данные

обязательно представлены в электронном виде). Управление информационными процессами жизненного цикла представляет собой поддержку различных процедур, создающих и использующих данные об изделии (например, процедуры изменения изделия), т.е. фактически поддержку электронного документооборота, например, конструкторского документооборота.

Основной идеей PDM-технологии является повышение эффективности управления информацией за счет повышения доступности данных об изделии, требующихся для информационных процессов жизненного цикла. Повышение доступности данных об изделии достигается за счет интеграции всех данных об изделии в логически единую модель.

Существует много задач, которые можно решить за счет применения PDM-технологии, среди которых можно выделить наиболее распространенные [19]:

- создание ЕИП (единого информационного пространства) для всех участников жизненного цикла изделия;
- автоматизация управления конфигурацией изделия;
- построение системы качества продукции согласно международным стандартам качества серии ISO 9000 (здесь PDM-технология играет роль вспомогательного средства);
- создание электронного архива чертежей и прочей технической документации (наиболее простой способ применения PDM-технологии).

Для реализации PDM-технологии существуют специализированные программные средства, называемые PDM-системами (т.е. системами управления данными об изделии; другое название – системы управления проектами). PDM-система должна контролировать все связанные с изделием информационные процессы (в первую очередь, проектирование изделия) и всю информацию об изделии.

При создании ЕИП для всех участников жизненного цикла изделия, PDM-система выступает в качестве средства интеграции всего множества

используемых прикладных компьютерных систем (системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированные системы управления производством (АСУП) и т.п.) путем аккумуляции поступающих от них данных в логически единую модель на основе стандартных интерфейсов взаимодействия (Рис. 20).

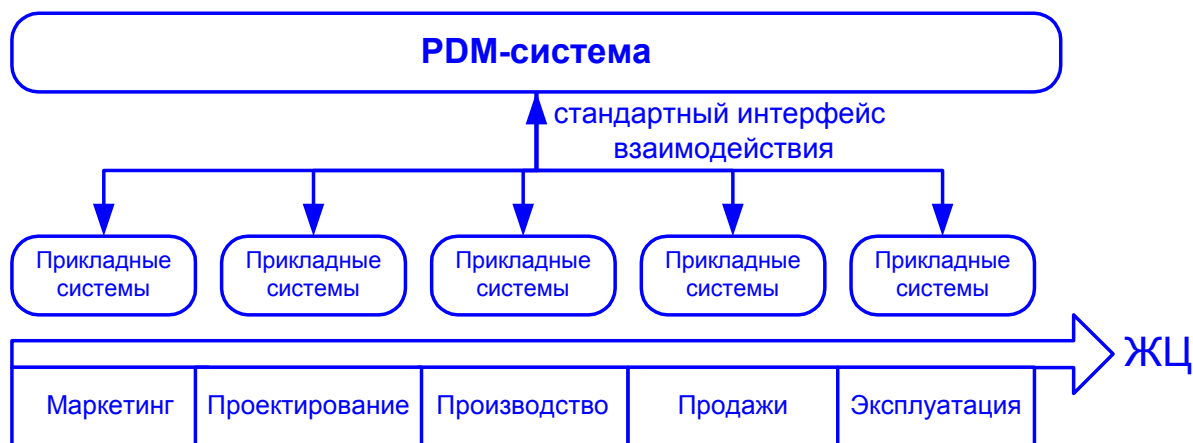


Рис. 20. Создание ЕИП на основе PDM-системы

Пользователями PDM-системы выступают все сотрудники всех предприятий-участников жизненного цикла изделия: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях: сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т.п.

Главной задачей PDM-системы является предоставление соответствующему сотруднику нужной ему информации в нужное время в удобной форме (в соответствии с правами доступа).

Все функции полноценной PDM-системы можно четко разделить на несколько групп [13]:

- 1) Управление хранением данных и документов.

Все данные и документы в PDM-системе хранятся в специальной подсистеме – хранилище данных, которая обеспечивает их целостность, организует доступ к ним в соответствии с правами доступа и позволяет осуществлять поиск данных разными способами. При этом документы, хранящиеся в системе, являются электронными документами, т.е., например, обладают электронной подписью.

- 2) Управление процессами.

PDM-система выступает в качестве рабочей среды пользователей и отслеживает все их действия, в том числе следит за версиями создаваемых ими данных. Кроме того, PDM-система управляет потоком работ (например, в процессе проектирования изделия) и занимается протоколированием действий пользователей и изменений данных.

3) Управление составом изделия.

PDM-система содержит информацию о составе изделия, его исполнениях и конфигурациях. Важной особенностью является наличие нескольких представлений состава изделия для различных предметных областей (конструкторский состав, технологический состав, маркетинговый состав и т.д.), а также управление применяемостью компонентов изделия.

4) Классификация.

PDM-система позволяет производить распределение изделий и документов в соответствии с различными классификаторами. Это может быть использовано при автоматизации поиска изделий с нужными характеристиками с целью их повторного использования или для автоматизации присваивания обозначений компонентов изделия.

5) Календарное планирование.

PDM-система содержит функции формирования календарного плана работ, распределения ресурсов по отдельным задачам и контроля выполнения задач со стороны руководства.

6) Вспомогательные функции, обеспечивающие взаимодействие PDM-системы с другими программными средствами, с пользователями, а также взаимодействие пользователей друг с другом.

Основной выгодой от использования на предприятии PDM-системы является сокращение времени разработки изделия, т.е. сокращение времени выхода изделия на рынок и повышение качества изделия. Сокращение времени выхода на рынок достигается в первую очередь за счет повышения эффективности процесса проектирования изделия, которое характеризуется четыре аспекта:

- Избавление конструктора от непроизводительных затрат своего времени, связанных с поиском, копированием и архивированием данных, что, при работе с бумажными данными, составляет 25-30% его времени;
- Улучшение взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками ЖЦ изделия за счет поддержки методики параллельного проектирования, что приводит к сокращению количества изменений изделия;
- Значительное сокращение срока проведения изменения конструкции изделия или технологии его производства за счет улучшения контроля за потоком работ в проекте;
- Резкое увеличение доли заимствованных или слегка измененных компонентов в изделии (до 80%) за счет предоставления возможности поиска компонента с необходимыми характеристиками.

На сегодняшний день рынок PDM-систем достаточно велик. Большинство производителей CAD/CAE/CAM-систем включили такие модули в свои продукты. Но есть и отдельные программы. Рассмотрим лишь некоторые из них.

- PartY;
- TeamCenter;
- SmarTeam;
- ENOVIA;
- Pro/INTRALINK.

Таким образом, под PDM понимается управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла – начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации.

Главной задачей PDM-системы является предоставление соответствующему сотруднику нужной ему информации в нужное время в удобной форме (в соответствии с правами доступа).

Функциями PDM-системы являются:

- Управление хранением данных и документов.
- Управление процессами.
- Управление составом изделия.
- Классификация.
- Календарное планирование.
- Вспомогательные функции, обеспечивающие взаимодействие PDM-системы с другими программными средствами, с пользователями, а также взаимодействие пользователей друг с другом.

Наиболее распространенными PDM-системами являются: PDM STEP Suite, PartY+, TeamCenter, IMAN, SmarTeam, ENOVIA, Pro/INTRALINK.

3.2 Интегрированные системы управления жизненным циклом изделия (*Product Lifecycle Management, PLM*)

Сегодня в процесс создания продукции вовлекаются многочисленные внешние участники – от поставщиков комплектующих, которые должны иметь возможность оперативно реагировать на изменения в требованиях к конечному продукту, до самих заказчиков, которые хотят получить доступ к процессам формирования этих требований. Для многих крупных производителей “виртуальное предприятие” становится реальностью – они выносят за скобки собственного производственного процесса разработку и выпуск комплектующих, а подчас и собственно сборку готового изделия, оставляя за собой базовые операции выработки концепции и проектирования продукции. Для того чтобы виртуализация производства происходила не в ущерб конечному результату и с максимальной экономической отдачей, компаниям необходимы технологии, объединяющие и автоматизирующие все разрозненные этапы

жизненного цикла изделия, создающие интегрированную среду коллективной работы, где каждый участник производственной цепочки имеет в реальном времени доступ к нужной ему информации по изделию.

Первоначально такие технологии приобрели известность под названием Collaborative Product Commerce (CPC), однако термин PLM (от англ. Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия) точнее отражает суть. PLM – это набор взаимосвязанных прикладных решений, включающий необходимые программные компоненты обеспечения коммуникаций, интеграции модулей, автоматизированного проектирования и визуализации и других решений, охватывающих полный жизненный цикл продукта – от идеи до утилизации [12]. PLM расширяет возможности автоматизированного контроля над изделием за рамки инженерных лабораторий и конструкторских бюро, которые были основными пользователями предшественников PLM-технологий – CAD/CAM и PDM-систем. Решения класса PLM призваны объединить всех участников жизненного цикла, как внутри предприятия-производителя, так и вне его, в том числе поставщиков, заказчиков и организации, занятые послепродажным обслуживанием продукции [12].

Одно из наиболее полных определений PLM состоит из четырех пунктов [23]:

- стратегический подход к бизнесу, предлагающий непрерывный набор бизнес-решений, который поддерживает коллаборативный режим создания, управления, распределения и использования определения изделий (интеллектуальных активов предприятия);
- поддержка “расширенного представления о предприятии” (extended enterprise), в том числе поддержку процессоров проектирования, пользователей и партнеров;
- действие во времени от момента рождения концепции изделия до снятия его с производства и окончания сервисного периода;
- интеграция людей, процессов, людей, систем и информации.

На основании определения выделяются три основные концепции PLM:

- возможность универсального, безопасного и управляемого способа доступа и использования информации, определяющей изделия;
- поддержание целостности информации, определяющей изделие, на протяжении всего его жизненного цикла изделия;
- управление и поддержка бизнес-процессов, используемых при создании, распределении, и использовании подобной информации.

Таким образом, система PLM охватывает все этапы жизненного цикла изделия:

- Выработка концепции проекта. На основе анализа требований рынка формируется общая идея нового изделия или концепция усовершенствований в проекте уже существующего продукта. Система PLM предоставляет информацию, которая может использоваться для анализа жизнеспособности полученной концепции.
- Анализ требований рынка. Производитель должен понять, насколько востребован рынком новый продукт, и оценить выполнимость этих требований. На этом этапе система PLM используется для извлечения данных из различных информационных систем, которые могут способствовать получению более точной картины.
- Проектирование. Конструкторы создают проект нового изделия – соответствующие САПР и PDM-решения являются интегральной частью PLM-решения. При проектировании используется вся необходимая дополнительная информация, поставщиком которой являются PLM-модули, включая факторы, связанные с послепродажным обслуживанием изделия, информация о предпочтениях заказчика, данные о производственных возможностях и т.д.
- Определение источников поставок (PLM-sourcing). Отдел закупок должен провести предварительную работу по поиску источников приобретения необходимых для производства изделия деталей,

материалов, компонентов, оборудования и т.д. Задача систем PLM – предоставить достоверные данные о доступности тех или иных деталей/компонентов/материалов, их стоимости, потенциальных поставщиках и возможных альтернативных источниках.

- Производство. В соответствии с определенными на этапе проектирования спецификациями и с использованием полученных на этапе поставок деталей и материалов производится продукт. Реализованные в PLM специальные методы контроля качества позволяют гарантировать соответствие производимого изделия заданным спецификациям.
- Дистрибуция. Готовое изделие поставляется либо дистрибутору, который размещает его на своем складе до поступления соответствующего заказа, либо непосредственно заказчику. Полученные из системы PLM исторические данные о потребностях рынка помогают производителю свести к минимуму число уровней инвентаризации готовой продукции.
- Послепродажное обслуживание. На этом этапе выполняются техническое сопровождение, обслуживание и ремонт – в течение гарантийного срока или как дополнительно оплачиваемый сервис. PLM позволяет учесть различную информацию об изделии, поступающую на этом этапе жизненного цикла, при разработке последующих проектов и тем самым способствует повышению привлекательности продукции для клиентов.

Возможность извлечь из одного источника не только все накопленные на данном проекте знания, но и исторические данные, имеет ключевое значение для повышения эффективности проектирования новой продукции и усовершенствования существующей номенклатуры изделий с целью максимального удовлетворения потребностей заказчиков. При наличии централизованного репозитория значительно упрощается контроль за актуальностью информации – PLM становится для компании единственным источником достоверных данных по продукту. PLM обеспечивают не только повышение качества и оптимизацию разработки

изделия, но и способствуют снижению затрат на поддержку его жизненного цикла. По данным IBM в сотрудничестве с компанией Dassault Systemes, предлагающей свой PDM-пакет ENOVIA, с применением возможностей PLM экономия затрат на разработку и выпуск продукции у ее клиентов достигает 1 млрд. долл., при этом цикл вывода нового изделия на рынок сокращается с 72 до 16 недель.

В PLM доступ к данным организован на ролевой основе. Система позволяет предоставлять пользователю информацию в форме, соответствующей выполняемым им функциям в жизненном цикле изделия: трехмерные модели, схематические диаграммы, инженерные спецификации (bill of materials, BOM), календарные планы или прогнозы на основе анализа требований рынка. Конструктор будет работать в привычной ему среде САПР, а сотрудник маркетингового подразделения сможет получить из системы представление трехмерной сборки, пригодное для размещения в рекламной брошюре.

В целом, преимущества, которые дает PLM-решение, можно сформулировать следующим образом [12].

- ускорение вывода новой продукции на рынок, благодаря привлечению к процессам проектирования в реальном времени всех заинтересованных участников, включая внешних поставщиков и заказчиков;
- совершенствование характеристик разрабатываемой продукции и повышение качества, обнаружение недостатков и ограничений проекта на самых ранних стадиях;
- увязка проектирования и производственных процессов: инженеры-технологи становятся интегральной частью команды проектировщиков, благодаря чему проект сразу создается с учетом специфики производственного процесса, включая тестирование, контроль качества и т.д.;
- учет и использование опыта других проектов;
- реализация новой бизнес-модели “виртуального предприятия” – к процессу проектирования и производства привлекаются

поставщики, либо работы определенного этапа жизненного цикла продукции передаются на выполнение внешним компаниям.

В центре объединения различных этапов жизненного цикла, которое реализует система PLM, пока остается ключевой для производства процесс проектирования, поэтому легко объясним тот факт, что первопроходцами современного рынка PLM стали производители САПР и систем PDM: PTC, EDS/SDRC, IBM/Dassault Systems . Аналитики AMR Research выделяют эти компании в группу так называемых САПР-центричных поставщиков решений класса PLM. Другая категория поставщиков в классификации AMR – это производители ERP-систем, такие как SAP, Oracle, Baan. Осознав стратегическое значение для своих заказчиков интеграции всех процессов по выпуску продукции на базе мощной информационной системы, эти компании стали активно предлагать собственные PLM-решения.

Технологические корни систем представителей этих двух групп определяют и основные различия между ними. “САПР-центричные” компании сильны в обеспечении наиболее неформальной, творческой части жизненного цикла изделия – многоитерационного проектирования в среде совместной работы над неструктурированными данными различной степени сложности. На базе этого ядра строятся взаимосвязи остальных этапов жизненного цикла с центральным процессом проектирования, позволяющие понять, какое влияние оказывает проект на производство, определение требований к поставщикам, анализ предпочтений клиента, послепродажное обслуживание, и вывести обратные зависимости. Производства, где быстрые и эффективные модификации и создание новых изделий имеют критическое значение, такие как автомобильная промышленность и авиастроение, составляют основную клиентскую базу поставщиков PLM-решений из этой группы. Свои PLM-решения компании “ERP-центричной” группы в основном строят вокруг структурированной спецификации изделия (BOM), на основе которой интегрируются процессы управления проектами, контроля за конфигурацией изделия, документооборота, управления потоком работ, управления цепочками поставок и взаимоотношениями с клиентами. Получающие сейчас распространение в ряде производственных компаний процессы разработки

на заказ (engineer-to-order, ETO) и конфигурирования на заказ (configure-to-order, CTO), которые требуют управления структурой и конфигурацией изделия на протяжении всего жизненного цикла – оптимальная сфера применения таких PLM-систем.

AMR выделяет еще одну группу игроков на рынке PLM – независимые компании, не имеющие серьезного “веса” ни в сфере САПР, ни в области автоматизации общего управления корпоративными ресурсами – это Agile Software, MatrixOne, Eigner. Их решения имеют развитую функциональность для различных стадий жизненного цикла изделия за рамками трехмерного проектирования, включая поддержку взаимосвязей с внешними партнерами, и интерфейсы для интеграции в среду PLM необходимых САПР и ERP-приложений [23].

Таким образом, PLM – это набор взаимосвязанных прикладных решений, включающий необходимые программные компоненты обеспечения коммуникаций, интеграции модулей, автоматизированного проектирования и визуализации и других решений, охватывающих полный жизненный цикл продукта – от идеи до утилизации.

Выделяются три основные концепции PLM:

- возможность универсального, безопасного и управляемого способа доступа и использования информации, определяющей изделия;
- поддержание целостности информации, определяющей изделие, на протяжении всего его жизненного цикла изделия;
- управление и поддержка бизнес-процессов, используемых при создании, распределении, и использовании подобной информации.

Основателями современного рынка PLM стали производители САПР и систем PDM: PTC, EDS/SDRC, IBM/Dassault Systems. Другая категория поставщиков – это производители ERP-систем, такие как SAP, Oracle, Ваan. выделяет еще одну группу на рынке PLM – независимые компании, не имеющие серьезного “веса” ни в сфере САПР, ни в области

автоматизации общего управления корпоративными ресурсами – это Agile Software, MatrixOne, Eigner.

3.3 Системы управления базами данных, используемых для хранения информации об изделии

Центральным компонентом единого информационного пространства является база данных (БД), хранящая полную информацию на протяжении всего жизненного цикла изделия. Все прикладные программы, участвующие в обеспечении информационной поддержки жизненного цикла изделия, должны реализовывать обмен данными с центральной БД. В ней также фиксируются все изменения в состоянии проектируемого объекта.

Системы управления базами данных (СУБД) условно можно разделить на три направления. Первое – это корпоративные СУБД – Oracle и MS SQL Server. Второе направление – это СУБД, предназначенные для разработки под нужды малых предприятий и небольших компаний, – Borland Interbase и MS Access. И третье направление предназначено для создания Web-сайтов с небольшими базами данных – это MySQL, PostgreSQL и Borland Interbase.

Для построения ЕИП целесообразно использовать корпоративные СУБД. К ним предъявляются следующие требования [14]:

- масштабируемость, то есть способность одновременно обслуживать большее количество пользовательских запросов с той же скоростью при пропорциональном этому количеству увеличении объема предоставляемых ресурсов (процессоров, оперативной памяти и т.д.);
- доступность, то есть постоянная возможность получения ответа на запрос;
- надежность, то есть минимальная вероятность сбоев, а также наличие средств восстановления данных после сбоев, резервирования и дублирования;
- управляемость, то есть простота администрирования и конфигурирования, а нередко и наличие средств автоматического

конфигурирования (обычно набор средств администрирования включает средства создания баз данных и их объектов, инструменты репликации данных между различными серверами, утилиты управления пользователями и группами, средства мониторинга событий, средства просмотра планов выполнения запросов, утилиты миграции из других СУБД);

- наличие средств защиты данных от потери и несанкционированного доступа;
- поддержка стандартных механизмов доступа к данным (сегодня это главным образом ODBC, JDBC, OLE DB, а в ближайшее время можно будет говорить и об ADO.NET).

Таким образом, центральным компонентом единого информационного пространства является база данных (БД), хранящая полную информацию на протяжении всего жизненного цикла изделия. Все прикладные программы, участвующие в обеспечении информационной поддержки жизненного цикла изделия, должны реализовывать обмен данными с центральной БД. В ней также фиксируются все изменения в состоянии проектируемого объекта.

Для построения ЕИП целесообразно использовать одну из корпоративных СУБД – Oracle или MS SQL.

3.4 Форматы для обмена данными об изделии

Как отмечалось раньше, использование ИПИ-технологии подразумевает полную информационную интеграцию на всех этапах жизненного цикла изделия, т.е. создание единого информационного пространства. Поскольку на различных этапах жизненного цикла изделия используется различное программное обеспечение, то для интеграции данных необходимы стандартизованные форматы данных.

Современные параметрические САД-системы твердотельного моделирования основаны на поверхностном моделировании с граничным представлением твердых тел (BREP – boundary representation). Твердое тело описывается набором поверхностей, соединенных по границам в

единое целое образующее замкнутый объем. С точки зрения пользователя геометрия образуется путём последовательного применения геометрических операций (вытянуть на заданное расстояние или угол, повернуть, отсечь частью поверхности и т.д.).

Последовательность этих операций образует логическое параметрическое дерево построения. В настоящее время каждая CAD-система хранит данные в собственном “закрытом” 3D формате. Прямой обмен файлами данных между различными системами затруднён, а зачастую и невозможен. Кроме этого невозможно передать информацию в более старую версию одного и того же пакета. Имеются стандартные нейтральные форматы хранения 3D данных – IGES, Parasolid, VDA-FS, SAT, STEP, которые позволяют в 90% случаев производить обмен данными без ошибок и потери качества [21].

Рассмотрим основные форматы для обмена данными в процессе информационной поддержки жизненного цикла изделий (Рис. 21).

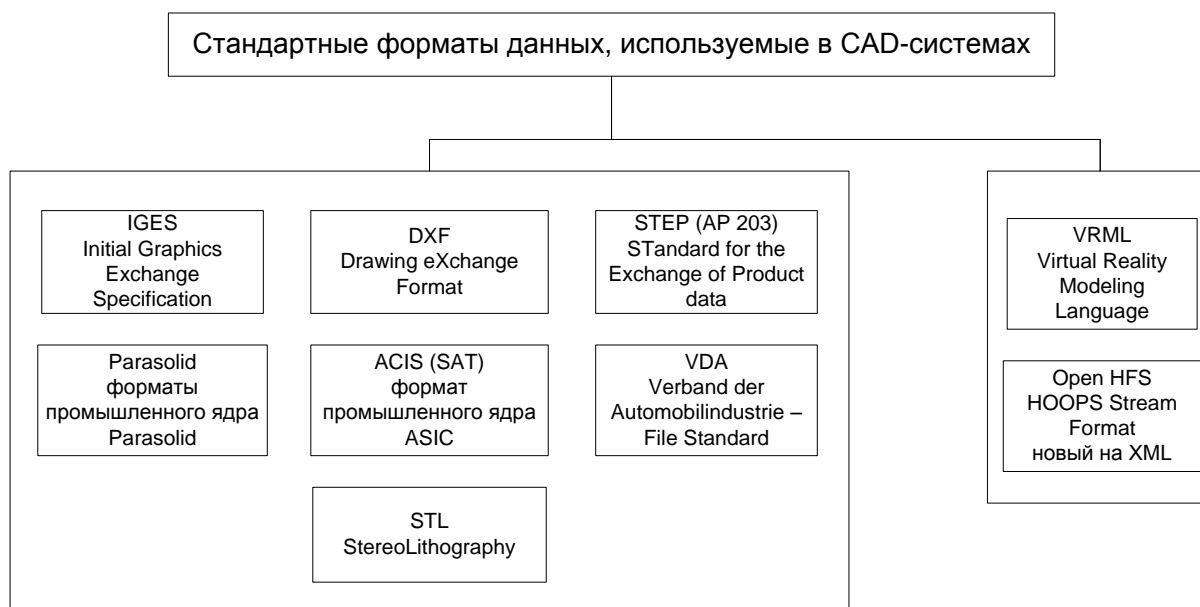


Рис. 21. Форматы для обмена данными

STEP

STEP – (ISO/IEC 10303 Standard for the Exchange of Product Model Data) – серия форматов изначально разработанный компанией Dassault System для хранения информации о сборке и структуре изделия. В соответствии с названием стандарта STEP определяет “нейтральный” формат представления данных об изделии в виде информационной модели.

Данные об изделии включают в себя: состав и конфигурацию изделия; геометрические модели разных типов; административные данные; специальные данные. Геометрия отдельной детали описана прикладными протоколами AP203, AP214. На сегодня STEP ISO признан международным стандартом, но пока мало поддерживается разработчиками ПО.

IGES

IGES (International Graphics Exchange Standard) – разрабатываемый Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) – наиболее распространённый формат для хранения геометрии сложных поверхностей достаточно громоздок. Многие системы не поддерживают все возможности этого формата, что создает сложности при обмене данными. IGES ISO – признан международным стандартом.

VDA

VDA – (Verband der Automobilindustrie – File Standard) стандартный файл обмена сложной поверхностной геометрией в немецкой автомобильной промышленности. Преимущества – если система поддерживает этот формат, то на все 100%. Недостаток – очень большой размер и избыточность хранимой информации.

Общим недостатком VDA-FS, STEP, IGES является их текстовый формат и как следствие большой размер и потребность к вычислительным мощностям компьютера для трансляции в CAD –систему. Загрузка модели большой сложности в этих форматах занимает иногда десятки минут и не всегда завершается успехом.

VRML

VRML – (Virtual Reality Modelling Language) – это уже не просто формат, а язык моделирования виртуальной реальности.

Стандарт на язык VRML 1.0 одобрен в январе 1998 г. Международной организацией по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO). Как графический формат базируется на подмножестве Open Inventor File Format фирмы Silicon Graphics. Позволяет описывать трехмерные интерактивные объекты (миры), с

которыми средствами WWW могут взаимодействовать пользователи. Так же как и язык HTML, VRML не зависит от платформы, поддается расширению и не нуждается в высокой пропускной способности каналов связи. Для просмотра VRML-файлов необходимо иметь специальный VRML-браузер, либо дополнительный модуль к стандартному браузеру. В языке VRML 2.0 были представлены новые возможности, позволяющие многим пользователям взаимодействовать в динамическом мире VRML. Не рационален для описания сложной геометрии типа NURBS (Non Uniform Rational Bessier Surfaces). На смену ему приходит новый, основанный на VRML формат X3D. Формат X3D призван стать основой представления подвижных сцен в 3D и средств визуальных 3D коммуникаций.

Parasolid

Parasolid и SAT – коммерческие форматы (www.parasolid.com, www.spatial.com) – на них базируются большинство (75 %) современных CAD/CAE/CAM систем.

Parasolid основан на профессиональном расширении STEP – PROSTEP, дополнен для работы со сложной геометрией и оптимизирован под существующие аппаратно-программные платформы. Поддерживает огромные сборки в сотни тысяч компонентов.

HSF

HSF (HOOPS Stream Format (www.openhsf.org)) – новый открытый, базирующийся на XML и компактный формат обмена визуальной 3D – информацией между различными инженерными приложениями. Широко принят разработчиками для визуализации 3D моделей (более 200 современных систем: SolidWorks, Catia, Unigraphics и т.д.). Основными отличиями формата является его чрезвычайной компактностью и очень малый объём вычислений для вывода оптимизированной геометрии на экран компьютера и передачи графической информации средствами Internet. Широко известно, что на одного конструктора приходится до 10 человек, которым нужно просто просматривать созданные детали для приобретения, поставки и т.д. (инженеры из других подразделений, менеджеры, партнёры, поставщики, заказчики, продавцы, технические

публикации. Эти участники могут использовать CAD, Digital Mock-up, PDM, Simulation, CAM, CAE, View & Mark-up и другие приложения. Такое движение визуальных данных сделало необходимым создание этого нового формата. OpenHSF – открытый формат, использующийся для передачи цифровых моделей на этапах от концепции, разработки, анализа, производства, маркетинга, электронной коммерции, поддержки и утилизации – то есть всего жизненного цикла продукта. OpenHSF не зависит от пакета и платформы и может хранить 2D/3D визуальные представления не связанные с конкретным разработчиком.

Таким образом, так как на различных этапах жизненного цикла изделия используется различное программное обеспечение (ПО), то для интеграции данных необходимы стандартизованные форматы данных. Производители ПО обеспечивают (в различных комбинациях) возможность использования следующих форматов обмена данными: STEP, IGES, Parasolid, VDA-FS, SAT, VRML, HSF.

3.5 Информационная безопасность в ИПИ-системах

При организации ИПИ-системы нельзя оставлять без внимания вопросы безопасности. Сегодня, когда для выпуска сложной продукции различные организации должны кооперировать свои усилия, необходимо обеспечить безопасный обмен данными посредством различных телекоммуникационных технологий между сотрудниками находящимися иногда на разных континентах. Это сложная, но необходимая и важная задача.

Зависимость работников от наличия хорошо организованной рабочей информационной среды очень велика. Коллективный доступ к рабочей информации, информационный обмен между большим количеством пользователей, кроме этого, невероятная изоэренность и скорость изменения информационных технологий, вот та среда, в которой должна быть обеспечена безопасность.

Безопасность в ИПИ-системах следует рассматривать с различных точек зрения. Во-первых, – с точки зрения защиты секретной информации

и интеллектуальной собственности. Для этого должен быть установлен контроль над доступом к самой информации, системам и сетям, в которых она передается и обрабатывается. Во-вторых, под безопасностью в ИПИ-системах понимается обеспечение целостности и достоверности информации, обеспечение защиты от аппаратных и программных сбоев. В-третьих, при создании ИПИ-системы необходимо позаботиться об организации службы обнаружения и противодействия злонамеренным действиям, которые могут привести к временной или длительной потере функциональности. Преступники, хакеры, конкуренты и другие недоброжелатели не должны получить доступ к конфиденциальной информации или разрушить информационную инфраструктуру.

Таким образом, с одной стороны необходимо обеспечить совместную работу, доступ к информации коллег (соисполнителей, заказчиков, поставщиков), а с другой стороны – не допустить к информации тех, кто не участвует в процессе информационной поддержки жизненного цикла изделия. Безопасность в рабочей среде ИПИ-системы должна разрабатываться как набор систематических взаимосвязанных процессов, направленных на потребности безопасности пользователей. Только подробный анализ потребностей пользователей, политики и правил организаций участников созданий изделий позволит правильно выбрать методы и средства обеспечения безопасности в информационной системе.

Для обеспечения безопасности в информационных системах разработано большое количество технологий, методов и средств. Организация безопасности в CALS-системах представляет собой набор мер по разграничению и упорядочиванию доступа к информации и контрмер для предотвращения несанкционированного доступа.

Внешняя безопасность на системном уровне обеспечивается следующими средствами:

- средства авторизации и аутентификации пользователей предназначены для назначения каждому пользователю системного имени и разграничения прав по доступу к информации и системным ресурсам, по использованию функциональных возможностей различных служб;

- средства разделения внешней и внутренней сети набором правил разрешающих или запрещающих доступ к портам и хостам (так называемые firewall);
- средства шифрования сетевых соединений, почтовых и других сообщений позволяют защитить данные от перехвата в процессе передачи по сети;
- антивирусные средства проверки почтовых и других сообщений позволяют оперативно обнаружить и не допустить заражение системы;
- средства обнаружения и предотвращения несанкционированного доступа в систему по целому ряду признаков (сканирование портов, перегрузка системных служб, подбор параметров для авторизации и аутентификации и др.) позволяют отследить подготовку к “взлому” системы и предотвратить его.

Защита системы от программных и аппаратных сбоев, обеспечение целостности системы так же осуществляется системными средствами:

- средства для периодического резервного копирования и архивирования системной информации и информации пользователей позволяют иметь возможность быстрого восстановления системы из копий и архивов;
- средства проверки целостности на уровне файловой системы (проверка контрольных сумм, размера, дат создания и модификации файлов и т.п.) обеспечивают целостность файловой системы, а значит и информации;
- антивирусные сканеры файловой системы позволяют обнаружить источники вирусов, не допустить заражение или вылечить систему;
- средства аудита системы позволяют постоянно отслеживать наиболее значимые события, происходящие в системе, документировать их, анализировать и информировать об опасностях.

Внутренняя безопасность системы так же во многом обеспечивается системными средствами:

- средства для организации совместного использования файлов и отслеживания их версий;
- средства разграничения доступа в базах данных.

Таким образом, современные операционные системы предоставляют все необходимые средства для обеспечения безопасности на всех уровнях. Основной задачей при разработке CALS-системы является определение набора мероприятий, которые необходимо осуществлять для обеспечения требуемой безопасности самой системы и информации ее пользователей.

Глава 4. Организация изучения дисциплины «Компьютерные технологии в оплотехнике»

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (16 часов), лабораторные (48 час) занятия и 116 часов самостоятельной работы студента.

4.1 Краткое описание заданий к лабораторным работам.

Раздел 1. Информационная поддержка жизненного цикла изделия

Лабораторная работа № 1. "Жизненный цикл изделия. Разработка пояснительной записки".

Освоение методики выполнения документации, сопровождающей изделие на любом из этапов его жизненного цикла. Происходит ознакомление с правилами выполнения документации, изучение среды разработки с целью привитие навыков исследования жизненного цикла изделия в целом и каждого этапа отдельно, а также выполнения проектно-конструкторской документации.

Лабораторная работа № 2. "Жизненный цикл изделия. Проектирование оптической системы изделия"

Освоение методики работы на этапе проектирования изделия. Ознакомление с программным обеспечением, созданным для этапа проектирования в оплотехнике. Происходит ознакомление с системой проектирования, работа в ней, получение результата, соответствующего требованиям ТЗ с целью привития навыков проектирования оптической системы в среде автоматизированного проектирования оптики.

Лабораторная работа № 3. "Жизненный цикл изделия. Разработка рабочей конструкторской документации в среде САПР"

Получение навыков работы в среде САПР, освоение методики выполнения документации для изготовления изделия. Происходит ознакомление с правилами выполнения документации под руководством преподавателя, изучение среды разработки с целью привития навыков оформления проектно-конструкторской документации на этапе конструирования, навыков работы в среде автоматизированного проектирования (CAD).

Раздел 2. Анализ программных систем, обеспечивающих информационную поддержку различных этапов жизненного цикла изделия

Лабораторные работы № 4, 5, 6. "Изучение современных систем поддержки различных этапов жизненного цикла изделия. САПР SolidWorks, TFlex, Autodesk Inventor"

Получение навыков работы в среде разработки конструкторской документации. Происходит ознакомление с правилами выполнения документации, изучение среды разработки с целью привития навыков работы в среде автоматизированного проектирования SolidWorks, TFlex, Autodesk Inventor.

Раздел 3. Анализ программных систем и форматов данных, обеспечивающих интеграцию программных систем в единое информационное пространство изделия

Лабораторная работа № 7. "Интеграция программных систем в единое информационное пространство изделия"

Освоение методики работы в среде управления данными об изделии, ознакомление с правилами работы, изучение основных функций и возможностей системы с целью привития навыков работы в среде управления данными об изделии (PDM).

4.2 Краткое описание электронного практикума

Раздел 1. Информационная поддержка жизненного цикла изделия

Электронный практикум № 1. "Исследование проектно-конструкторской документации, сопровождающей различные этапы жизненного цикла оптического изделия"

Исследовательская работа. Поиск информации и документации, иллюстрирующей основные этапы жизненного цикла изделия. Происходит привитие навыков исследования жизненного цикла изделия в целом и каждого этапа отдельно.

Раздел 2. Анализ программных систем, обеспечивающих информационную поддержку различных этапов жизненного цикла изделия

Электронный практикум № 2. "Изучение современных систем поддержки различных этапов жизненного цикла изделия. САПР КОМПАС"

Получение навыков работы в среде разработки конструкторской документации. Происходит ознакомление с правилами выполнения документации, изучение среды разработки с целью привития навыков работы в среде автоматизированного проектирования САПР КОМПАС.

Раздел 3. Анализ программных систем и форматов данных, обеспечивающих интеграцию программных систем в единое информационное пространство изделия

Электронный практикум № 3. "Изучение современных систем управления данными об изделии. PDM STEP Suite Lite"

Самостоятельное изучение возможностей и методики работы в среде управления данными об изделии (PDM).

4.3 Организация самостоятельной работы студентов по дисциплине

В соответствии с нормативно-методическими указаниями по организации самостоятельной работы студентов в СПбГУ ИТМО, самостоятельная работа студентов (СРС) общепризнанно считается наиболее эффективным видом обучения, основанным на самостоятельном формировании студентом знаний, умений, навыков и компетенций. СРС направлена на реализацию принципов самообучения, связанных с саморазвитием личности в процессе обучения, формированием активных методов и технологий познавательной деятельности.

На преподавателей возлагается управление, включающее планирование работы, консультирование студентов, текущий контроль и анализ результатов учебной работы.

Активизация СРС связана с четким планированием содержания и объема самостоятельной работы, организацией и контролем ее проведения, необходимым учебно-методическим и материально-техническим обеспечением, внедрением новых технологий обучения, переосмыслением и изменением содержания и технологий проведения аудиторных занятий, а также учетом трудозатрат преподавателей в рамках СРС.

Максимальная учебная нагрузка студентов очной формы обучения в соответствии с ГОС ВПО составляет 54 часа в неделю. При этом планируемый объем СРС занимает большую часть (от 55% до 70%) учебной нагрузки студентов университета. Поэтому требуется особенно внимательно отнестись к планированию СРС и её управлению.

Нормированные виды СРС в дисциплине «Компьютерные технологии в оптотехнике»

- формирование и изучение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы;
- подготовка к семинарам и лабораторным работам, оформление отчетов;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронного практикума.

Нормированные виды Управления СРС (УСРС) в дисциплине «Компьютерные технологии в оптотехнике»

- текущие консультации и контроль по формированию и освоению теоретического содержания дисциплин;
- прием и защита лабораторных работ;
- консультирование по результатам текущего компьютерного контроля знаний;
- прием экзамена по дисциплине.

Форма планирования СРС по дисциплине

Для организации и проведения СРС необходимо планирование этого вида обучения на кафедре. Целью планирования СРС является оптимальное распределение по содержанию и трудоемкости для студентов и преподавателей всех видов СРС по дисциплине и обеспечение условий, необходимых для ритмичного и качественного освоения дисциплины. Для достижения этой цели необходимо: определить содержание (базовые разделы) дисциплины для СРС, установить оптимальные виды СРС и их объемы, формы и сроки контроля, необходимые ресурсы материально-технического и учебно-методического обеспечения для проведения СРС.

Планирование самостоятельной работы студента по дисциплине «Компьютерные технологии в оптотехнике» показано в таблице 5.

Таблица 5. Самостоятельная работа студента

| Вид работы | Содержание (перечень вопросов) | Трудоемкость, час. |
|---|---|--------------------|
| Раздел 1. «Информационная поддержка жизненного цикла изделия» | | |
| Подготовка к лекции №1,2 и 3 | Изучение вопросов, касающихся жизненного цикла оптического изделия, особенностей проектирования оптических изделий. Самостоятельное изучение раздела 1. | 15 |
| Подготовка к лекции №4 | Подготовка к проблемной лекции-семинару. Обсуждение и заслушивание результатов выполнения электронного практикума № 1. | 4 |
| Выполнение задания по электронному практикуму № 1. | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 7 |
| Подготовка к выполнению и защите лаб. работы "Жизненный цикл изделия. Разработка пояснительной записки." | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 2 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 4 |
| Подготовка к выполнению и защите лаб. работы "Жизненный цикл изделия. Проектирование оптической системы изделия." | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 3 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 3 |

| Вид работы | Содержание (перечень вопросов) | Трудоемкость, час. |
|---|---|---------------------------|
| Подготовка к выполнению и защите лаб. работы "Жизненный цикл изделия. Разработка рабочей конструкторской документации в среде САПР." | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 2 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 6 |
| Итого по разделу 1 | | 46 часов |
| Раздел 2. «Анализ программных систем, обеспечивающих информационную поддержку различных этапов жизненного цикла изделия» | | |
| Подготовка к лекциям №5, 6 | Самостоятельное изучение раздела 2. | 9 |
| Выполнение задания по электронному практикуму № 2. | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 11 |
| Подготовка к выполнению и защите лаб. работы "Изучение современных систем поддержки различных этапов жизненного цикла изделия. САПР SolidWorks" | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 3 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 2 |
| Подготовка к выполнению и защите лаб. работы "Изучение современных систем поддержки различных этапов жизненного цикла изделия. САПР TFlex " | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 3 |

| Вид работы | Содержание (перечень вопросов) | Трудоемкость, час. |
|---|--|---------------------------|
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 2 |
| Подготовка к выполнению лаб. работы "Изучение современных систем поддержки различных этапов жизненного цикла изделия. САПР Autodesk Inventor " | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 2 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 2 |
| Итого по разделу 2 | | 34 часа |
| Раздел 3. «Анализ программных систем и форматов данных, обеспечивающих интеграцию программных систем в единое информационное пространство изделия» | | |
| Подготовка к лекции № 7 | Подготовка к проблемной лекции-семинару. Обсуждение и заслушивание результатов выполнения электронного практикума № 3. | 5 |
| Подготовка к лекции № 8 | Изучение интегрированных систем управления жизненным циклом изделия. Работа с теоретическим материалом | 9 |
| Выполнение задания по электронному практикуму № 3. | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 12 |
| Подготовка к выполнению и защите лаб. р. "Интеграция программных систем в единое информационное пространство изделия" | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 8 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Оформление конструкторских и иных документов в соответствии с заданием. | 2 |
| Итого по разделу 3 | | 36 часов |

Управление СРС на занятиях по дисциплине «Компьютерные технологии в оптотехнике»

Лабораторные занятия объемом 48 часов скомпонованы таким образом, что проводится одна аудиторная лабораторная работа (6 академических часов), раз в две недели. Такой перерыв между этапами встреч с преподавателем обусловлен временем, отводимым на подготовку к занятиям, освоение теоретического материала, подготовку к защите лабораторных работ, которую студент проводит самостоятельно.

В модуле по плану предусматривается одна контрольная работа, которая проводится на 4 контрольной точке. Объем контрольной работы зависит от выбора преподавателя. Если учебный материал усваивается надлежащим образом, то занятие на 4 контрольной точке может быть полностью посвящено контрольной работе по первым трем темам. В противном случае преподавателю предоставляется возможность закрепить материал модуля, и поэтому посвятить контрольной работе только часть времени занятия.

Таким образом, в каждом модуле проводится четыре практических занятия и контрольная работа, которой посвящается четвертое занятие, частично или полностью. В течение модуля студентами совместно с преподавателем должны быть изучены темы в соответствии с программой дисциплины, в течение занятий и часть материала может быть дана на самостоятельное изучение по выбору преподавателя.

После изучения темы на домашнюю проработку каждому студенту выдается индивидуальный комплект заданий электронного практикума. Самостоятельная работа студента организуется, в том числе и путем стимулирования работы студентов с учебно-методическим комплексом, изучения ими необходимого материала в данном пособии, в конспекте лекций, в электронном учебнике.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы. – Введ. 07.01.2000. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 27 с.
2. Р 50.1.031-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции. – Введ. 01.07.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 32 с.
3. Васютович, В. CALS-технологии и стандарты [Электронный ресурс] / В. Васютович, С. Самотохин, Г. Никифоров. – Электрон. дан. – М.: Издательство “Открытые системы”// Директор ИС № 02, 2001. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cio/2001/02/171129/>. – Загл. с экрана.
4. Васютович, В. Стандарты CALS-технологий [Электронный ресурс] / В. Васютович, С. Самотохин, Г. Никифоров. – Электрон. дан. – М.: Издательство “Открытые системы” // Директор ИС № 04, 2001. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cio/2001/04/171717/>. – Загл. с экрана.
5. Введение в CALS [Электронный ресурс] / Корпоративные электронные системы “КЭЛС-центр”. – Электрон. дан. – М., сор. 2006. – Режим доступа: <http://www.calscenter.com/calstech.htm>. – Загл. с экрана.
6. Верников, Г. Философия и основные понятия MRP. [Электронный ресурс] / Г. Верников. – Электрон. дан. // СІТ Forum – Режим доступа: <http://citforum.ru/cfin/mrp/mrpmine.shtml> – Загл. с экрана.
7. Гаврилов, Д.А. MRP II – история и современность / Д.А. Гаврилов //Директор ИС, №03, 2003. – С 53-60.
8. Головки, М. CALS [Электронный ресурс] / М. Головки. – Электрон. дан. – М.: Издательство “Открытые системы”// Computerworld №31, 2002. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cw/2002/31/55004/>. – Загл. с экрана.
9. Гореткина, Е. САПР вчера и сегодня [Электронный ресурс] / Е. Гореткина. – Электрон. дан. – // PC Week/RE №2, 2003. – Режим доступа:

http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=63508&THEME_ID=13893
– Загл. с экрана.

10. Громов, А., Каменнова М., Старыгин А., Управление бизнес-процессами на основе технологии Workflow / А. Громов, М. Каменнова, А. Старыгин // Открытые системы, №01, 1997. С. – 35-41.
11. Дейт, Дж. К. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – Вильямс, 2005. – 1327 с.
12. Дубова, Н. Автоматизация: от идеи до утилизации [Электронный ресурс] / Н. Дубова. – Электрон. дан. – М.: Издательство “Открытые системы” // Открытые системы №06, 2003. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2003/06/183115/>. – Загл. с экрана.
13. Дубова, Н. Системы управления производственной информацией [Электронный ресурс] / Н. Дубова. – Электрон. дан. – М.: Издательство “Открытые системы” // Открытые системы №03, 1996. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1996/03/178897/>. – Загл. с экрана.
14. Елманова, Н. СУБД ведущих производителей [Электронный ресурс] / Н. Елманова. – Электрон. дан. // КомпьютерПресс, №10, 2002. – Режим доступа: <http://www.compress.ru/Article.aspx?id=12050>. – Загл. с экрана.
15. Кабанов, А.Г. CALS-технологии для военной продукции / А.Г. Кабанов, А.Н. Давыдов, В.В. Барабанов, Е.В. Судов // Стандарты и качество. – 2000. – №3. – С.65-72.
16. Когаловский, В. Происхождение ERP / В. Когаловский // Директор ИС, №05, 2000.
17. Колчин, А.Ф. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
18. Комарцова, Л.Г. Особенности процедуры формирования проектного решения с помощью интеллектуальной системы поддержки проектирования / Л.Г. Комарцова // Материалы 3-й международной конференции “Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта CAD/CAM/PDM – 2003”, – Москва, Россия.

19. Концептуальная модель CALS [Электронный ресурс] / НИЦ CALS-технологий “Прикладная логистика”. – Электрон. дан. – М., сор. 2003-2006. – Режим доступа: http://www.cals.ru/annotation/concept_R/model/index.html. – Загл. с экрана.
20. Разработка и внедрение системы автоматизированного проектирования оптики САПР-“ОПТИКА” на предприятиях отрасли: описание работы / В.А. Зверев [и др.]. – Л., 1983. – 86 с.
21. Рутковский, В.О. Эффективность хранения и обмена 3-мерной геометрии в машиностроительной промышленности производителей [Электронный ресурс] / Рутковский, В. О., Рутковская М. А. – Электрон. дан. // НОЦ ИКТ 2002 г.. – Режим доступа: <http://leonsoft-kras.narod.ru/b2s4.html>. – Загл. с экрана.
22. Холлингзуорт, Д. Workflow как средство интеграции [Электронный ресурс] / Д. Холлингзуорт. – Электрон. дан. // PC Week/RE, №20, 2001. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1996/03/178897/>. – Загл. с экрана.
23. Черняк, Л. PLM – не роскошь, а необходимость. [Электронный ресурс] / Л. Черняк. – Электрон. дан. – М.: Издательство “Открытые системы” // Открытые системы: Руководителю проекта № 06, 2003. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2003/06/183127/>. – Загл. с экрана.
24. Чичварин, Н.В. Экспертные компоненты САПР / Н.В. Чичварин. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.
25. Шехонин, А.А. Методология проектирования оптических приборов: учеб. пособие / А.А.Шехонин, В.М.Домненко, О.А. Гаврилина. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 91 с.
26. NATO CALS Handbook. Version 2. June 2000. – Brussel, NATO CALS Office, 2000. – 342 p.

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИКИ

Кафедра прикладной и компьютерной оптики – одна из крупнейших кафедр российских ВУЗов, занимающихся задачами современной оптической науки

Кафедра возникла при слиянии двух кафедр оптического факультета: теории оптических приборов и кафедры оптических приборов и компьютерной оптики. Поэтому на кафедре учат специалистов, имеющих самое широкое представление об оптике в целом, от проектирования оптических систем самого разного назначения до компьютерной обработки изображений и интерферограмм.

Овладение такими разнообразными знаниями невозможно без практической работы с приборами, и кафедра имеет в своем составе несколько учебно-исследовательских лабораторий.

В лаборатории оптических измерений и контрольно-измерительных приборов студенты получают знания и навыки в области метрологии, учатся измерять характеристики оптических систем и параметры деталей и материалов.

Лаборатория микроскопов и медицинских оптических приборов знакомит с различными типами микроскопов (поляризационными, биологическими, металлографическими), методами наблюдения микрообъектов и т.п., а

также с приборами, применяемыми офтальмологами для диагностики зрения.

Лаборатория геодезических приборов позволяет получить начальные навыки работы с теодолитами, дальномерами другими приборами, применяемыми в геодезии и картографии, узнать особенности проектирования различных их узлов и конструкции.

В лабораториях компьютерных средств контроля оптики и исследования качества оптического изображения занимаются проблемами контроля качества оптических поверхностей оптической системы в целом, а также компьютеризации и автоматизации этих процессов.

В учебном процессе используются научный потенциал и лабораторная база крупнейшего в России научного центра в области оптики – ВНЦ ГОИ им. С.И.Вавилова, ведущего оптического предприятия – ОАО "ЛОМО".

Достижения кафедры отмечены двумя Ленинскими премиями, пятью Государственными премиями, премией Совета Министров, премией французской Академии Наук. Кроме того, работы, выполненные на кафедре, отмечались многочисленными медалями и дипломами международных и российских выставок, медалями С.П.Королева, Ю.А.Гагарина, премиями Минвуза.

За период существования кафедры было подготовлено более 150 кандидатов наук, из них 30 иностранцев, а также 16 докторов наук. Большинство научных и производственных подразделений в области прикладной оптики в России, а также многие в США, Израиле и Китае возглавляют ученики нашей научной школы.

В настоящее время кафедра прикладной и компьютерной оптики факультета Оптико-информационных систем и технологий является одним из крупнейших подразделений Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, ориентированным на выпуск высококвалифицированных специалистов в области оплотехники.

Гаврилина О.А., Толстоба Н.Д. **Компьютерные технологии в оплотехнике.** - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 131.

В авторской редакции

Компьютерный набор и верстка О.А. Гаврилина, Н.Д. Толстоба.

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

Зав. редакционно-издательским отделом

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати _____

Заказ № _____

Тираж _____ экз.

Отпечатано на ризографе

