

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю. П. СЕРДОБИНЦЕВ, С. Г. ПОСТУПАЕВА

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 220400 «Управление в технических системах»



Волгоград
2015

Рецензенты:

кафедра «Строительные конструкции, основания и надежности сооружений»
ФГБОУ ВПО «Волгоградского государственного архитектурно-строительного
университета», зав. кафедрой, проф. *В. А. Пиеничкина*;
профессор кафедры «Технологические процессы и оборудование автоматизиро-
ванных производств» ФГАОУ ВПО «Санкт-Петербургского государственного поли-
технического университета» д-р техн. наук *Ю. М. Зубарев*

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Сердобинцев, Ю. П.

Интегрированная логистическая поддержка продукции на этапах
жизненного цикла изделий: учеб. пособие / Ю. П. Сердобинцев, С. Г. По-
ступаева; ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – 80 с.

ISBN

Рассматриваются основные понятия жизненного цикла изделий, приведен анализ автоматизированных систем поддержки и управления жизненным циклом изделий, изложены основные принципы технологии интеграции данных об изделии.

Приводится материал по *CALS*-технологиям, проанализировано состояние и развитие *CALS*-технологий в мире и в России. Рассмотрен ряд практических примеров внедрения *CALS*-технологий на различных предприятиях.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям 220400 «Управление в технических системах», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Ил. 7. Табл. 5. Библиогр.: 33 назв.

ISBN

© Волгоградский государственный
технический университет, 2015
© Ю. П. Сердобинцев,
С. Г. Поступаева, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ГЛАВА 1. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА	
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ.....	6
1.1. Экономические предпосылки <i>CALS</i> (ИПИ)-технологий.....	9
1.2. Основные этапы жизненного цикла изделий	12
1.3. Автоматизированные системы поддержки и управления ЖЦИ.....	18
1.4. Концепция, стратегия и базовые принципы <i>CALS</i> -технологий.....	28
1.5. <i>CALS</i> /ИПИ-технологии	35
1.6. Интегрированная логистическая поддержка.....	37
ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ	
ОБ ИЗДЕЛИИ	43
2.1. <i>PDM</i> -системы и технологии	44
2.2. <i>PDM</i> -система как инструмент интеграции автоматизированных систем поддержки ЖЦИ.....	47
2.3. Основные функциональные возможности <i>PDM</i> -системы.....	51
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ <i>CALS</i> (ИПИ)-	
ТЕХНОЛОГИЙ В МИРЕ И В РОССИИ.....	57
3.1. Эффективность внедрения <i>CALS</i> (ИПИ)-технологий.....	57
3.2. Опыт выполнения крупных мировых проектов с использованием <i>CALS</i> -технологий.....	60
3.3. ИПИ-проекты в России.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	76
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	77

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ИТ – информационные технологии	<i>CAD – computer aided design</i>
АСУ – автоматизированная система управления	<i>CAM – computer aided manufacturing</i>
САПР – система автоматизирован- ного проектирования	<i>CAE – computer aided engineering</i>
ЧПУ – числовое программное управление	<i>CIM – computer integrated manufacturing</i>
ИАСУ – интегрированная автома- тизированная система управления	<i>CALS – continuous acquisition and life cycle support</i>
ЕИП – единое информационное пространство	<i>ISO – international organization for standardization</i>
ИИС – интегрированная информа- ционная среда	<i>TQM – total quality management</i>
ЖЦ – жизненный цикл	<i>ERP – enterprise resource planning</i>
ИПИ – информационная поддержка производства изделий	<i>MRP – material requirements planning</i>
ВП – виртуальное предприятие	<i>MRP-II – manufacturing resource planning</i>
НИЦ – научно-исследовательский центр	<i>PDM – product data management</i>
ЖЦИ – жизненный цикл изделия	<i>PLM – product life cycle management</i>
КТПП – конструкторско-техноло- гическая подготовка про- изводства	<i>CAPP – computer aided process planning</i>
ТО – техническое обслуживание	<i>EPD – electronic product definition</i>
ИЭТР – интерактивные электрон- ные технические руково- дства	<i>IETM – interactive electronic tech- nical manuals</i>
КБ – конструкторское бюро	<i>MES – manufacturing execution system</i>
АСУП – автоматизированная сис- тема управления произ- водством	<i>SCADA – supervisory control and data acquisition</i>
БД – база данных	<i>SCM – supply chain management</i>
НД – нормативный документ	<i>CRM – customer relationship management</i>
ИЛП – интегрированная логистиче- ская поддержка	<i>S&SM – sales and service</i>
АС – автоматизированная система	<i>STEP – standard for exchange of product data</i>
СУБД – система управления базами данных	<i>SGML – standard generalized markup language</i>

ЭМИ – электронная модель
изделия
ДЭ – документ электронный
ЭЦП – электронно-цифровая
подпись
ЭСИ – электронная структура
Изделия
ОБДИ – общая база данных
изделий
НИР – научно-технические работы
ТОиР – техническое обслуживание
и ремонт
МТО – материально-техническое
обеспечение

ЭТД – электронно-техническая
документация
ФМ – функциональная модель
ТЗ – техническое задание
НТД – нормативно-техническая
документация
ЛВС – локально-вычислительная
сеть
ПЭОИ – полное электронное
описание изделия
ППО – послепродажное обслужи-
вание
АЛП – анализ логистической
поддержки

ГЛАВА 1. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Начало ХХІ века характеризуется широкой компьютеризацией всех видов деятельности человечества: от решения традиционных интеллектуальных задач научного характера до автоматизации производственной, торговой, коммерческой, банковской и других видов деятельности.

Это привело к тому, что устоять в конкурентной борьбе смогут только те предприятия, которые будут применять в своей деятельности современные информационные технологии (ИТ). Именно ИТ наряду с прогрессивными технологиями материального производства позволяют существенно повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции при значительном сокращении сроков постановки на производство изделий, отвечающих запросам и ожиданиям потребителей.

Однако через продолжительный период времени было осознано, что частичная, фрагментарная компьютеризация отдельных видов производственной деятельности, будучи делом дорогостоящим, не оправдывает возлагаемых на нее надежд. Это связано с тем, что первые реализации ИТ представляли собой попытки внедрения качественно новых средств в традиционную технологическую среду. Эти попытки либо полностью отторгались, либо адаптировались к этой среде таким образом, что эффект от их использования был невелик. Примерами таких попыток могут служить:

- многочисленные АСУ, роль которых сводилась к автоматизации простейших учетных и отчетных функций;
- конструкторские САПР (*CAD – Computer Aided Design*), заменявшие чертежную доску и кульман экраном дисплея;
- технологические САПР (*CAM – Computer Aided Manufacturing*), облегчавшие подготовку технологической документации и управляющих программ для станков с ЧПУ;

– автоматизированные системы инженерных расчетов (CAE – *Computer Aided Engineering*) и т. д.

Все эти средства создавались на различных вычислительных платформах, в различных языковых средах и, как правило, были несовместимы между собой, что предопределяло их автономное использование с необходимостью многократной перекодировки подчас одной и той же информации для ввода ее в ту или иную систему. Помимо резкого возрастания объемов рутинного труда, это приводило к многочисленным ошибкам и, как следствие, к снижению эффективности систем. Вместе с тем, опыт, накапливавшийся в процессе создания и разработки автономных систем, оказался полезным: он позволил осознать необходимость интеграции систем, реализующих различные ИТ, в единый комплекс, который в отечественной технической литературе получил название ИАСУ – Интегрированная Автоматизированная Система Управления, а в англоязычной литературе – *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*.

Первоначально появление и внедрение ИАСУ (*CIM*) однозначно связывалось с высокоавтоматизированными производственными комплексами типа гибких автоматизированных производств и даже полностью автоматизированных предприятий. Однако дальнейшее развитие показало целесообразность внедрения ИАСУ на предприятиях с умеренным уровнем автоматизации технологических процессов. Существенным оказалось создание в рамках предприятия единого информационного пространства (ЕИП) или интегрированной информационной среды (ИИС), охватывающей все этапы жизненного цикла (ЖЦ) выпускаемой этим предприятием продукции. Именно идея ИИС и информационной интеграции стадий ЖЦ стала базовой при выработке подхода, получившего в США название *CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support* – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла), в русскоязычной формулировке ИПИ – Информационная Поддержка производства Изделий. Ини-

циатором этого подхода и доведения его до уровня международных стандартов стало Министерство обороны США в связи с необходимостью повышения эффективности управления и сокращения затрат на информационное взаимодействие между государственными учреждениями и коммерческими предприятиями при поставках и в ходе последующей эксплуатации вооружений и военной техники [8]. В настоящее время идея CALS сформировалась в целое направление в области ИТ и оформилась в виде серии международных стандартов ISO, государственных стандартов США и нормативных документов Министерства обороны США.

Следом за США идеологию CALS приняли все наиболее развитые страны Запада: Великобритания, Германия, Швеция, Норвегия, Канада, Япония, Австралия и др. Специальная организация по CALS создана в НАТО. Доказав свою эффективность, концепция и идеология CALS перестала быть прерогативой военных ведомств и начала активно применяться в промышленности, строительстве, на транспорте и в других отраслях экономики.

Обобщая сведения, почерпнутые из различных источников, можно предложить следующее определение CALS:

CALS – концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды (единого информационного пространства), обеспечивающая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции (включая государственные учреждения и ведомства), поставщиков (производителей) продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

В соответствии с этим определением ИИС должна содержать доступные (в рамках с установленных регламентов) всем участникам ЖЦ данные, во всех деталях описывающие продукцию (изделия), выпускающее эту продукцию предприятие и протекающие в нем организационно-деловые и технологические процессы (бизнес-процессы). В последние годы методы и идеи *CALS* и основанные на них ИТ (*CALS*-технологии) находят применение и в России, в первую очередь на предприятиях оборонного комплекса, поставляющих на внешний рынок наукоемкую продукцию.

1.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ *CALS*(ИПИ)-ТЕХНОЛОГИЙ

С конца прошлого века на мировом рынке изделий машиностроения наметился ряд объективных тенденций, в значительной мере определяющих направление развития материального производства, в том числе следующие [18].

1. Повышение сложности и ресурсоемкости изделий. Промышленные изделия становятся все более сложными по своей структуре, составу и используемым для их изготовления технологиям. Усложнение изделий и технологий в свою очередь приводит к повышению потребностей в ресурсах, необходимых для их разработки, производства и эксплуатации.

2. Усиление конкуренции на рынке. Одновременно с увеличением сложности изделий увеличивается конкуренция между их производителями, которая вызывает снижение прибыли и рентабельности производства.

3. Расширение и углубление кооперации между участниками производственного цикла, возникшее как следствие глобализации экономики и развития разделения труда. Для создания и продвижения на рынок промышленных изделий приходится объединять усилия разрозненных и удаленных разработчиков, производителей и поставщиков. Благодаря развитию средств коммуникации и глобальных компьютерных сетей все шире

применяются так называемые «виртуальные предприятия» (ВП) и организации.

Все более острой и актуальной для каждого предприятия становится проблема повышения конкурентоспособности своих изделий. Для достижения этой жизненно необходимой цели задействуются все возможные средства и методы. Наиболее известными организационно-техническими методами повышения эффективности производства являются (рис. 1.1):

- «всеобщее управление качеством» (*Total Quality Management – TQM*);
- «управление ресурсами предприятия» (*Enterprise Resource Planning – ERP*).



Рис. 1.1. Организационно-технические методы и технологии повышения эффективности жизненного цикла изделий

Сюда же относятся и эволюционные предшественников *ERP*, методы «управление потребностью в материалах» (*MRP – Material Requirements*

Planning) и «управление производственными ресурсами» (*MRP-II – Manufacturing Resource Planning*).

В ряду современных методов повышения конкурентоспособности производства свое место прочно заняла и методология информационной поддержки жизненного цикла изделий *CALS/ИПИ* [12].

Методология *CALS/ИПИ* хорошо сочетается с первыми двумя методами. В этом случае *PDM* – система выступает как инструмент автоматизации управления качеством, а ее информационные базы содержат полный набор инженерных данных об изделиях, необходимых для успешного функционирования *ERP* – системы.

Для объединения всех участников, обеспечивающих жизненный цикл как внутри предприятия-производителя, так и вне его, в том числе поставщиков, клиентов и сервисных центров разработана *PLM* – система. *PLM* – система (*Product Lifecycle Management* – управление жизненным циклом продукта) – это набор программных компонентов обеспечения коммуникаций, интеграции модулей автоматизированного проектирования и визуализации, а также других решений, охватывающих полный жизненный цикл продукта.

Хранилище *PLM* – системы позволяет производителю сохранить опыт, накопленный на предыдущих проектах, значительно упростить контроль за актуальностью информации, идентифицировать ошибки и избежать перепроектирования.

PLM – система способна предоставить пользователю информацию в форме, соответствующей выполняемым функциям в жизненном цикле создаваемого продукта: трехмерные модели, схематические диаграммы, инженерные спецификации, 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 рекламных материалах.

С помощью информации, которую интегрирует *PLM* – система, даже не обладая специальными техническими навыками сотрудники отдела закупок смогут выполнять поиск нужных деталей и выбирать оптимальные каналы поставки по сведениям, поступающих из конструкторских подразделений.

С помощью *PLM* – системы клиенты получают возможность представлять свои требования по улучшению продукта или связанные с ремонтом претензии, которые будут непосредственно учтены конструкторами при проектировании следующей версии продукции.

Таким образом, технология *PLM* обеспечивает стратегический подход к бизнесу, предлагающий непрерывный набор бизнес-решений, который поддерживает коллективный режим создания, управления, распределения и использования продуктов. Кроме того, *PLM* поддерживает «расширенное представление о предприятии» среди клиентов и партнеров, способствует интеграции людей, процессов, систем и информации.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Согласно определению, приведенному ГОСТ Р ISO 9000-2001, жизненный цикл продукции (ЖЦ) – это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации этой продукции.

Существуют различные модели жизненного цикла продукции, самая полная из которых насчитывает 11 этапов [14]:

- маркетинг и выявление потребности в продукции;
- проектирование и разработка продукции;

- планирование и разработка процессов производства;
- закупки материалов и комплектующих;
- производство или предоставление услуг;
- упаковка и хранение изделий;
- реализация продукции;
- монтаж и ввод в эксплуатацию;
- техническая помощь и сервисное обслуживание;
- послепродажная деятельность или эксплуатация;
- утилизация и переработка в конце полезного срока службы.

Иногда пользуются упрощенной схемой, которая содержит следующие стадии [10]:

- маркетинг;
- проектирование и разработка (включая технологическую подготовку производства);
- производство (включая закупки и испытания);
- поставка продукции (включая упаковку, хранение, доставку и монтаж);
- эксплуатация (включая техобслуживание, ремонт и утилизацию).

Согласно стандартам *ISO* продукция представляет собой результат некоторой деятельности или выполненных процессов.

Принято выделять четыре общие категории продукции:

- технические средства – отдельные изделия определенной формы;
- обработанные материалы – изделия, являющиеся результатом преобразования сырья в желаемое состояние;
- услуги – итоги непосредственного взаимодействия поставщика и потребителя и внутренней деятельности поставщика по удовлетворению потребностей потребителя;
- программное обеспечение.

Для изделий машиностроения подходит первая категория, а последняя из перечисленных категорий продуктов принципиально важна для компьютерных технологий. Кстати, при создании автоматизированных систем часто используется понятие «жизненный цикл программного обеспечения».

Доказано, что наибольшая эффективность от использования компьютерных технологий и компьютерного моделирования может быть получена именно при их реализации в составе комплексной системы информационной поддержки жизненного цикла изделий [7, 11], так как многообразие процессов ЖЦ и необходимость их интенсификации требуют активного информационного взаимодействия субъектов, участвующих в их осуществлении и поддержке.

С усложнением изделий и ростом числа участников ЖЦ растет объем создаваемой, обрабатываемой и передаваемой информации. Если не использовать средства автоматизации, то эффективность бизнес-процессов снижается вплоть до недопустимо низких показателей качества и эффективности производства.

Информационное сопровождение ЖЦ характеризуется следующими принципиальными особенностями.

- В отличие от локальной автоматизации отдельных рабочих мест и процессов решаются задачи комплексной автоматизации всех этапов и информационной интеграции всех подсистем.

- Объекты автоматизации выходят за границы отдельного предприятия, участники информационного взаимодействия могут быть территориально удалены друг от друга и располагаться в разных городах и даже странах.

- Комплексные модели изделий отличаются большой разнородностью состава, включающего маркетинговые, конструкторские, технологические, производственные данные, данные об эксплуатации изделий и т.д.

– Используются преимущественно стандартные способы и технологии передачи данных, открытые архитектуры программного обеспечения и международные стандарты описания изделий.

– Потребность в создании среды информационного взаимодействия компонентов интегрированной системы приводит к необходимости создания единого информационного пространства предприятия.

Компьютерные технологии и компьютерное моделирование обладают огромным инновационным потенциалом. Современные промышленные автоматизированные системы являются одними из самых эффективных, а в ряде случаев и незаменимыми инструментами, обеспечивающими решение проблем повышения качества, сокращения издержек и сроков внедрения сложной наукоемкой продукции.

На типовом графике зависимости затрат/доходов в процессе внедрения новой продукции в промышленное производство [16] (рис. 1.2) стрелками показаны тенденции влияния информационных технологий на повышение эффективности основных этапов жизненного цикла изделия.

На первом – затратном участке компьютерное моделирование в прикладных системах и информационные технологии позволяют снизить затраты и сократить время технической подготовки производства. Этот участок включает следующие этапы (рис. 1.2): 1 – сокращение затрат на проектирование; 2 – сокращение стоимости внесения изменений и модификаций; 3 – сокращение времени подготовки производства за счет перехода от натурных испытаний к компьютерному моделированию; 4 – ускорение технологической подготовки производства за счет совмещенного проектирования основного изделия и технологической оснастки для его изготовления (быстрое начало производства).

На втором – доходном участке за счет повышения качества и конкурентоспособности изделий наблюдаются ускорение окупаемости затрат и повышение доходов. Доходный участок включает следующие этапы

(рис. 1.2): 5 – повышение степени удовлетворенности заказчика за счет участия последнего в ходе разработки изделия; 6 – быстрое реагирование на потребности рынка; 7 – удовлетворение потребностей заказчика качеством и производительностью; 8 – гибкость освоения новых рынков; 9 – возможность послепродажного расширения свойств изделия; 10 – организация использования накопленных компьютерных баз знаний в новых проектах (быстрый старт новых проектов).

В настоящее время практически на всех успешно действующих российских предприятиях активно внедряются или планируются к внедрению новые промышленные компьютерные системы и технологии.

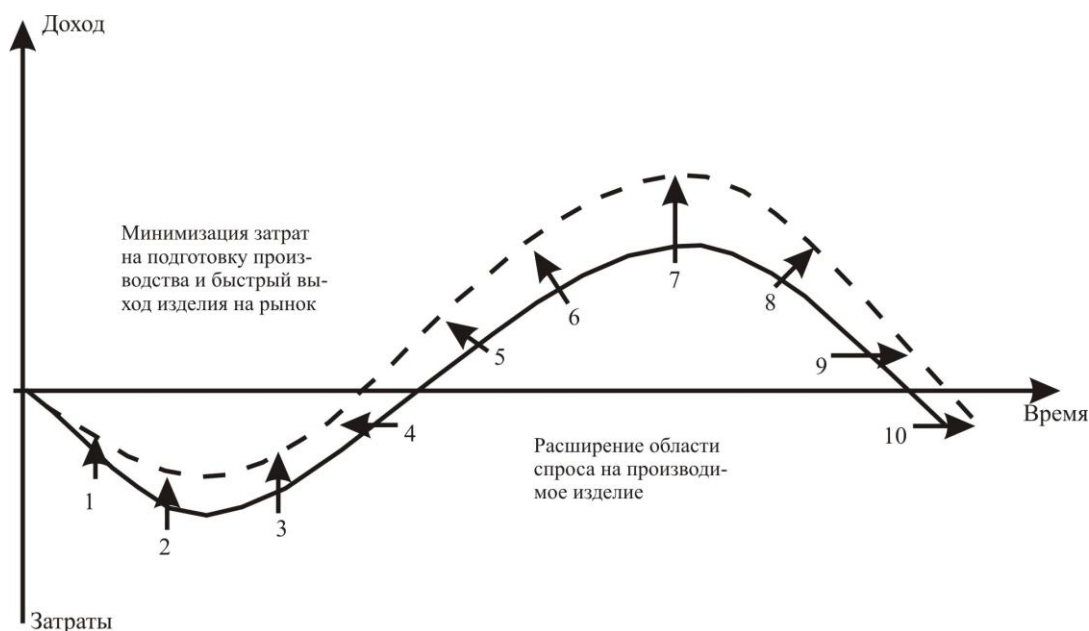


Рис. 1.2. Влияние новых информационных технологий на эффективность этапов ЖЦ изделия

Опыт внедрения *PLM* – систем в промышленность, приведенный в материалах НИЦ *CALS* [32], демонстрирует существенный полезный эффект, получаемый от комплексной автоматизации технической подготовки производства наукоемких и сложных изделий:

- прямое сокращение затрат на проектирование – от 10 до 30 %;
- сокращение общего времени разработки изделий – от 40 до 60%;

- сокращение времени вывода новых изделий на рынок – от 25 до 75%;
- сокращение доли брака и объема вносимых изменений – от 23 до 73%;
- сокращение затрат на подготовку технической документации – до 40 %;
- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации – до 30%.

Мировой рынок машиностроения стремительно развивается в направлении полного перехода на информационные технологии. Для повышения конкурентоспособности продукции российских предприятий переход на информационные технологии также жизненно необходим, но его осуществление требует объединения сил промышленности, науки и образования, а также активного государственного регулирования в области информационной и промышленной стандартизации.

Признание важности развития *CALS/ИПИ* – технологий в Российской Федерации на государственном уровне отражается в том, что на рубеже XX – XXI веков в разные годы были созданы важные элементы инфраструктуры, необходимой для разработки и внедрения *CALS*-технологий: Государственный научно-образовательный центр *CALS*-технологий, Научно-исследовательский центр (НИЦ) *CALS*-технологий «Прикладная логистика» и Технический комитет (ТК 431) Госстандарта России, координирующий разработку отечественной нормативной базы.

Был также создан ряд советов и общественных организаций, способствующих внедрению *CALS/ИПИ* – технологий в российскую промышленность: Авиационный промышленный совет по *CALS*, Российская ассоциация разработчиков и пользователей *ИПИ* – технологий, Международная ассоциация по проблемам *CALS*, Международный центр конверсионных технологий и ряд других объединений и центров.

В большинстве документов, разработанных в этих организациях, наряду с техническим и организационными проблемами отмечается необходимость создания и развития системы подготовки и переподготовки инженерных кадров по новым информационным технологиям, а также важность внедрения *CALS/ИПИ* – технологий в учебный процесс вузов.

1.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЖЦИ

В процессе своего жизненного цикла машиностроительное изделие последовательно проходит ряд этапов, на каждом из которых используются различные методы и средства автоматизации.

В целом ряде публикаций и учебников по информационным технологиям [7, 11] приводится ставшая уже классической схема взаимодействия автоматизированных систем в процессах ЖЦИ. На рис. 1.3 приведен модифицированный и дополненный ее вариант.

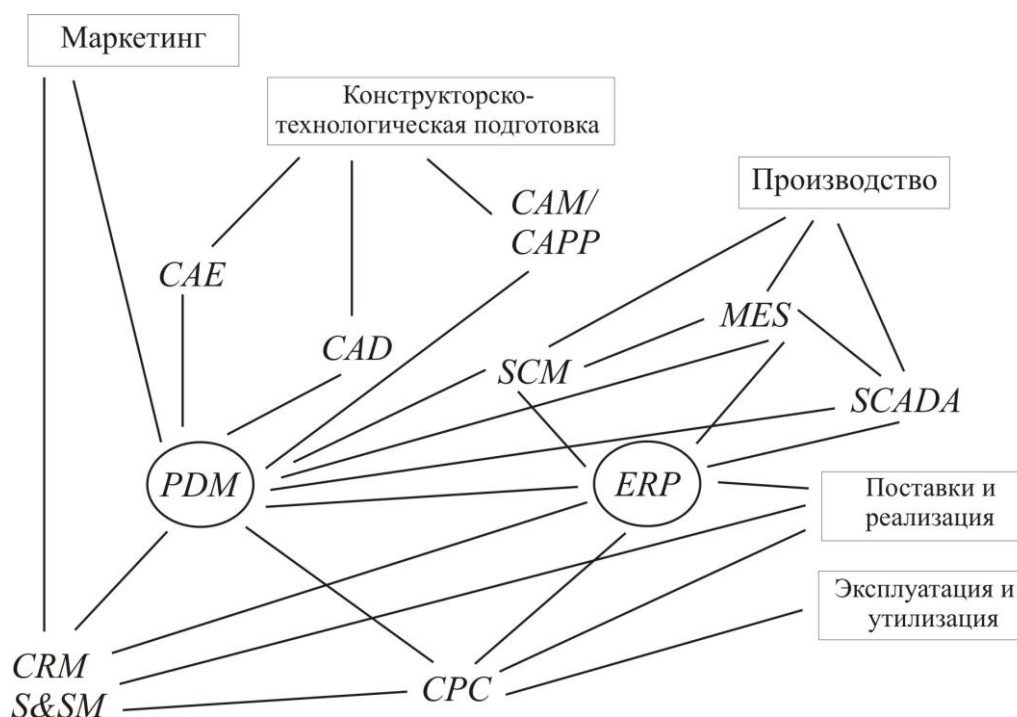


Рис. 1.3. Схема взаимодействия автоматизированных систем в процессе жизненного цикла изделий машиностроения

На схеме выделены два центра автоматизации *PDM* и *ERP* – системы, добавлены важный для современной рыночной экономики этап маркетинга и соответствующие связи.

Даже такая разветвленная схема отражает только основные компоненты, этапы и связи между ними и не претендует на окончательность и завершенность. Это только подчеркивает сложность задачи комплексной автоматизации и интеграции ЖЦИ машиностроения и соответствует системному принципу постоянного развития и совершенствования автоматизированных систем и технологий.

На схеме использованы наиболее популярные и устоявшиеся обозначения автоматизированных систем, которые исторически сложились в процессе развития промышленных компьютерных технологий, и основаны на аббревиатурах англоязычных названий систем.

Системы, средства и технологии, предназначенные для автоматизации отдельных процессов и этапов ЖЦ изделия, весьма многочисленны, постоянно развиваются и пополняются.

Автоматизированные системы, используемые для сопровождения жизненного цикла даже одного изделия, разнородны по своему назначению, функционированию и, что существенно, основаны на разнообразных моделях и методиках из различных предметных областей. Информационная и техническая сложность отдельных этапов жизненного цикла и соответствующих им автоматизированных систем требует для реализации различных по уровню и объему ресурсов, средств и затрат [7, 11].

По назначению и профессиональной специфике, используемые в процессах ЖЦ, компьютерные системы и технологии можно условно разделить на три группы, которые развиваются во многом параллельно и автономно друг от друга.

1. Конструкторско-технологическая подготовка производства, автоматизация технического обслуживания и эксплуатации изделий (КТПП и

ТО). К этой группе прежде всего относятся системы автоматизированного конструирования (*CAD*); технологической подготовки (*CAM*, *CAPP*) и инженерного анализа (*CAE*), используемые в КТПП. Коллективную работу над проектами и интеграцию на этом этапе обеспечивает применение *PDM* – систем (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Автоматизированные системы КТПП и ТО

Обозначение	Основное назначение
<i>CAD</i>	Система автоматизации конструирования и разработки проектно-конструкторской документации. Включает подсистемы 3D и 2D – геометрического моделирования, а также набор объектно-ориентированных подсистем для решения типовых проектно-конструкторских задач
<i>CAM</i>	Система автоматизации моделирования технологических процессов и разработки программ для станков с ЧПУ. Может включать собственный геометрический модельер для проектирования формообразующих поверхностей
<i>CAE</i>	Система автоматизации проектировочных расчетов и инженерного анализа. Как правило, реализует метод конечных элементов. Используется для моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций, оптимизации конструкции изделий и технологических процессов, численного расчета физических полей различной природы
<i>CAPP</i>	Система автоматизации проектирования технологических процессов и разработки технологической документации. Как правило, включает подсистемы аналитических расчетов типовых технологических процессов, трудового и материального нормирования
<i>PDM</i>	Система автоматизации управления инженерными (проектными) данными. Выполняет функцию центра информационной интеграции в <i>PLM</i> – решениях. Автоматизирует задачи хранения, обмена и управления конфигурациями комплексных моделей изделий. Обеспечивает технологии параллельного проектирования и организации коллективной работы над проектом

За долгий период существования *CAD/CAM/CAE* – систем сложилась их общепринятая международная классификация:

– чертежно-ориентированные системы, которые появились первыми в 70-е гг. XX века (и успешно применяются в некоторых случаях до сих пор);

– 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*).

EPD – это технология, которая обеспечивает разработку и поддержку электронной информационной модели на протяжении всего жизненного цикла изделия, включая маркетинг, концептуальное и рабочее проектирование, технологическую подготовку, производство, эксплуатацию, ремонт и утилизацию. При применении *EPD*-концепции предполагается замещение последовательного проектирования сложного изделия на процесс, выполняемый проектно-производственными командами, работающими коллективно. Вследствие разработки *EPD*-концепции и появились основания для превращения автономных *CAD* –, *CAM* – и *CAE* – систем в интегрированные *CAD/CAM/CAE* – системы.

Традиционно существует деление *CAD/CAM/CAE* – систем на системы верхнего, среднего и нижнего уровней. 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.

Примерами *CAD/CAM* – систем верхнего уровня являются *Pro/Engineer*, *Unigraphics*, *CATIA*, *EUCLID*, *I-DEAS* (все они имеют расчетную часть *CAE*).

В настоящее время на рынке широко используются два типа твердотельного геометрических ядра (*Parasolid* от фирмы *Unigraphics Solutions* и *ACIS* от *Spatial Technology*). Наиболее известными *CAD/CAM* – системами среднего уровня на основе ядра *ACIS* являются: *ADEM* (*Omega*

Technology); *Cimatron* (*Cimatron Ltd.*); *Mastercam* (*CNC Software, Inc.*); *AutoCAD*, *Mechanical Desktop* и *Autodesk Inventor* (*Autodesk Inc.*); *Powermill* (*DELCAM*); *CADdy++ Mechanical Design* (*Ziegler Informatics GmbH*); семейство продуктов *Bravo* (*Unigraphics Solutions*), *IronCad* (*VDS*) и др.

К числу *CAD/CAM* – систем среднего уровня на основе ядра *Parasolid* принадлежат, в частности, *MicroStation Modeler* (*Bentley Systems Inc.*); *CADKEY 99* (*CADKEY Corp.*); *Pro/Desktop* (*Parametric Technology Corp.*); *SolidWorks* (*SolidWorks Corp.*); *Anvil Express* (*MCS Inc.*), *Solid Edge* и *Unigraphics Modeling* (*Unigraphics Solutions*); *IronCAD* (*VDS*) и др.

CAD – системы нижнего уровня (например, *AutCAD LT*, *Medusa*, *TrueCAD*, КОМПАС, БАЗИС и др.) применяются только при автоматизации чертежных работ.

В настоящее время крупнейшими разработчиками *CAD/CAM* – систем являются компании *Parametric Technology Corporation (PMTC)*; *Dassault Systemes (DASTY)*; *Autodesk (ADSK)*; *Unigraphics Solutions (UGS)* и *Structural Dynamics Research Corporation (SDRC)*.

Без конструкторско-технологических моделей и данных, создаваемых в процессе КТПП, не могут обойтись системы информационной поддержки эксплуатации, обслуживания и ремонта изделий (ТО).

Электронные технические документы являются первоисточником при создании интерактивных технических руководств (*ИЭТР/IETM – Interactive Electronic Technical Manuals*) и обучающих подсистем. Сюда же можно отнести технологии виртуальных предприятий и КБ.

Перечисленные компоненты чаще всего и составляют базовое наполнение *PLM* – системы (*PLM* – решение).

2. Планово-экономическая подготовка, организационное обеспечение и управление производством. Специфическими для данного круга задач являются компьютерные системы, обеспечивающие автоматизацию управления производством – АСУП (табл. 1.2). За рубежом в этой области

используют системы *ERP(MRP)* и *MES*, реализующие известные концепции *MRP* и *MRPII* (*Requirements Planning* – планирование потребностей в материалах; *Manufacturing Resource Planning* – планирование ресурсов производства). В настоящее время на большинстве российских предприятий наблюдается активное вытеснение традиционных АСУП собственного производства коммерческими *ERP*-решениями.

Таблица 1.2

Автоматизированные системы, обеспечивающие автоматизацию управления производством

Обозначение	Основное назначение
<i>ERP</i>	Система автоматизации планирования и управления предприятием (ресурсами предприятия: финансовыми, материальными, кадровыми и пр.). Базируется на использовании методик <i>MRP</i> и <i>MRPII</i>
<i>MES</i>	Система автоматизации управления производством. Предназначена для автоматизации оперативного производственного планирования и управления производственным документооборотом на уровне производств, цехов и участков
<i>SCADA</i>	Система автоматизации сбора и обработки данных о состоянии оборудования и технологических процессов. Программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий управление производственным оборудованием и автоматическими линиями

В настоящее время на мировом рынке присутствует несколько сотен *ERP*-систем, получивших определенную известность. Бесспорными лидерами рынка являются компании *SAP AG*, *Oracle*, *PeopleSoft*, *J.D. Edwards* и *Geac Computer*. Заметное место среди *ERP*-систем занимают следующие компании: *Baan* (в качестве подразделения компании *Invensys*); *Epicor Software*; *Exact Software*; *IFS*; *Kewill Systems plc*; *N avision a/s*; *QAD*; *Ross Systems*; *Sage Group*; *Scala*; *SCT*; *Symix Systems*; *Systems Union* и ряд других.

Главное отличие *MES*-систем от *ERP*-систем заключается в том, что *MES*-системы, оперируя исключительно производственной информацией, позволяют корректировать, либо полностью перерассчитывать производ-

ственное расписание в течение рабочей смены столько раз, сколько это необходимо. В *ERP*-системах по причине большого объема административно-хозяйственной и учетно-финансовой информации, которая, непосредственного влияния на производственный процесс не оказывает, перепланирование может осуществляться не чаще одного раза в сутки.

За счет быстрой реакции на происходящие события и применения математических методов компенсации отклонений от производственного расписания, *MES*-системы позволяют оптимизировать производство и сделать его более рентабельным.

MES-системы, собирая и обобщая данные, полученные от различных производственных систем и технологических линий, выводят на более высокий уровень организацию всей производственной деятельности, начиная от формирования производственного заказа и до отгрузки готовой продукции на склады.

MES-системы реализуют связь в реальном времени производственных процессов с бизнес процессами предприятия и улучшают финансовые показатели предприятия, включая повышение отдачи основных фондов, ускорение оборота денежных средств, снижение себестоимости, своевременность поставок, повышение размера прибыли и производительности.

MES-системы формируют данные о текущих производственных показателях, включая реальную себестоимость продукции, необходимые для более качественного функционирования *ERP*-систем.

Таким образом, *MES*-системы – это связующее звено между ориентированными на финансово-хозяйственные операции *ERP*-системами и оперативной производственной деятельностью предприятия на уровне цеха, участка или производственной линии.

3. Маркетинг, продажа и поставка изделий, снабжение и производственная логистика. К этой функциональной группе средств автоматизации можно отнести программы, предназначенные для информационной

поддержки работы с заказчиками, потребителями и субподрядчиками (табл. 1.3), – системы логистической поддержки изделия: *SCM*, *CRM*, *E-commerce* (*B2B*, *B2C*).

Таблица 1.3

Автоматизированные системы логистической поддержки изделия

Обозначение	Основное назначение
<i>SCM</i>	Система автоматизации производственной логистики. Предназначена для автоматизации работы службы снабжения, планирования закупок и формирования графика поставок материалов, комплектующих и пр.
<i>CRM</i>	Система автоматизации и учета работ с клиентами и заказчиками. Автоматизирует создание и ведение клиентских баз данных, планирования работ, управление внешней перепиской и документооборотом
<i>S&SM</i>	Система управления продажами и обслуживанием. Является и развитием систем <i>CRM</i> , включая автоматизацию оформления платежных документов, учета торговых операций и пр.
<i>CPC</i>	Система автоматизации ведения бизнеса и дистанционной работы с использованием глобальных компьютерных сетей. Системы автоматизации и поддержания электронной коммерции, в том числе <i>B2B</i> (<i>business-to-business</i> – прямое взаимодействие поставщиков между собой); <i>B2C</i> (<i>business-to-costomer</i> – непосредственное взаимодействие поставщика и покупателя). По сетевому признаку к этой группе примыкают виртуальные офисы и виртуальные предприятия.

SCM-система (система управления цепочками поставок) представляет собой процесс организации планирования, исполнения и контроля потоков сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, а также обеспечения эффективного и быстрого сервиса за счет получения оперативной информации о перемещениях товара.

CRM-система – это концепция ведения бизнеса, когда во главу угла ставятся индивидуальные потребности клиента.

Международная консалтинговая компания *PriceWaterhouseCoopers* определяет *CRM*-систему как стратегию, нацеленную на создание долгосрочных и прибыльных взаимоотношений с клиентом через понимание их индивидуальных потребностей.

И, если *CRM*-система – философия работы с клиентами, то *SCM*-система – философия работы с партнерами.

Концепция *SCM*-системы подразумевает формирование такой сбытовой сети, при которой нужные товары будут доставлены в нужное место в нужное время с наименьшими издержками.

Достижение этой цели возможно только при эффективной интеграции поставщиков, производителей, дистрибьюторов и продавцов.

В условиях сложившейся экономической ситуации, ужесточения конкуренции и роста требований улучшения качества сервиса со стороны клиентов, чтобы сохранить конкурентные преимущества компаниям необходимо оптимизировать все процессы создания стоимости – от поставки сырья, до сервисного обслуживания конечного потребителя и утилизации продукции.

Особенность систем управления цепочками поставок по сравнению с системами *ERP* заключается в следующем.

SCM-система обеспечивает планирование ресурсов и информационное сопровождение на протяжении всего жизненного цикла продукта – от заказа на разработку до послепродажного сервиса и утилизации, тогда как *ERP*-система обеспечивает лишь планирование ресурсов, необходимых для разработки продукта.

ERP-система обеспечивает планирование и управление ресурсами при создании predetermined видов продуктов, допуская незначительные изменения в составе продуктов.

SCM-система позволяет планировать и управлять ресурсами при создании уникальных продуктов.

По данным аналитических компаний *AMR Research*, *Forrester Research*, успешное внедрение систем управления цепочками поставок дает компаниям такие преимущества как:

- рост прибыли;

- сокращение времени и стоимости обработки заказа;
- сокращение времени выхода на рынок;
- сокращение закупочных издержек, складских запасов и производственных запасов.

Разумеется, что многие информационные технологии тесно связаны и взаимно пересекаются при реализации в реальных автоматизированных системах. Сама цепочка жизненного цикла изделия на практике не является однозначно линейной, содержит циклы и разветвления. Общими для большинства этапов являются универсальные информационные технологии баз данных (БД), компьютерных сетей, офисного делопроизводства и электронного документооборота и многие другие.

Автоматизированные средства и технологии, попадающие в первую группу, признаны наиболее сложными компьютерными системами. На этапах проектирования, технологической подготовки и производства изделия, как правило, необходимо оперировать сложными физическими процессами и объектами, которые требуют высокоточных моделей, используют сложные математические методы и алгоритмы.

На этих этапах формируются внешний облик, структура и состав изделия, определяются проектные параметры и эксплуатационные характеристики. Проектируется технология производства и происходит материализация первоначального замысла.

На этапах проектирования и технологической подготовки производства циркулирует самый мощный в ЖЦ информационный поток и выпускается основной объем технической и сопроводительной документации. Хотя итоговым потребителем электронных технических руководств (ИЭТР/*IETM*) являются покупатель, службы эксплуатации, обслуживания и ремонта, их разработка неэффективна без участия проектировщиков. Наиболее успешная и оперативная работа по созданию ИЭТР должна вестись с использованием возможностей *PDM* – системы.

Активное внедрение *PDM* – систем в России только начинается, опубликовано относительно немного научных работ и учебников, освещающих эту тему.

Производство изделия – один из самых важных и ответственных этапов ЖЦ изделия, прежде всего в организационном отношении. На этом этапе формируются материальные потоки, которые требуют для своей реализации значительных финансовых ресурсов. В условиях средне- и крупносерийного производства этап производства является наиболее энергоемким, материалоемким и трудоемким. Значительно усложняют задачи информационной поддержки производства территориальная разобщенность подразделений и организаций, высокая размерность перечня деталей и агрегатов при изготовлении структурно сложных изделий.

Аппарат моделирования и технологии реализации задач управления производством достаточно хорошо разработан и продолжает успешно развиваться, о чем свидетельствуют многочисленные публикации.

Внедрение *ERP* – систем, связанных с автоматизацией управления производством, материальными и финансовыми ресурсами, в настоящее время идет опережающими темпами по сравнению с автоматизацией КТПП, особенно на экономически благополучных предприятиях в металлургической, нефтегазовой и добывающей промышленности.

Можно найти впечатляющие показатели эффективности от внедрения систем работы с клиентами (*CRM*) и управления продажами (*S&SM*) в областях электронных коммуникаций и торговли.

1.4. КОНЦЕПЦИЯ, СТРАТЕГИЯ И БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Согласно российским стандартам [12] *CALS/ИПИ* определяется как «концепция и идеология информационной поддержки жизненного цикла продукции».

Основой идеей этой концепции является повышение конкурентоспособности продукции за счет комплексной автоматизации всех процессов ЖЦ изделия и повышения эффективности управления информацией об изделии.

Концепция предполагает создание и использование единого информационного пространства (ЕИП) или интегрированной информационной среды (ИИС), которая должна обеспечить быстрый и полный доступ к необходимой содержательной информации об изделии и единообразные способы информационного взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков, поставщиков и производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала и т.д.

Реализация ЕИП/ИИС возможна только при использовании всеми участниками ЖЦИ единых правил взаимодействия и стандартов электронного обмена данными. Причем чем шире будет круг распространения стандартов, тем легче и полнее будет происходить создание интегрированной информационной среды. Очевидно, что наибольший эффект может дать принятие нормативных документов (НД), регламентирующих интеграцию и обмен данными на государственном и даже международном уровнях.

В самом названии *CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support)* уже заложены две важные идеи, развивающие концепцию *CALS*. Первая часть термина (*Continuous Acquisition* – постоянное приобретение, развитие) означает непрерывное накопление информации и развитие самого изделия в течение его ЖЦ. Вторая часть термина (*Life cycle Support* – поддержка жизненного цикла) определяет необходимость создания соответствующего механизма и инструментария информационного обмена.

Глубина и оперативность обработки производственной информации на этапах создания, эксплуатации и обслуживания изделия должны позво-

лечь более полно учесть потребности заказчика и, в конечном итоге, повысить качество продукции.

Создание ЕИП/ИИС, в свою очередь, обеспечивает внедрение новых организационных методик разработки изделия, таких, как параллельное проектирование (*concurrent design*), междисциплинарные рабочие группы, удаленное взаимодействие и дистанционное выполнение работ (*out sorting*), виртуальные предприятия (*virtual enterprise*).

Согласно подходу, развиваемому сотрудниками НИЦ *CALS* [32], основное содержание концепции *CALS*, принципиально отличающее ее от других, составляют определенные инвариантные понятия, которые реализуются в течение жизненного цикла (ЖЦ) изделия (рис. 1.4):

- базовые принципы *CALS*;
- базовые управленческие технологии;
- базовые технологии управления данными.

Базовые принципы *CALS*:

- системная информационная поддержка ЖЦ изделия на основе использования интегрированной информационной среды (ИИС);
- информационная интеграция за счет стандартизации информационного описания изделий;
- интеграция программного обеспечения на основе стандартизации структур данных и интерфейсов доступа к ним;
- ориентация на готовые коммерческие программно-технические решения (*Commercial Of The Shelf – COTS*), соответствующие требованиям стандартов;
- безбумажное представление информации и использование электронно-цифровой подписи;
- параллельный инжиниринг (*Concurrent Engineering*);
- непрерывное совершенствование бизнес-процессов.

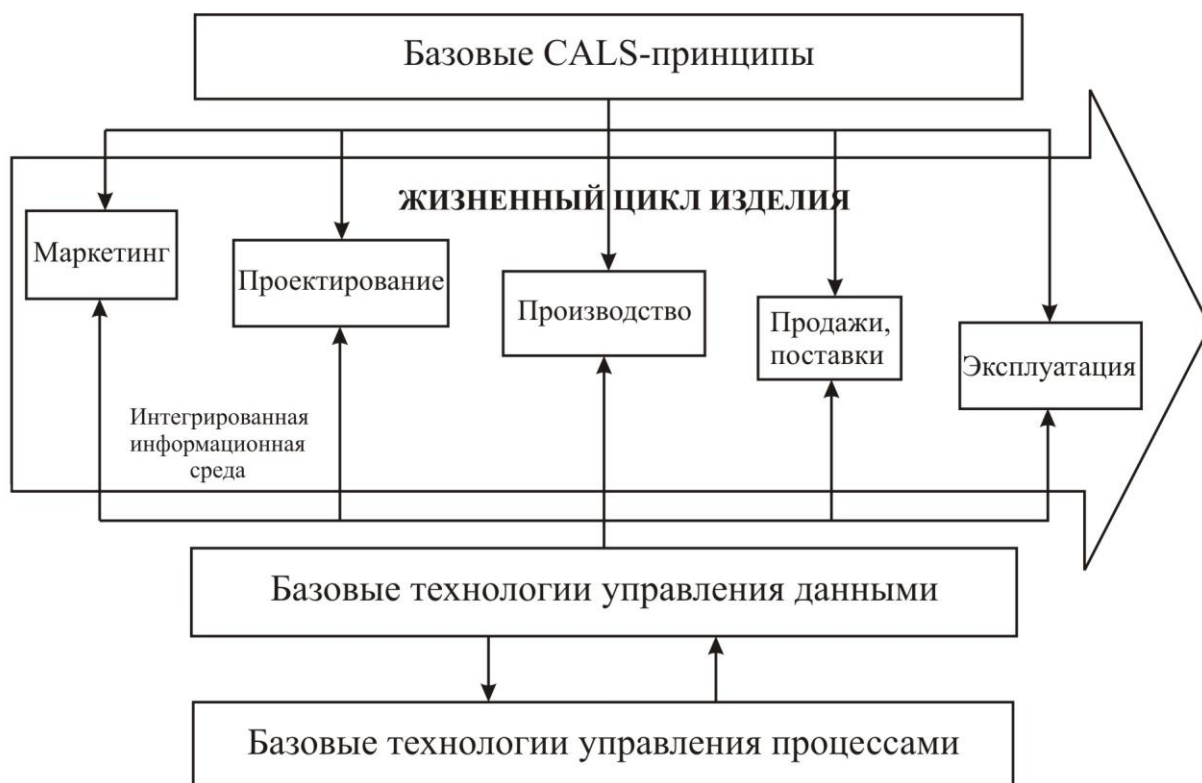


Рис. 1.4. Концептуальная модель *CALS*

Базовые управленческие технологии *CALS*, по мнению специалистов в области прикладной логистики [32], базируются на известных и хорошо зарекомендовавших себя, инвариантных по отношению к объекту автоматизации (продукции) технологиях управления процессами.

Базовые управленческие технологии:

- управление проектами и потоками работ (*Project Management/Workflow Management*);
- управление ресурсами предприятия (*Manufacturing Resource Planning*);
- управление качеством (*Quality Management*);
- интегрированная логистическая поддержка (ИЛП – *Integrated Logistic Support*).

Базовые технологии управления данными об изделии в настоящее время реализуются в системах управления инженерными данными (*PDM*):

- технологии представления данных по стандарту *ISO 10303 (STEP)*;

- технологии представления данных по стандарту *ISO 8879 (SGML)*;

- методы и технологии создания информационных моделей.

Технология *STEP (Standard for Exchange of Product data)* – стандарт обмена данными о продукции) в большей степени ориентирована на базы данных, а технология *SGML (Standard Generalized Markup Language)* – стандартизованный универсальный язык разметки текстов) – на создание электронных документов.

PDM – системы используют базы данных и электронные описания структуры изделий, при проектировании и реализации которых широко применяется информационное моделирование.

Интегрированная информационная среда (ИИС) определяется в терминологическом словаре *CALS* [12] как «совокупность распределенных баз данных, содержащих сведения об изделиях, производственной среде, ресурсах и процессах предприятия, обеспечивающих корректность, актуальность, сохранность и доступность данных тем субъектам производственно-хозяйственной деятельности, участвующим в осуществлении ЖЦ изделия, кому это необходимо и разрешено. Все сведения (данные) в ИИС хранятся в виде информационных объектов».

На каждом этапе жизненного цикла единое информационное пространство пополняется новой информацией, в том числе туда входят следующие данные:

- конструкторские данные, которые формируются на этапе проектирования изделия и включают геометрическое описание формы изделия; многоуровневую структуру модели, отражающую процесс конструирования изделия; результаты расчетов и технические характеристики;

- технологические данные, которые создаются на стадии технологической подготовки производства и составляют описание маршрутных и

операционных технологий, нормы времени и расхода материалов, управляющие программы для станков с ЧПУ, данные для проектирования приспособлений и специального режущего и мерительного инструмента и т.д.;

- производственные данные, которые относятся к производственному циклу и содержат информацию об изготовлении конкретных экземпляров изделия и его компонентов;

- данные о качестве изделия содержат сведения о соответствии экземпляров изделия техническим требованиям;

- данные для логистической поддержки изделия на постпроизводственных стадиях жизненного цикла содержат информацию о расходных материалах, запасных частях, поставках комплектующих и т.п.;

- эксплуатационные данные, необходимые для организации обслуживания и ремонта изделия.

Концепция *CALS* предполагает создание единого информационного пространства (ЕИП/ИИС) для всех участников ЖЦ изделия (в том числе эксплуатирующих организаций). Основу ИИС составляет комплекс компьютерных моделей изделий и процессов, к которой могут обращаться различные приложения и подсистемы *PLM*-системы (рис. 1.5) [12].

Единое информационное пространство (ЕИП) должно обладать следующими свойствами:

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

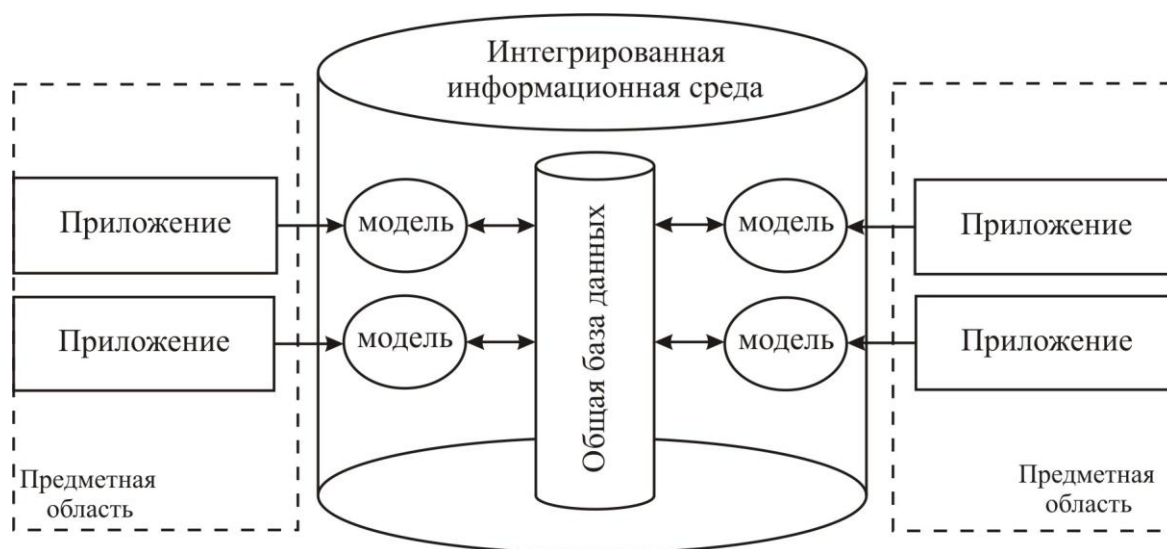


Рис. 1.5. Концепция комплексного использования моделей, составляющих ЕИП/ИИС предприятия

Как правило, для создания ЕИП используются различные программно-аппаратные средства, имеющиеся у участников ЖЦ.

Основными преимуществами ЕИП являются следующие:

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

Стратегия *CALS* предусматривает двухэтапный план создания ЕИП/ИИС:

- автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление данных на них в электронном виде;

– интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, уже представленных в электронном виде, в рамках ЕИП.

В результате может быть образовано виртуальное предприятие.

ЕИП/ИИС могут быть созданы для организационных структур разного уровня – от отдельного подразделения до виртуального предприятия или корпорации. При этом различается и эффект, получаемый от создания ЕИП.

В табл. 1.4 даны экспертные оценки эффективности результатов создания единого информационного пространства на предприятиях различного типа [18]. Следует иметь в виду, что в каждом конкретном случае, зависящем от многих объективных и субъективных факторов, результаты могут существенно различаться, к сожалению, как правило, в худшую сторону.

Таблица 1.4

Уровень эффективности при внедрении ЕИП			
Организационная структура	Повышение эффективности управления процессами	Повышение эффективности управления данными	Повышение эффективности обмена данными внутри структуры
Подразделения предприятия	Среднее	Высокое	Низкое
Отдельное предприятие	Высокое	Высокое	Среднее
Виртуальное предприятие (корпорация)	Высокое	Высокое	Высокое
Эксплуатирующая организация	Среднее	Высокое	Среднее

1.5. CALS/ИПИ-ТЕХНОЛОГИИ

CALS/ИПИ – технологии представляют собой набор формализованных методик и средств реализации концепции и стратегии CALS. Некоторые специалисты предлагают классифицировать CALS/ИПИ – технологии, разделяя их на три группы [18]:

– технологии представления данных об изделии, включающие набор методов, языков и моделей для описания в электронном виде данных об изделии, относящихся к объектно-ориентированным процессам ЖЦ изделия. Эти технологии предназначены для стандартизованного, единообразного представления данных, полученных при автоматизации локальных задач (первый этап создания ЕИП);

– технологии интеграции данных об изделии – набор методов для информационного объединения автоматизированных процессов и систем и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде, в рамках интегрированной информационной среды. Интегрированная (комплексная) модель должна включать в себя всю информацию о моделях частных задач, полученных на всех этапах ЖЦ, и структуру их взаимосвязи. Эти технологии относятся ко второму этапу создания ЕИП;

– технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов – набор организационных методов преобразования (реструктуризации) способа функционирования предприятия с целью повышения его эффективности. Эти технологии нужны для того, чтобы корректно перейти от бумажного к электронному документообороту и внедрить новые методы и средства разработки изделий.

Главная задача создания и внедрения *CALS/ИПИ*-технологий – обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления должны быть стандартизованными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделенных во времени и пространстве и использующих разные *CAD/CAM/CAE*-системы. Одна и та же конструкторская документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация адаптиро-

вана к разным производственным условиям, что позволит существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства. Кроме того, упрощается эксплуатация систем.

При автоматизации отдельных процессов ЖЦ изделия могут успешно использовать уже существующие на предприятии прикладные программно-методические комплексы (САПР, АСУП и т. п.), однако к ним предъявляется важное требование – наличие или разработка стандартного интерфейса к обрабатываемым ими данным. Основные понятия, которые используются на данном этапе: электронный документ, электронная модель, электронный документооборот и электронная подпись.

При интеграции всех данных об изделии в рамках ЕИП применяются специализированные программные средства – системы управления данными об изделии (*PDM – Product Data Management*).

Задачей *PDM* – системы является аккумулирование всей информации об изделии, создаваемой прикладными системами, в единую комплексную модель. Процесс взаимодействия *PDM* – системы и прикладных систем строится на основе стандартных интерфейсов.

Технологии реинжиниринга бизнес-процессов составляют методы функционального моделирования бизнес-процессов и систем, а также технологии разработки и внедрения и развития *PLM* – решений.

1.6. ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Одним из важных потребительских параметров изделия является величина затрат на поддержку его жизненного цикла (ЖЦ).

Эти затраты складываются из затрат на разработку и производство изделия, а также затрат на ввод изделия в действие, эксплуатацию, поддержание его в работоспособном состоянии и утилизацию по истечении срока службы.

Для сложного изделия (например, летательного аппарата, корабля, многокоординатного станка с ЧПУ, гибкого модуля, робототехнического комплекса и т. п.), имеющего длительный срок использования (10–20 лет), затраты на постпроизводственных стадиях ЖЦ, связанные с поддержанием изделия в работоспособном состоянии (состоянии готовности к использованию), могут быть равны или даже превышать затраты на приобретение.

Сокращение затрат на поддержку ЖЦ изделия – одна из целей внедрения концепции и стратегии *CALS*. Комплекс управленческих процессов и процедур, направленных на сокращение затрат на постпроизводственных стадиях ЖЦ, объединяется понятием ИЛП – интегрированной логистической поддержки (*Integrated Logistic Support*). Это понятие относится к числу базовых инвариантных понятий ИПИ. Ни одна информационная система не может быть отнесена к классу ИПИ, если в ней не реализована в той или иной мере компонента ИЛП.

До недавнего времени в России проблеме ИЛП не уделялось должного внимания, что привело к существенному отставанию отечественной промышленности в этом направлении. Сегодня эта проблема приобрела особую актуальность в связи с возрастающим стремлением отечественных предприятий выйти на международные рынки. Иностранные заказчики предъявляют к российским изделиям те же требования, что и к аналогичным изделиям зарубежных фирм. В этой связи проблема организации ИЛП для изделий российских предприятий переходит в разряд первоочередных, поскольку от ее решения в значительной мере зависит конкурентоспособность отечественной продукции на мировых рынках.

Под ИЛП понимают подход к комплексному решению логистических задач в процессе создания и эксплуатации изделий и прежде всего обеспечение их эффективной эксплуатации на основе создания необходимых средств обслуживания изделий, в том числе документации и баз дан-

ных, предназначенных для обучения персонала, диагностики изделий, их ремонта и т. п. [4].

Появление концепции интегрированной логистической поддержки (ИЛП) изделий и интегрированных логистических систем обусловлено стремлением максимально повысить эффективность эксплуатации сложной техники.

В понятие ИЛП обычно включают решение следующих групп задач:

- анализ логистической поддержки;
- планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) изделия;
- планирование и управление материально-техническим обеспечением (МТО);
- разработку и сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации.
- обучение персонала.

В число этих групп задач входят:

- исследование состояния рынка и прогнозирование перспектив сбыта изделий, планируемых к производству;
- определение инфраструктуры системы обслуживания изделий в период эксплуатации, в том числе планирование процедур МТО, диагностики состояния изделий, ремонта и т. п.;
- учет требований ремонтпригодности при проектировании изделий, разработка средств обслуживания сложной техники параллельно с разработкой самого изделия;
- расчет надежности и длительности безотказной работы изделий,
- расчет затрат на производство и эксплуатацию изделий;
- определение состава и необходимого объема запасных частей;
- обучение обслуживающего персонала;

- поддержка связей между производителем и потребителем путем доступа потребителя к интегрированной базе данных изделия с целью упрощения диагностики состояния и ремонта изделий, а также получения изготовителем данных о неисправностях и отказах с целью принятия мер по повышению надежности изделий;

- классификация и кодификация изделий и материалов, необходимые для упрощения поиска нужных данных в справочниках и БД, исключения дублирования проектов, ускорения составления заявок на поставки комплектующих и т. п.;

- разработка и сопровождение электронной эксплуатационной и ремонтной документации;

- традиционные логистические процедуры, такие как упаковка, складирование, транспортировка изделий.

Структура системы ИЛП показана на рис. 1.6. Согласно этой схеме ИЛП сложного изделия состоит в реализации четырех основных процессов:

- логистический анализ изделия (*Logistic Support Analysis*), проводимый на всех стадиях ЖЦ;

- планирование процессов технического обслуживания и ремонта изделия (*Maintenance and Repair Planning*), проводимое на стадии проектирования и уточняемое в процессе производства и эксплуатации изделия;

- интегрированное планирование процедур поддержки материально-технического обеспечения процессов эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия (*Integrated Supply Support Procedures Planning*), проводимое на стадии проектирования и уточняемое в процессе производства и эксплуатации изделия;

- обеспечение персонала электронной эксплуатационной документацией и электронной ремонтной документацией на изделие (*Electronic Maintenance Documentation, Electronic Repair Documentation*), проводи-

мое на стадии проектирования и реализуемое в процессе производства конкретных партий изделия.



Рис. 1.6. Общая структура ИЛП

Для автоматизации всех видов деятельности в рамках ИЛП в состав информационного пространства ИЛП необходимо включить информационные системы следующих классов:

- *PLM* и *CAD*-системы;
- системы для проведения анализа логистической поддержки;
- системы управления стоимостью изделия;
- системы управления проектами (*Project Management System*);
- системы управления требованиями;
- системы класса *ERP* – управление ресурсами предприятия;
- системы управления, планирования и учета деятельности, связанной с ТОиР и послепродажного обслуживания изделий (*Maintenance, Repair and Overhaul*);
- системы управления производственными процессами (*Manufacturing Process Management*);

- системы управления человеческими ресурсами (*Human Resources Management*);
- системы управления, разработки и публикации эксплуатационной документации;
- системы управления обучением (*Learning Management System*);
- системы сбора и анализа данных об изделии, его эксплуатации и техническом обслуживании.

Использование информационных технологий для ИЛП является необходимым, но не достаточным условием для достижения максимальной эффективности проведения ИЛП. Существует ряд сдерживающих факторов развития ИЛП, не связанных с информационными технологиями, а в большей степени относящимся к вопросам организационного развития и взаимодействия.

К таким факторам следует отнести:

- 1) нестабильность кооперации;
- 2) неэффективные формы организации;
- 3) дефицит квалифицированного персонала;
- 4) сосуществование бумажных и электронных технологий;
- 5) отсутствие корпоративного центра ответственности по ИЛП.

Для организации эффективного проведения ИЛП можно сформировать следующие требования:

- послепродажное обслуживание (ППО) изделия должно проводиться под управлением производителя изделия;
- проектные и производственные решения должны формироваться с учетом условий ППО;
- мотивация персонала должна быть ориентирована на критерии эффективности ППО;

- должен быть организован обмен данными в рамках кооперации на основе отраслевых каталогизированных справочников товарно-материальных ценностей;
- должны быть приняты отраслевые стандарты в области ИЛП;
- необходимо разумно минимизировать использование бумажных технологий;
- должен быть создан корпоративный центр ответственности по ИЛП.

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ

Технологии интеграции данных об изделии являются наиболее специфическими из всех *CALS/ИПИ/PLM* – технологий. Их содержание непосредственно касается решения проблем информационной поддержки всего жизненного цикла изделий.

Согласно методологии *CALS*, создание единого информационного пространства (ЕИП/ИИС) для основных участников жизненного цикла изделия (ЖЦИ), связанных с маркетингом, конструкторско-технологической подготовкой производства, поставками и самим производством, обеспечивается, прежде всего, с использованием *PDM* – систем и технологий (*Product Data Management* – управление данными об изделии) [15, 16].

Для потребителей машиностроительной продукции предусмотрено создание и использование электронных технических руководств (ИЭТР/*IETM*), которые служат инструментом интеграции в информационную среду тех пользователей, которые не имеют возможности организации взаимодействия с *PDM* в реальном масштабе времени.

С использованием систем управления проектными данными и электронных технических руководств, в том числе, связаны задачи обеспече-

ния логистической поддержки сложных машиностроительных изделий [16].

2.1. PDM – СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Высокий уровень развития информационных технологий позволяет автоматизировать проектирование в самом широком понимании целей и задач этой сферы интеллектуальной деятельности. Доказано, что наибольший эффект дает комплексная сквозная автоматизация всего цикла проектных работ. При этом связывается в логическую последовательность целый ряд важнейших стадий жизненного цикла изделия, начиная с исследования проектной ситуации, включая концептуальное проектирование, инженерный анализ, вплоть до изготовления. Лишь как составную часть процесса проектирования принято рассматривать работы по оформлению соответствующей стандартам технической документации.

Неотъемлемой частью задач автоматизированного проектирования является технологическая подготовка производства.

Автоматизация проектно-конструкторских, технологических и соответствующих им организационных работ на промышленном предприятии дает возможность решить ряд важнейших задач, как напрямую, так и косвенно влияющих на конкурентоспособность выпускаемой продукции. Напомним только некоторые из них.

Во-первых, использование точных компьютерных моделей позволяет повысить качество изделий, сократить число возможных ошибок и неточностей. При правильной организации работ многократно сокращаются проблемы, связанные с увязкой размеров, соблюдением точности форм и допусков.

Во-вторых, при достаточной компьютерной подготовке и квалификации персонала могут существенно сокращаться трудовые затраты. Особенно это заметно при внесении изменений, перепроектировании и модификации изделий.

В-третьих, снижается общее время проектирования. Уменьшаются сроки запуска изделий в производство, длительность монтажных и пуско-наладочных работ.

В-четвертых, сокращаются издержки производства, связанные с доводкой изделий, постановкой в серию, уменьшением времени обработки и износа оборудования. Например, эффективные программы для станков с ЧПУ существенно сокращают машинное время и уменьшают опасности порчи дорогостоящих заготовок, предупреждают поломку инструмента.

Существенными «барьерами» при внедрении информационных технологий являются проблемы организационно-технического характера, такие как хранение, учет и контроль безбумажной документации, моделей, программ и других данных, относящихся к изделию и процессу его изготовления.

В цепочке всего жизненного цикла изделия этапы проектно-конструкторской и технологической подготовки производства считаются самыми сложными и интеллектуально емкими. Для выполнения этих работ требуется персонал с высоким уровнем образования и опытом практической работы. Как правило, такие коллективы складываются годами, а накопленные в архиве решения являются основой и залогом успешности новых проектов. Кроме того, приходится хранить и учитывать информацию, поступающую в самом различном виде от заказчиков и из сторонних источников.

К сожалению, нельзя геометрию с бумажного чертежа использовать для измерений и расчетов, модифицировать, передавать в технологический пакет для формирования управляющей программы, поскольку точность оригинала, скорее всего, не удовлетворит поставленным целям. Чаще всего получается быстрее, и главное надежнее, создать заново электронный документ в соответствии с точными размерами модели.

Таким образом, создание автоматизированного архива (или, как принято называть в терминах *PDM* – технологий, электронного хранилища), содержащего электронную документацию, компьютерные модели и все другие данные об изделии, циркулирующие в электронной форме, а также формирование соответствующей организационно-технической системы, необходимой для поддержания электронного документооборота, представляется одной из самых актуальных и важнейших задач любого предприятия. Тем более, что современные *PDM* – системы наделяют электронный архив принципиально новыми интеллектуальными функциями.

Самым существенным мотивом внедрения большинства технических новшеств чаще всего служат не успехи, а сложные экономические обстоятельства. В современных условиях производители вынуждены переходить от крупносерийного, малономенклатурного выпуска однотипной продукции к мелкосерийному производству (под заказ) многовариантной продукции, наиболее полно соответствующей постоянно меняющейся конъюнктуре рынка. В этом случае электронные *PDM* – технологии становятся инструментом, позволяющим сделать громоздкий процесс подготовки производства более быстрым и гибким.

Внедрение *PDM* позволяет существенно автоматизировать организационные процессы проектирования и производства изделий и добавляет в организацию работ ряд новых возможностей:

- оперативный поиск нужного документа по названиям, номерам и атрибутам (дата, материал, производитель, цена и т. п.);
- быстрый анализ структуры изделия и просмотр документов и данных с любого рабочего места в объеме предоставленных прав доступа;
- исключение дублирования работ и проблемы поиска актуальной версии документа;
- учет вариантов и истории изменений продукции;

- автоматический учет и надежный контроль результатов работы соответствующих отделов, служб и исполнителей;
- обеспечение сохранности и защиты документации;
- четкая организация и сопровождение всей последовательности работ.

При комплексной и достаточно полной компьютеризации инженерно-технических служб предприятия *PDM* – система может выполнять функции рабочей среды для пользователей и интегрирующей среды для многочисленных прикладных программных средств, автоматизирующих отдельные этапы и процессы.

2.2. *PDM* - СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ИНТЕГРАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ЖЦИ

Задача автоматизации хранения производственных данных не нова. Еще в середине XX века на многих предприятиях и в КБ создавались различные компьютерные базы данных, в которых хранились тексты и данные об изделии в алфавитно-цифровой форме.

Выделение *PDM* в качестве особого программно-методического комплекса связывается с деятельностью ведущих производителей САПР, которые, эволюционно развиваясь, пришли к концепции комплексной автоматизации. Для объединения компьютерных моделей, используемых в *CAD/CAM/CAE* – системах, и обеспечения коллективного характера работы инженерных подразделений и групп потребовались специальные интерактивные программы, общающиеся с пользователями на общепринятом техническом языке.

PDM отличаются от других АС по совокупности качеств: они автоматизируют определенный набор и последовательность работ пользователя, связанную с осуществлением операций технического документооборота (информационную технологию), при этом реализуют удаленный доступ

к информации с помощью компьютерных сетей и обеспечивают достаточно сложное взаимодействие с универсальными системами управления базами данных СУБД.

Основой первой *PDM* – системы, созданной в начале 80-х гг., стал программный пакет *EDL* компании *CDC*. В 90-х гг. работы по созданию *PDM* разворачиваются всеми основными производителями тяжелых машиностроительных САПР.

Одной из первых полноценных *PDM* – систем считается система *Optegra* компании *Computervision*. В 1998 г. молодая и успешная фирма *PTC* поглощает *Computervision*. На базе ее технологий *PTC* разрабатывает свою *PDM* – систему *Windchill* и становится одним из лидирующих поставщиков *PLM*-решений. *PDM Windchill* отличается своей ориентацией на применение *WEB*-технологий даже в локальных сетях (так называемые *Intranet* – технологии).

Практически в то же время *Unigraphics Solution (UGS)* совместно с *Kodak* разрабатывает *PDM* – систему *iMAN* (в настоящее время переименована в *Teamcenter*).

В начале XXI в. *Dassault Systemes (DS)* приобретает и развивает *PDM* – системы *ENOVIA* и *Smarteam*.

Среди российских систем *PDM* наиболее известными являются *Party Plus* (компания Лоция-Софт); *PDM STEP-Suite*, разработанная в НПО «Прикладная логистика»; *ЛОЦМАН-PLM* производства компании АСКОН.

История появления и развития *PDM* – технологий в компаниях-разработчиках машиностроительных систем автоматизированного проектирования существенно повлияла на состав, структуру и облик современных систем управления данными об изделии. Современные *PDM* – системы лучше всего приспособлены для интеграции компьютерных моделей

проектных данных, создаваемых в процессах конструкторско-технологической подготовки производства.

Повышение эффективности обработки электронных моделей, документов, результатов расчетов и исходных данных достигается за счет интеграции всей информации об изделии в единую структурированную и логически связанную комплексную (интегрированную) модель. В дальнейшем всю эту разнородную совокупность информации, относящуюся к определенному техническому объекту и хранящуюся в памяти ЭВМ или на электронных носителях, мы будем называть данные об изделии.

При создании *PLM* – решения, объединяющего множество программных комплексов, *PDM* – система выступает в качестве своеобразного посредника, аккумулирующего поступающие от прикладных подсистем данные, представленные на основе стандартных интерфейсов взаимодействия (рис. 2.1). Зачастую *PDM* может воспринимать данные во внутреннем формате наиболее популярных САПР, обеспечивая так называемую «бесшовную» интеграцию.

Методы, технологии и программные средства управления данными об изделии играют системообразующую роль в создании интегрированной информационной среды [16].

На рис. 2.1 показаны основные уровни интеграции. Наиболее тесно с *PDM* интегрируются системы автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства. Взаимодействие с *PDM* является одним из основных инструментов логистической поддержки и источником создания информационного пространства для потребителей продукции.

На другом уровне *PDM* интегрируется с системами управления производством, в современной трактовке – *ERP*. Для *ERP* инженерные данные, содержащиеся в хранилищах *PDM*, служат основным источником актуальной, полной и объективной информации об изделии. Действитель-

но, только в конструкторских и технологических документах можно найти исчерпывающую информацию о составе и структуре изделия, материалах, оборудовании, инструментах и технологических операциях.

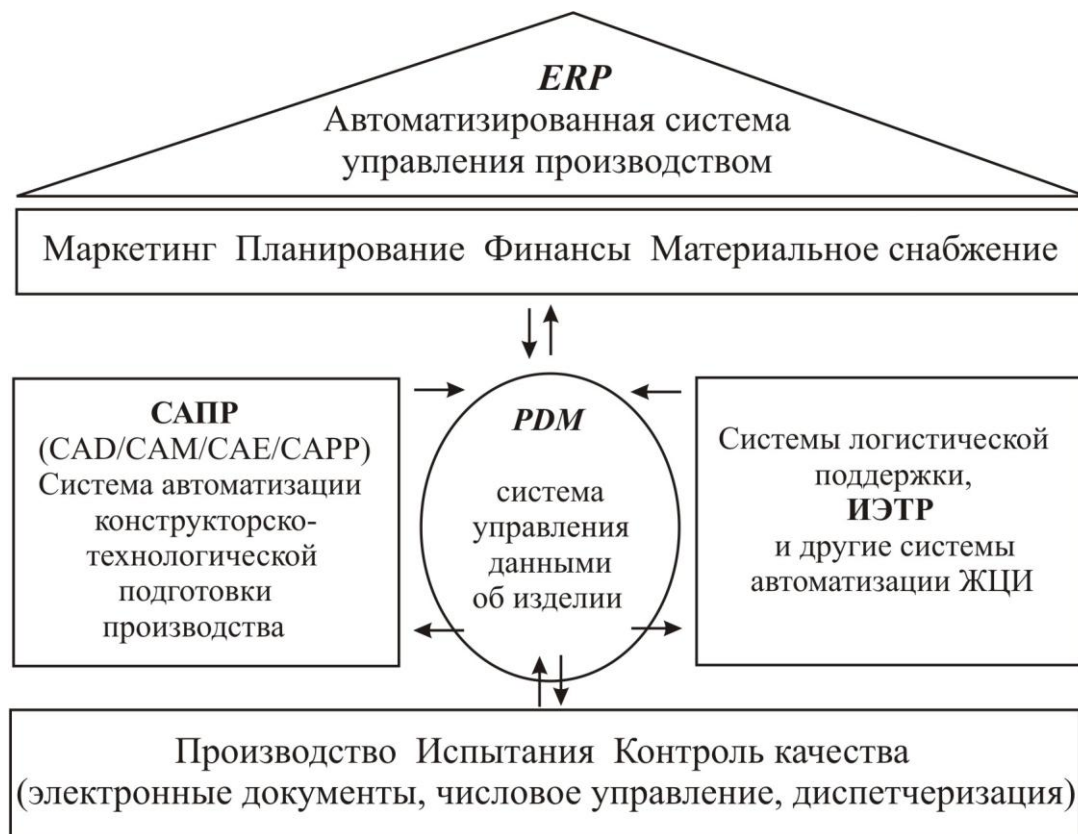


Рис. 2.1. Место *PDM* в общей структуре ИИС

Если САПР и *PDM* часто производятся в одной фирме или в родственных организациях, занимающихся инженерной подготовкой производства, то *ERP* – это давний и самостоятельный бизнес с приоритетами в области планирования и финансов. Обеспечение эффективного взаимодействия *PDM* с системами управления предприятием в настоящее время является одной из главных научных и практических проблем *CALS/ИПИ* [16].

Глубину интеграции *PDM* с прикладными системами можно классифицировать по следующим признакам [18].

Применение единой модели данных. Это идеальный вариант, который чаще всего достигается при использовании компонентов САПР и *PDM* одного производителя. Следует обратить внимание, что если при этом производители не применяют международные стандарты, то это существенно ограничивает возможности интеграции с продуктами других фирм.

Прямой доступ к прикладным базам данных. У каждой прикладной системы сохраняется своя база данных, но эти системы оснащены прямыми интерфейсами, которые автоматически транслируют данные из одной системы в другую. Как правило, такие интерфейсы разрабатываются фирмами по взаимному соглашению.

Использование стандартизованных обменных файлов. В этом случае одна программа транслирует свои данные в стандартном формате, а другая читает записанный файл и конвертирует его в свой формат.

Кроме форматов, предусмотренных международными стандартами, большинство прикладных программ имеют возможность записывать свои файлы в форматы нескольких популярных систем. Например, для плоской графики часто используется формат *DXF/DWG*, применяемый в *AutoCAD*, а для 3D моделей – формат ядра *Parasolid*.

Наконец, всегда сохраняется возможность разработать конвертор для любого описанного формата данных средствами *API (Application Programming Interface)*, которым оснащена каждая полноценная *PDM*.

2.3. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ PDM-СИСТЕМЫ

Основные функции *PDM* – системы можно сгруппировать по назначению следующим образом.

- 1) Управление хранением данных и документов

Все данные об изделии содержатся в специальной подсистеме, называемой хранилище данных.

Хранилище, как правило, строится на базе универсальной СУБД, которая обеспечивает их целостность, безопасность и уникальность, предлагает механизм разделения прав пользователей, средства резервирования и аварийного восстановления. Для организации больших и распределенных хранилищ данных часто требуется приобретение мощной коммерческой СУБД типа *MSC SQL SERVER* или *ORACLE*. Средние и легкие *PDM* могут использовать открытое или собственное программное обеспечение.

PDM предоставляет доступ к данным только зарегистрированным пользователям, в соответствии с имеющимися правами, и позволяет осуществлять ввод, поиск, обработку и представление (визуализацию, вывод на печать) необходимых данных.

Совокупность информации об изделии, прежде всего, формируется из электронных моделей (ЭМИ) и электронных документов (ДЭ), которые создаются и используются для описания изделия или процессов его проектирования, производства или эксплуатации на всех стадиях ЖЦ.

В хранилище, управляемом *PDM* – системой, содержится так называемое внутреннее представление ДЭ. Создание и модификация ДЭ производится в прикладных автоматизированных системах. Просмотр ДЭ и ЭМИ, ориентированных на восприятие и обработку человеком, в *PDM* осуществляется или с помощью специальных программ-визуализаторов (например *eDrawings*), или с использованием заранее заготовленных графических изображений (графических моделей), которые играют роль так называемого вторичного представления. Наличие функций вторичного представления существенно ускоряет поиск и воспроизведение информации, просматриваемой и анализируемой человеком.

Если данные, хранящиеся в системе, являются электронными документами, то *PDM* позволяет автоматизировать использование технологий

электронно-цифровой подписи (ЭЦП). Вновь созданные документы проходят операцию хеширования и оснащаются ЭЦП, а используемые – проверяются на аутентификацию и идентифицируются.

Использование *PDM* – системы для создания электронного архива является одной из важнейших и первоочередных задач при внедрении комплексной системы автоматизации предприятия. Чаще всего в процессе внедрения осуществляются поэтапное оснащение подразделений автоматизированными рабочими местами и автономное наполнение и настройка баз данных.

2) Управление составом изделия

Автоматизация управления составом изделия считается одним из главных достижений *PDM* – технологий. По своему определению *PDM* – система должна содержать самую полную информацию о составе изделия, включая варианты его исполнения, возможные конфигурации и многое другое.

ГОСТ 2.053-2013 вводит в употребление основные понятия, непосредственно касающиеся автоматизации управления составом изделий в *PDM*.

Согласно положениям этого стандарта электронная структура изделия (ЭСИ) является обобщающим документом, консолидирующим технические данные об изделии, и предназначена для организации информационного взаимодействия между автоматизированными системами.

Понятие ЭСИ было введено в стандарты специально для использования при разработке новых систем управления данными об изделии как обобщение опыта реализации многочисленных известных примеров *PDM*.

В компьютерной среде состав изделия отображается в виде ЭСИ, которая содержит не только конструктивные элементы, составляющие изделие, а также все иерархические отношения (связи) между его составными

ми частями и другие данные в зависимости от его назначения. При этом область назначения ЭСИ устанавливается самая обширная.

Кроме отображения конструктивных элементов электронная структура изделия может использоваться:

- для представления интегрированной (присоединенной к конструктивным элементам) разнотипной информации о свойствах (характеристиках) изделия и его частей;
- для представления вариантов состава и структуры изделия;
- для представления проектной и рабочей конструкторской документации на изделие;
- для представления информации о правилах применяемости и взаимозаменяемости частей изделия;
- для представления обозначений изделия и его составных частей (классификации).

Таким образом, расширенное толкование состава изделия, предусмотренное определением ЭСИ, включает большой объем сложно-структурированной информации. Как документ ЭСИ предназначена для анализа и обработки человеком, поэтому для удобства работы специалистов может применяться несколько различных представлений состава изделия для различных предметных областей: конструкторский состав, технологический состав, маркетинговый состав и т.д. Предметное представление состава изделия представляет собой частный случай (результат фильтрации) общего массива информации, составляющей полный состав изделия.

ЭСИ – конструкторский документ, выполняемый только в электронной форме и формируемый автоматизированным способом на основе информации, хранящейся в общей базе данных (ОБДИ).

3) Управление конфигурацией изделия

Управление конфигурацией – это управленческая технология, связанная с разработкой, выпуском и поддержкой жизненного цикла сложных изделий, производимых во многих вариантах [18]. Рассмотрим управление конфигурацией в конструкторском контексте. В российской промышленности приняты следующие понятия конфигурации изделий.

Базовое изделие, которое формально можно определить по факту утверждения комплекта проектно-конструкторской документации, принятой для изготовления изделия.

Модификация изделия – вариант изделия, созданный на основе базовой конфигурации изделия с целью изменения основных тактико-технических (функциональных) характеристик изделия.

Исполнение изделия – вариант изделия, созданный на основе базового изделия с целью удовлетворения специфических требований заказчика без изменения основных функциональных характеристик изделия.

Семейство изделий – базовое изделие и все модификации и исполнения, созданные на его основе.

Автоматизированное управление конфигурацией изделия заключается в установлении применимости элементов изделия и их состояния в различных вариантах поставок.

4) Управление процессами

Управление бизнес-процессами, и прежде всего конструкторско-технологической подготовкой производства, возможно в том случае, когда все участвующие в процессе пользователи включены в состав автоматизированной системы.

Управление коллективной работой необходимо при совместном проектировании одного изделия. В любой базе данных обязательно необходимо исключить ситуацию, когда одновременно происходит модификация общих данных. В большинстве *PDM* для этого используется механизм разделения доступа. Одна и та же деталь или сборка может быть в актив-

ном использовании только у одного пользователя. Для того чтобы отредактировать объект, пользователь должен «взять его в работу», при этом автоматически система переводит изделие в режим «*Check-in*», закрывая его от других изменений. Остальные участники процесса в реальном масштабе времени получают сведения о состоянии объекта. Они могут просматривать информацию, но редактирование станет возможным только тогда, когда свою работу закончит активный пользователь и объект перейдет в состояние ожидания «*Check-out*» – свободен от изменений.

Управление потоком работ пользователей осуществляется с использованием специализированных подсистем, называемых «*Work Flow*» и позволяющих в интерактивном режиме планировать, сопровождать и контролировать последовательность деятельности персонала автоматизированной системы. В этом случае *PDM* – система формирует и автоматически направляет задания всем задействованным в процессе пользователям, контролирует сроки и объем выполненных по плану работ.

К функциям управления процессами можно отнести и контрольную процедуру протоколирования действия пользователей, в том числе и с целью учета содержания и временных затрат на выполнение проведенных работ.

PDM может вести учет и протоколирование использования документов и данных, что полезно не только для обеспечения безопасности информации, но и для возможности объективного анализа рабочих процессов руководителями и службами качества.

5) Вспомогательные функции

Кроме комплекса управляющих функций *PDM* система может оснащаться многочисленными вспомогательными функциями.

Вспомогательные функции *PDM* могут быть самыми разнообразными и многочисленными [18]. Например, можно выделить следующие

группы услуг и функций, предоставляемых пользователям, администраторам и разработчикам *PLM*-системы предприятия:

- коммуникационные функции, предназначенные для автоматизации общения пользователей системы, например электронная почта, рассылка внутренних сообщений и т.п.;
- транспортные функции, связанные с передачей и пересылкой данных между прикладными системами и пользователями;
- трансляция данных из одного формата хранения и обмена данными в другой;
- визуализация и обработка изображений моделей и электронных документов, в том числе и получение твердых копий (распечатка) документов;
- индивидуальное календарное планирование работ пользователя (расписания и ежедневники);
- администрирование системы, предназначенные для инсталляции, наладки и управления средствами обеспечения системы;
- прикладной интерфейс программирования *API* (*Application Programming Interface*), предназначенный для выполнения доработок и развития системы силами прикладных программистов и наиболее квалифицированных (продвинутых) пользователей автоматизированной системы.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ CALS (ИПИ)-ТЕХНОЛОГИЙ В МИРЕ И В РОССИИ

3.1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ CALS (ИПИ)-ТЕХНОЛОГИЙ

Анализ информационных материалов позволил выявить ряд основных аспектов, определяющих эффективность применения ИПИ-технологий:

1) Компьютерная автоматизация, позволяющая повысить производительность основных процессов и операций создания информации.

2) Информационная интеграция процессов, обеспечивающая совместное и многократное использование одних и тех же данных. Интеграция достигается минимизацией числа и сложности вспомогательных процессов и операций, связанных с поиском, преобразованием и передачей информации. Поскольку доля вспомогательных процессов и операций в общем цикле достаточно велика, сокращение связанных с ними затрат времени и средств является существенным фактором экономии. Одним из инструментов интеграции является стандартизация способов и технологий представления данных с тем, чтобы результаты предшествующего процесса могли быть использованы для последующих процессов с минимальными преобразованиями.

3) Переход к безбумажной организации процессов и применение новых моделей их организации. В настоящее время основной формой представления результатов интеллектуальной деятельности является бумажный документ, который в таком виде разрабатывается, контролируется, согласовывается и утверждается. Очень часто, даже при использовании компьютерных систем, конечный результат интеллектуальной деятельности формируется в виде бумажного документа, а на последующих стадиях снова преобразовывается в электронный вид. Количество циклов преобразования и трудоемкость достаточно велики. Поэтому переход от бумажного документооборота к электронному позволяет многократно ускорить доставку документов нужным лицам, обеспечить параллельность обсуждения, контроля и утверждения результатов работы, существенно сократить длительность процессов.

Из этих аспектов можно выделить конкретные факторы, непосредственно влияющие на экономические показатели производства, применяющего ИПИ-технологии:

- сокращение затрат и трудоемкости процессов технической подготовки и освоения производства новых изделий;
- сокращение календарных сроков вывода новых конкурентоспособных изделий на рынок;
- сокращение доли брака и затрат, связанных с внесением изменений в конструкцию;
- увеличение объемов продаж изделий, снабженных ЭТД (в частности, эксплуатационной), в соответствии с требованиями международных стандартов;
- сокращение затрат на эксплуатацию, обслуживание и ремонт изделий (затрат на владение), которые для сложной наукоемкой продукции подчас равны или даже превышают затраты на ее закупку.

Некоторые количественные оценки эффективности внедрения ИПИ (CALS)-технологий в промышленности США приводятся на сайте <http://www.ilt.com/CALS/ISCALS>:

- прямое сокращение затрат на проектирование на 10% ... 30%;
- сокращение времени вывода новых изделий на рынок на 25% ... 75%;
- сокращение доли брака и объема конструктивных изменений на 23% ... 73%.

Данные, приведенные на сайте <http://www.ac-incorp.com>:

- сокращение затрат на подготовку технической документации до 40%;
- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации до 30%;
- сокращение времени разработки изделий на 40% ... 60% .

3.2. ОПЫТ ВЫПОЛНЕНИЯ КРУПНЫХ МИРОВЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Поскольку США были инициатором создания и развития идеологии и методологии *CALS*, то естественно, что именно в этой стране к настоящему времени накоплен наибольший опыт практического использования *CALS*-технологий. Краткие сведения о некоторых проектах приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Мировые проекты с использованием *CALS*-технологий

Организации, применяющие <i>CALS</i>	Область применения	Потребности	Процессы	Результаты
1	2	3	4	5
Авиационная промышленность				
<i>Airbus</i>	Виртуальная система снабжения	Параллельная обработка данных	Проектирование и технологическая подготовка производства	Конкурентоспособная продукция
<i>American Airlines</i>	Эксплуатация самолетов	Управление конфигурацией. Организация эксплуатации в мировом масштабе	Применение стратегии <i>CALS</i> к процессам и операциям эксплуатации самолетов	Повышение уровня автоматизации и сокращение количества бумажных документов. Снижение затрат на эксплуатацию
<i>Boeing</i>	Виртуальное предприятие «777»	Внедрение <i>CALS</i> на всем жизненном цикле продукции	Интеграция процессов разработки и изготовления изделия	Совершенствование характеристик изделия
<i>General Motors</i>	Расширенное (виртуальное) предприятие C4, автоматизация офиса и завода	Стратегия интеграции	Интеграция процессов разработки и изготовления изделий	Стандартные средства обмена данными между участниками предприятия <i>GM</i> . Набор стандартов для поставщиков <i>GM</i>

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
<i>Rolls Royce</i>	Двигатели	Параллельные разработки	Интеграция процессов разработки и изготовления изделия	Снижение затрат и повышение качества
<i>United Airlines</i>	Обслуживание самолетов	Применение <i>CALS</i> для стандартизации и рационализации процессов обслуживания	ИЭТР. Совершенствование управления центральным хранилищем данных	Существенные усовершенствования и сокращение затрат на 30%
Автомобильная промышленность				
<i>John Deere</i>	Интеграция предприятия	Применение <i>CALS</i> к созданию автоматизированной среды предприятия	Объединение «островков автоматизации»	Расширение рынков сбыта. Параллельная работа с фирмой <i>Caterpillar</i>
<i>Land Rover</i>	Параллельные разработки	Применение <i>CALS</i> для повышения качества продукции	Интеграция процессов разработки и изготовления изделия	Глобальное расширение рынков сбыта
Телекоммуникации				
<i>AT&T</i>	Проект обеспечения информационной безопасности	Решение проблем защиты данных для всех промышленных пользователей	Архитектура систем и оборудование для безопасной передачи данных	Приложения протестированы и используются в секретных программах. Возможно коммерческое использование
Энергетика				
<i>Electric Power Research Institute</i>	Изучение национальной информационной инфраструктуры с точки зрения электронной коммерции	Внутренние документы, определяющие требования к оформлению и управлению файлами данных	Интеграция проектной деятельности. Обмен данными между участниками проектов	Стадия НИР
Государственные организации				
<i>НАСА</i>	Центр управления космическими полетами <i>Marshall</i>	Закупки	Закупки в режиме <i>On-line</i> . Планы интеграции процессов электронного обмена данными на основе <i>CALS</i>	В стадии разработки

Данные табл. 3.1 не претендуют на полноту, однако довольно точно отображают тенденции и направления внедрения *CALS*-технологий в различных отраслях промышленности и в военном деле.

Из табл. 3.1 видно, что наибольшее число проектов реализовано в аэрокосмической промышленности США. Хотя в настоящее время имеются сведения о росте числа проектов и в других отраслях, однако лидирующее положение аэрокосмической промышленности сохраняется. Табл. 3.1 позволяет также выявить основные направления разработок, к числу которых относятся:

- информационная интеграция процессов проектирования и изготовления изделий в рамках как традиционных, так и виртуальных предприятий;
- электронный обмен данными и параллельное проектирование;
- создание технической документации в безбумажной форме;
- управление данными об изделии;
- управление закупками и поставками с использованием электронного обмена данными между поставщиком и потребителем;
- информационная поддержка процессов эксплуатации и обслуживания техники (включая обучение персонала, новые формы заказа запчастей) на основе использования ИЭТР;
- создание безбумажных систем и процессов управления качеством;
- интегрированное информационно-техническое обслуживание заказчика (преимущественно госзаказчика);
- обеспечение информационной безопасности в процессах обмена данными.

Эти направления вполне корреспондируются с общими принципами и инвариантными понятиями, сформулированными выше.

Характерным примером международного отраслевого проекта является проект *POSC/Caesar*, начатый в 1993 г. Цель проекта являлось вне-

дрение *CALS*-технологий в нефтегазовой промышленности, в том числе разработка модели данных о нефтегазовом оборудовании для информационной поддержки этапов ввода его в эксплуатацию, собственно эксплуатации и ремонта. В 1997 г. была создана одноименная международная ассоциация участников этого проекта. Один из основных методических принципов проекта – создание международной нормативной базы. Реализация этого принципа привела к созданию в процессе работы над проектом ряда международных стандартов, например, стандарта *ISO 15926 OIL & GAS*, особенностью которого является ориентация не на обмен данными, а на их использование в режиме разделенного доступа. Стандарт *ISO 15926* использует в качестве информационных объектов обобщенные и интегрированные ресурсы, а для описания модели данных – язык *EXPRESS*. Эти компоненты являются составными частями стандарта *ISO 10303 (STEP)*.

Примеры конкретных разработок в рамках проекта:

- информационная модель системы переработки нефти, описанная на языке *EXPRESS* (описаны конструктивные элементы, материалы, и т.д.);
- информационная модель системы очистки воды от газонефтяной смеси (описание трубопроводов и агрегатов).

Участниками проекта – членами ассоциации стали компании: *BNFL, BP Amoco, Conoco, Foster Wheeler Energy, Shell, Det Norske Veritas, FMC Kongsberg Subsea, Intergraph, Norsk Hydro, Oracle, Statoil, ABB, Akzo Nobel* и другие.

Следует также отметить проект *PLCS (Product Life-cycle Support)* в рамках которого разрабатывалась модель данных (на основе стандарта *STEP*), призванная обеспечить информационную поддержку процессов в ходе всего жизненного цикла продукта.

Участниками проекта являются компании и организации: *Airbus Industrie, The Boeing Company, The Baan Company, BAE SYSTEMS, The Finnish Defence Forces (FDF), Lockheed Martin Government Electronic Systems,*

LSC Group Ltd., Norwegian Defence & DNV, PTC, Rolls-Royce (PLC), Saab Aerospace, U.K. Ministry of Defence (MoD), United States Department of Defense (DoD).

3.3. ИПИ-ПРОЕКТЫ В РОССИИ

Как показывает международный и отечественный опыт, наиболее эффективной формой внедрения ИПИ-технологий являются так называемые пилотные проекты, в ходе выполнения которых отрабатываются методические, организационные, программно-технические и нормативные аспекты проблемы. Именно через пилотные проекты реализуются задания отраслевых и региональных программ по внедрению ИПИ-технологий.

В качестве примера приведем пилотный проект по разработке и апробации нормативной базы и программно-технических средств, обеспечивающих применение на конверсируемых предприятиях ИПИ-технологий при разработке и производстве оборудования для ТЭК на Воронежском механическом заводе.

Внедрение ИПИ на машиностроительном предприятии вообще и на предприятии такого масштаба и народнохозяйственной значимости, как Воронежский механический завод (ВМЗ), требует больших усилий со стороны разработчиков и персонала предприятия, а также весьма существенных материальных, трудовых, временных затрат и, как следствие, финансовых ресурсов. В этой связи конкретизированы цели проекта, а также задачи, решение которых позволит их достичь.

Генеральная цель внедрения ИПИ-технологий: добиться повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия за счет существенного сокращения сроков освоения производства новых изделий, улучшения качества этих изделий и технической (в т. ч. эксплуатационной и ремонтной) документации, представляемой в электронном виде, обеспече-

ния высокого уровня сервиса и логистической поддержки на постпроизводственных стадиях жизненного цикла.

По достижении этой цели предприятие сможет занять достойное место на рынке наукоемкой высокотехнологичной продукции в полном соответствии с современными требованиями, предъявляемыми потенциальными потребителями, в особенности зарубежными.

Учитывая ограниченность ресурсов и отсутствие опыта реализации полномасштабных проектов такой сложности, можно утверждать, что сформулированная генеральная цель может быть достигнута посредством поэтапной реализации локальных, частных целей, логически и методически подчиненных генеральной. В этой связи конкретные цели проекта как разработки первой очереди сформулированы следующим образом:

1) Отработка технологии создания и внедрения интегрированной информационной среды предприятия, реализующей электронное безбумажное взаимодействие в ходе выполнения процессов конструкторской разработки, технологической подготовки производства, материально-технического обеспечения и управления качеством продукции на основе использования электронного обмена данными и ЭЦП (на примере изделий, предназначенных для ТЭК).

2) Отработка нормативной и методической базы, регламентирующей электронный обмен данными и применение ЭЦП.

Выбор этих целей в качестве первоочередных продиктован следующими соображениями:

– в результате выполнения проекта должны быть созданы программно-технические средства, решающие на новых методических принципах конкретные производственные задачи и приносящие предприятию реальную пользу;

– должно быть создано ядро ИИС;

- первоначальное наполнение ИИС должно относиться к ограниченному числу бизнес-процессов предприятия и к ограниченному числу не слишком сложных изделий, информация об устройстве и технологии изготовления которых не составляет государственной тайны;

- должны быть отработаны технологии и методики создания и внедрения ИИС и основанных на ее использовании безбумажных процессов документального и информационного оборота, обеспечивающие дальнейшее развитие ИПИ-технологий на ВМЗ, а также создание и применение аналогичных информационных систем и технологий на других предприятиях;

- недостаточность нормативно-технических документов, регламентирующих применение ЭЦП, является серьезным препятствием на пути внедрения современных информационных технологий на производстве; это препятствие должно быть хотя бы частично устранено в результате выполнения проекта.

Для достижения сформулированных выше целей в ходе выполнения проекта необходимо решить ряд научно-технических задач, т. е. провести работы, объединенные в следующие группы:

- подготовительные работы;
- научно-исследовательские работы;
- проектные работы;
- разработка нормативно-технических документов;
- апробация и ввод в действие технических и программных решений, принятых в результате научно-исследовательских и проектных работ.

Подготовительные работы включают в себя комплекс организационно-технических мероприятий, необходимых для осуществления проекта, в том числе:

- формирование рабочей группы, осуществляющей проект;

- наделение руководителей проекта и участников рабочей группы необходимыми для осуществления проекта полномочиями;
- обучение участников рабочей группы специальным методам, необходимым для выполнения проекта;
- обучение персонала предприятия приемам работы с программно-техническими средствами, которые будут установлены на предприятии в результате выполнения проекта;
- приобретение технических и программных средств общего применения, необходимых для реализации проекта;
- разработка уточненных планов выполнения проекта в целом и его отдельных этапов.

Научно-исследовательские работы (НИР):

- анализ существующих процессов конструкторской и технологической подготовки производства, материально-технического обеспечения и управления качеством продукции предприятия с целью конкретизации состава прикладных задач и структуры данных, подлежащих отображению в ИИС;
- анализ процессов конструкторской подготовки производства для оценки источников, объемов и форм представления конструкторских данных в системе *PDM*;
- анализ процессов технологической подготовки производства, определение источников, объемов и форм представления технологической информации, подлежащей хранению в ИИС;
- анализ процессов материально-технического обеспечения, определение источников, объемов и форм представления информации для хранения в ИИС;
- анализ процессов логистической поддержки на постпроизводственных стадиях ЖЦ продукции, определение потребности в интерактив-

ных электронных руководствах по эксплуатации и ремонту продукции, формулирование требований к ним;

- анализ процессов обеспечения качества продукции и определение требований к информационной поддержке системы управления качеством в соответствии с международными стандартами *ISO 9000:2000*;

- исследование возможностей и способов взаимодействия системы *PDM* со средствами ЭЦП;

- разработка ФМ перечисленных выше процессов, отражающих их совершенствование на основе применения ИИС и *CALS*-технологий.

В проекте в качестве основного средства анализа бизнес-процессов (инвариантное понятие) предприятия используется методология *IDEF0*, основанная на подходе *SADT (Structured Analysis & Design Technique)* – методе структурного анализа и проектирования [19]. Основу этого подхода и методологии *IDEF0* составляет графический язык описания (моделирования) процессов. Этот выбор продиктован еще и тем, что в стандартах серии *ISO 10303 (STEP)*, в тех ее частях, которые именуются протоколами применения и регламентируют правила информационного обмена в процессах технической подготовки производства, модели на графическом языке *IDEF0* используются для описания предметных областей.

В качестве базового программного средства для создания ИИС на ВМЗ предполагается использовать разработанную в НИЦ *CALS*-технологий «Прикладная Логистика» систему *PDM STEP Suite (PSS)*. Предстоит отработка информационного взаимодействия системы *PSS* с действующей на ВМЗ автоматизированной системой управления производством (АСУП). В частности, крайне важна проблема переноса данных об изделиях, находящихся в производстве, из базы данных АСУП в *PSS*.

Комплекс НИР завершается разработкой технических заданий (ТЗ) на создание ИИС.

В соответствии с ТЗ выполняются проектные работы:

- разработка подробной структуры и состава ИИС;
- разработка технорабочего проекта комплекса технических средств, поддерживающих функционирование ИИС;
- разработка специализированных и доработка имеющихся программных средств, обеспечивающих функционирование ИИС совместно со средствами конструкторских и технологических САПР, отдельных подсистем АСУП и ЭЦП;
- подготовка комплекта эксплуатационной документации на все программные и технические средства, обеспечивающие функционирование ИИС;
- разработка методики и программы испытаний;
- прочие проектные работы, необходимость которых будет выявлена в процессе выполнения НИР.

Разработка нормативно-технических документов (НТД) проводится параллельно с проектными и (частично) научно-исследовательскими работами.

Перечень НТД, подлежащих разработке, формируется на стадии подготовительных работ и уточняется в ходе НИР.

Апробация и ввод в действие технических и программных решений, принятых в результате НИР и проектных работ предполагают:

- монтаж и наладку технических средств, поддерживающих функционирование ИИС (компьютеров, локальных вычислительных сетей – ЛВС и т. д.);
- инсталляцию приобретенных и разработанных программных средств;
- обучение персонала;
- формирование (настройку) и заполнение баз данных;
- отработку тестовых примеров, выявление и устранение недостатков и замечаний;

- опытную эксплуатацию системы в рабочем режиме;
- подготовку итогового отчета о результатах опытной эксплуатации;
- доработку системы по результатам опытной эксплуатации.

В результате внедрения пилотного проекта на ВМЗ выполнен анализ существующих процессов конструкторской и технологической подготовки производства (КТПП) изделий ТЭК. По результатам анализа разработана и утверждена комплексная программа развития информационной системы завода для построения сквозного цикла: конструирование – технологическая подготовка производства – материально-техническое снабжение производства, основанного на безбумажной технологии и использовании ЭЦП. При выполнении программы проведены следующие мероприятия:

- организована рабочая группа из специалистов завода, в том числе специалистов службы качества; группа обучена методам анализа и реинжиниринга процессов предприятия и в состоянии самостоятельно решать задачи анализа процессов функциональных подразделений и завода в целом;
- проведено обучение специалистов завода (конструкторов, технологов и специалистов по ИТ) принципам разработки конструкторской и технологической документации в электронном виде;
- проведено обучение этих специалистов методам организации хранения и управления конструкторскими данными в электронном виде на основе применения программных продуктов класса *PDM* отечественной разработки;
- проводится опытная эксплуатация программных продуктов класса *PDM* отечественной разработки;
- проводится перевод имеющихся бумажных конструкторских и технологических документов в электронный вид.

Одним из примеров реализации ИПИ-проекта является создание ИИС предприятия на НПП «Аэросила» (г. Ступино).

Цель проекта – создание интегрированной информационной среды предприятия. Для достижения цели разрабатываются и адаптируются методические и программные средства, обеспечивающие взаимодействие подразделений предприятия в рамках единого информационного пространства. В процессе реализации проекта разрабатывается модель информационного взаимодействия участников процесса КТПП с системой хранения и управления информацией об изделии – *PDM STEP Suite*, которая адаптируется для обеспечения взаимодействия автоматизированных систем, используемых на предприятии на этапе КТПП, в соответствии с разработанной схемой интегрированного информационного пространства. В настоящее время проект успешно внедрен и действует на НПП «Аэросила».

Еще одним российским ИПИ-проектом является создание системы информационной поддержки ЖЦ изделия в АНТК «Туполев» (г. Москва). Цель проекта – системное и комплексное применение информационных технологий на основе анализа бизнес-процессов и с учетом международных стандартов по информационной поддержке ЖЦ авиационной техники, что позволит конструкторским бюро и заводам авиационной промышленности интегрироваться в мировой процесс создания авиационной техники. Основные направления работ в рамках проекта:

- развитие работ в направлении формирования виртуального предприятия;
- переход от «лоскутной» информатизации к комплексной;
- развитие работ по созданию сложных информационных систем, охватывающих все бизнес-процессы предприятия;
- создание корпоративной нормативной базы;

- формирование структур и информационных технологий управления проектами;
- внедрение полного электронного описания изделия (ПЭОИ) и параллельного инжиниринга;
- информационная интеграция процессов проектирования и производства;
- развитие работ по информационной поддержке послепродажного обслуживания.

В ходе внедрения проекта АНТК «Туполев» совместно с Казанским авиационным производственным объединением (КАПО) им. С. П. Горбунова получили следующие результаты, относящиеся к проекту самолета ТУ-324:

- спроектирована и развернута информационная инфраструктура объединения (сети и т. д.);
- произведен анализ решаемых задач, по его результатам закуплена техника и лицензионное программное обеспечение;
- создан и впервые в Российской Федерации защищен на макетной комиссии электронный макет силовой установки;
- проведены активные работы по созданию единой БД проекта под управлением *PDM*-системы. Введено на сервер «дерево» изделия с соответствующими электронными определениями компонентов;
- разработана и передана на КАПО мастер-геометрия самолета ТУ-324 с основными силовыми элементами, что позволило вплотную подойти к бесплазовой увязке конструкции самолета;
- создан рабочий орган из специалистов двух предприятий и принято решение о том, что мастер-геометрия является первоисточником геометрической информации;
- проведены активные работы по созданию единой БД по результатам фактической эксплуатации самолетов;

– утверждены проекты стандартов объединения по поддержанию летной годности, изначально ориентированные на применение информационных технологий: «Принципы управления конструкторской документацией семейств самолетов»; «Порядок получения и обработки информации об отказах, неисправностях и летных происшествиях при эксплуатации воздушных судов ТУ»; «Порядок внесения изменений в типовую конструкцию гражданских воздушных судов ТУ»;

– на основе электронных моделей составных частей самолета технологические службы КАПО разрабатывают оснастку, технологические модели, создают программы для станков с ЧПУ, решают другие вопросы подготовки производства и управления предприятием; ведутся активные работы по пуску в производство клепальных автоматов;

– службы маркетинга и технической информации подключены к глобальной сети Интернет.

Одним из примеров внедрения технологий интегрированной логистической поддержки для самолетов марки «Су» является ОКБ «Сухого».

ОКБ «Сухого» – признанный лидер промышленности России в области проектирования самолетов фронтовой авиации. Самолеты марки «Су» получили заслуженное признание на мировых рынках вооружений и военной техники, а география поставок этих машин насчитывает десятки стран.

ОКБ «Сухого» было одним из первых российских предприятий, предпринявших шаги по переходу к современным технологиям послепродажного обслуживания своей техники на основе новейших международных стандартов. В качестве нормативной базы для решения задач подготовки эксплуатационной документации в ОКБ «Сухого» был выбран современный стандарт *ASD S1000D*, в качестве технологической платформы – программный комплекс *Technical Guide Builder*, а в качестве консалтинговой организации – НИЦ *CALS*-технологий «Прикладная логистика».

Начиная с 2004 г. специалистами ОКБ «Сухого», при участии НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», была разработана и передана заказчикам эксплуатационная документация на самолеты типов Су-30МКИ, Су-30МКА, Су-30МКИ(А), Су-35. В 2007 г. зарубежному заказчику (Венесуэла, Су-30МК2) впервые была поставлена эксплуатационная документация в форме интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР). В качестве программно-технических средств создания и применения ИЭТР был использован комплекс *Technical Guide Builder*. Обучение специалистов иностранного заказчика и сопровождение поставленных руководств в части программных средств проведено специалистами НИЦ CALS-технологий.

При существующем уровне сложности изделий создание качественной эксплуатационной документации невозможно без тесной кооперации головного КБ с предприятиями-разработчиками комплектующих изделий. Поэтому в 2008 г. ОКБ «Сухого» рекомендовало своим поставщикам применение стандарта *S1000D* в совместных проектах. Более половины поставщиков ОКБ «Сухого» в качестве программного средства для подготовки эксплуатационной документации выбрали комплекс *Technical Guide Builder*, а в качестве партнера – НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». Несмотря на достигнутые успехи, специалисты ОКБ «Сухого» продолжают последовательно внедрять технологии ИЛП в повседневную деятельность предприятия. В новых проектах специалисты ОКБ активно применяют технологии анализа логистической поддержки (АЛП). В качестве программно-технической платформы для решения задач АЛП применяется комплекс *LSA Suite*, разработанный специалистами НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика».

ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» одним из первых оценило возможности применения новых для российской промышленности технологий анализа логистической поддержки (АЛП) в проекте самолета SSJ-

100. Необходимо отметить, что проект *SSJ-100* – это первый российский гражданский самолет, полностью спроектированный в цифровой среде, с широким использованием технологий *CAD* и *PDM*. В связи с чем в ходе работ по проведению АЛП и формированию баз данных АЛП был не только накоплен опыт выполнения подобных работ, но и практически решены вопросы информационной интеграции программных средств АЛП (*LSA Step Suite* разработки НИЦ *CALS*) с используемой в ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» *PDM*–системы *Team Center Engineering*, программными системами анализа надежности *RAM Commander (ALD)*, выбранными средствами подготовки эксплуатационной документации *DocTec*, фирмы *Sogitec*.

Сформированная в результате выполненных работ база данных АЛП содержит электронное описание логистических структур самолета, функциональных отказов, результаты работ по планированию технического обслуживания, данные о запасных частях и расходных материалах. В дальнейшем, база данных АЛП будет актуализироваться на основе накапливаемого опыта эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены такие перспективные направления развития компьютерных технологий и промышленных систем как *CALS/ИПИИ*-технологии, виртуальная инженерия и виртуальные предприятия.

Современное машиностроение развивается в направлении полного перевода на компьютерные технологии всех этапов жизненного цикла изделий. Многочисленные примеры использования *CALS/ИПИИ*-технологий и начинающийся появляться отечественный опыт показывают, что при профессиональном и научно обоснованном подходе к реализации этой концепции возможно существенно сократить время на разработку новых изделий, обеспечить ускоренное внедрение инноваций, одновременно повысив качество и конкурентоспособность продукции.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боровков, А. И.* Компьютерный инжиниринг. Аналитический обзор: учеб. пособие / А. И. Боровков и др. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.
2. ГОСТ Р 53392 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения. Национальный стандарт Российской Федерации – М.: Стандартинформ, 2010. – 21 с.
3. ГОСТ Р 53393 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения. Национальный стандарт Российской Федерации – М.: Стандартинформ, 2010. – 17 с.
4. ГОСТ Р 53394 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. Национальный стандарт Российской Федерации – М.: 2010. – 28 с.
5. *Гринберг, П.* CRM со скоростью света / П. Гринберг. – СПб.: Символ Плюс, 2007. – 528 с.
6. *Загидуллин, Р. Р.* Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP / Р. Р. Загидуллин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 372 с.
7. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения. Принципы, системы и технологии CALS/ИПИ / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. – М.: Академия, 2007. – 304 с.
8. Компьютерно-интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Б. И. Черпакова. – М.: ГУП ВИМИ, 1999. – 512 с.
9. *Малюх, В. Н.* Введение в современные САПР: курс лекций / В. Н. Малюх. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
10. *Никифоров, А. Д.* Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении / А. Д. Никифоров, А. В. Бакиев. – М.: Абрис, 2011. – 688 с.

11. *Норенков, И. П.* Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 320 с.
12. Р 50.1.031-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Ч. 1. Стадии жизненного цикла продукции.
13. *Сережин, С. В.* Организация интегрированной логистической поддержки сложных изделий в российских условиях / С. В. Сережин // Системы управления бизнес-процессами: электронный журнал, выпуск 12. – М., 2014.
14. *Скворцов, А. В.* Автоматизация управления жизненным циклом продукции: учеб. / А. В. Скворцов, А. Г. Схиртладзе, Д. А. Чмырь. – М.: Академия, 2013. – 320 с.
15. Структурное моделирование в CALS-технологиях / В. В. Павлов. – М.: Наука, 2006. – 307 с.
16. *Судов, Е. В.* Интегрированная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели / Е. В. Судов. – М.: Издат. дом MBM, 2003. – 264 с.
17. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е. В. Судов, А. И. Левин, А. В. Петров, Е. В. Чубарова – М.: ООО «Издательский дом ИнформБюро», 2006. – 232 с.
18. Управление жизненным циклом продукции / А. Ф. Колчин, М. В. Овсянников, А. Ф. Стрекалов, С. В. Сумароков под. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
19. *Черемных, С. В.* Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии / С. В. Черемных, И. О. Семенов, В. С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.

20. *S3000L. International procedure specification for logistics support analysis.* Международная спецификация по анализу логистической поддержки.

30. *Def Stan 00-60. Integrated Logistic Support.* Интегрированная логистическая поддержка.

31. <http://www.ac-incorp.com>

32. <http://www.cals.ru>

33. <http://www.ilt.com/CALS/ISCALS>

Учебное издание

Юрий Павлович Сердобинцев
Светлана Геннадиевна Поступаева

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ
ПОДДЕРЖКА ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПАХ
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ**

Учебное пособие

Редактор Н. Н. Кваша
Темплан 2015 г. (учебники и учебные пособия) Поз. № .

Подписано в печать 2015. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ .

Волгоградский государственный технический университет.
400005, Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 1.

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.
400005, Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 7.