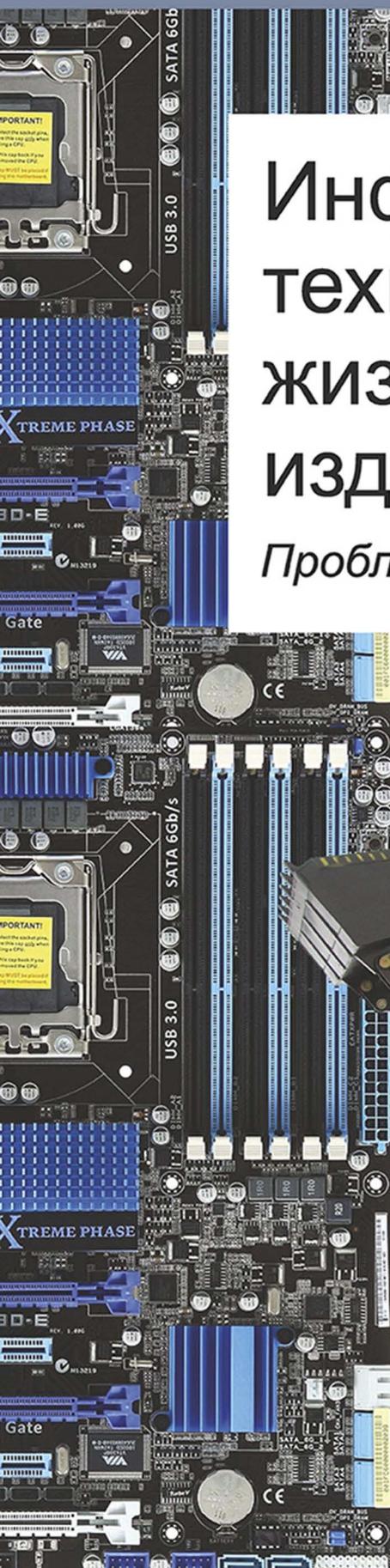




# Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения

*Проблемы и решения*



УДК 621:658.512:004.9

**Информационные** технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: проблемы и решения / Л. В. Губич [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 286 с. ISBN 978-985-08-1243-8.

Монография посвящена вопросам освоения на предприятиях машиностроения информационной технологии поддержки жизненного цикла продукции (CALS-технологии). Рассмотрены закономерности процессов проектирования в машиностроении, моделирования конструкций, взаимодействия специалистов разных профилей при решении проектных и технических задач в интегрированной информационной среде предприятия. Даны примеры практической реализации приведенных теоретических положений в условиях РУП «Минский тракторный завод».

Книга предназначена для специалистов информационных служб машиностроительных предприятий, а также для студентов и аспирантов, изучающих различные аспекты внедрения информационных технологий в промышленности.

Табл. 18, ил. 183, библи. 243 назв.

**А в т о р ы:**

Л. В. Губич, И. В. Емельянович, Н. И. Петкевич, Д. Л. Васильев, Н. П. Муха,  
И. И. Шибут, А. О. Алферчик, Е. П. Кукареко, А. В. Заблоцкий, В. А. Зубович

**Н а у ч н ы й р е д а к т о р**

академик, доктор технических наук С. В. Абламейко

**Р е ц е н з е н т ы:**

доктор физико-математических наук М. Я. Ковалев,  
кандидат технических наук Б. А. Железко

**ISBN 978-985-08-1243-8**

© Объединенный институт проблем информатики  
НАН Беларуси, 2010

© Оформление. РУП «Издательский дом  
«Беларуская навука», 2010

## **ВВЕДЕНИЕ**

Бурное развитие информационных технологий, обеспечив появлению новых возможностей для развития производства и конкуренции производителей, фундаментально изменило природу взаимоотношений между субъектами экономики, а значит, и характер экономического и социального развития государств. Сегодня производство и переработка информации ставятся на промышленную основу, резко повышая производительность интеллектуального труда.

В ближайшее время уровень развития информационного общества будет определяться не только объемом информационных ресурсов, но и интенсивностью их использования в соответствии с потребностями различных отраслей экономики и общества в целом.

Информатизация производственной деятельности предприятий должна быть стратегическим направлением их развития, так как именно в промышленности рождается основная прибавочная стоимость, что определяет в целом экономический рост страны. Во всех промышленно развитых странах вопросы применения информационных технологий в организации производственной деятельности предприятий относятся к сфере государственных интересов и им уделяется большое внимание. Целью государственной политики в сфере информатизации промышленных предприятий является создание органами государственной власти необходимых правовых, экономических, организационных и других условий, обеспечивающих их инновационное развитие на основе современных информационных технологий.

В конце 90-х гг. XX в. в России был принят ряд правительственных мер, направленных на создание предпосылок для внедрения информационных технологий поддержки ЖЦ изделий на промышленных предприятиях. В Беларуси в этом направлении также были предприняты определенные шаги. Так, в течение 2001–2005 гг. по заказу Министерства промышленности была реализована отраслевая научно-техническая программа (ОНТП) «Компьютерные технологии проектирования и производства новой продукции». В 2005 г. была утверждена Государственная научно-техническая программа «Разработать и внедрить в промышленности технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на 2005–2010 гг.» (ГНТП «CALS-технологии»), в подготовке и реализации которой принимали и принимают участие РУП «Минский тракторный завод» (МТЗ), ОАО «Горизонт», Белорусский автомобильный завод (БелАЗ), Объединенный институт проблем информатики (ОИПИ) НАН Беларуси, БГУ и др.

Развитие каждого белорусского предприятия должно строиться на инновационной основе, на которую влияют как внешние факторы, находящиеся вне компетенции руководства предприятия, так и собственные усилия, которые могут быть направлены на решение целого ряда задач, а именно:

модернизацию на инновационной основе действующего производства путем компьютеризации основных производственных процессов;

создание новых современных производств с высоким уровнем компьютеризации технологических процессов;

внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий, одной из которых является электронное управление ресурсами предприятия;

повышение производительности труда прежде всего в инженерной сфере для постоянного обновления номенклатуры выпускаемых изделий и ускоренного запуска их в производство, что можно реализовать только с применением информационных технологий;

сокращение цикла подготовки производства и повышение ее качества на основе современных информационных технологий проектирования и инженерного анализа технологических процессов и технологической оснастки, включая изготовление последней в инструментальном производстве на современном компьютеризированном оборудовании.

Все перечисленные направления самым тесным образом связаны и переплетены с решением задач информатизации всех сфер деятельности предприятия.

Сегодня все более очевидным становится факт, что информация (как в широком понимании, так и в более узком – промышленная информация) является сверхмощным ресурсом, который, однако, требует грамотного и профессионального обращения. Информационный потенциал возникает и начинает работать, когда произошло понимание сути явлений, установлены причины и следствия происходящих событий. Это позволяет полученные знания преобразовать в сведения и данные, которые можно классифицировать, анализировать, формализовать, а затем синтезировать и моделировать возможные варианты действий и принятия решения. Только после получения результатов такой работы можно будет сказать, что информационный ресурс начал работать и с его помощью можно консолидировать усилия, тиражировать передовые достижения, ускорять движение вперед отечественной промышленности.

Для обеспечения конкурентоспособности белорусской продукции при ее проектировании и производстве необходимо использовать базовые программно-технические платформы мирового уровня, которыми пользуются флагманы мировой индустрии в соответствующих отраслях. Однако применение этих средств на отечественных предприятиях и их внедрение в производственные процессы порождают множество вопросов, связанных с различиями между белорусскими и западными предприятиями в организации производства, подготовке кадров, документообороте и пр.

Разработки по ГНТП «CALS-технологии», выполненные в 2005–2008 гг. в рамках пилотных проектов на МТЗ, БелАЗ, РУП «Витязь», создали в совокупности методический, организационный, информационный и программный базис по поддержке процессов ЖЦ продукции, выпускаемой на этих предприятиях. Это позволило сформировать вторую очередь заданий по этим предприятиям в рамках ГНТП «CALS-технологии» на 2009–2010 гг., а также начать подготовку следующей государственной научно-технической программы на 2011–2015 гг. по освоению **CALS-ERP-технологий в производственной деятельности предприятий** Министерства промышленности Республики Беларусь.

Цель публикации данной книги – обобщить результаты выполнения проекта по внедрению CALS-технологии на МТЗ, а также ряда других проектов по информационным технологиям, в которых участвовали авторы.

Научная значимость представленных результатов заключается в том, что сделана попытка дать системное описание проблем и решений перехода от традиционных последовательных процессов проектирования и запуска в производство новых видов продукции, опирающихся в основном на эмпирические методы, опыт и знания специалистов и нормативную базу, регламентирующую ручную чертежную технологию проектирования, к организации на предприятии сквозных процессов проектирования, подготовки производства, управления производством продукции, ее сбытом и эксплуатацией.

Данная работа адресована как новым поколениям исследователей в области промышленной информатики, так и практикам, внедряющим компьютерные технологии на машиностроительных предприятиях. При написании данной книги ее авторы стремились сделать материал полезным в обучении будущих инженеров, чтобы молодые специалисты не только осваивали опыт предыдущих поколений, но и несли новые знания и технологии на предприятия.

В первой главе изложены общие вопросы организации информационной технологии поддержки ЖЦ изделия, которые определили направления исследований и круг проблем, рассматриваемых в данной книге. Проводимые исследования позволили выявить закономерности процессов проектирования в машиностроении, моделирования конструкций, взаимодействия специалистов разных профилей при решении проектных и технических задач в ИИС предприятия.

Во второй главе проведен анализ чертежной технологии проектирования и организации производства на ее основе. Выводы проведенного анализа позволили выявить проблемы перехода к компьютерным технологиям создания образцов новых изделий. Дается краткое описание базовой осно-

вы компьютерной технологии проектирования – универсальных CAD/CAM/CAE-систем. Обосновываются и описываются концептуальные положения моделирования процессов и объектов проектирования в автоматизированных системах.

Третья глава посвящена примеру практической реализации приведенных теоретических положений информационной технологии поддержки ЖЦ продукции в условиях МТЗ в течении 2005–2009 гг. Полученные результаты носят общий характер и отражают основные аспекты организации производства новой продукции на базе CALS-технологий применительно к условиям отечественных предприятий.

Представленные результаты – коллективная работа многих специалистов нескольких предприятий, участвовавших в реализации проектов, которые упоминаются в данной книге. Прежде всего авторы благодарны безвременному Владимиру Ивановичу Махначу, доктору технических наук, научному руководителю ГНТП «CALS-технологии». **Во многом благодаря его усилиям была разработана концепция этой программы и начаты работы над ее проектами.**

Практические успехи в реализации проекта «CALS–МТЗ» были бы невозможны без поддержки и постоянного внимания к информационным технологиям со стороны руководства РУП «МТЗ» – технических директоров Леонида Николаевича Крупца и Игоря Вячеславовича Емельяновича.

Главным условием успешной реализации данного проекта является совместное решение поставленных задач специалистами МТЗ, ОИПИ НАН Беларуси, Центра информационных ресурсов и коммуникаций БГУ (разработка портала РУП «МТЗ» и средств интеграции информационных ресурсов на базе интернет-технологий), ЗАО «БелВирТеЛ» (поставка, внедрение и сопровождение программно-аппаратных средств трехмерного проектирования и поддержки ЖЦ) и ИЧУПП «ОмегаСофт» (разработка программных средств управления электронным техническим документооборотом в подготовке производства и производстве, планирование и учет производства, управление качеством).

Проект «CALS–МТЗ» реализован под научным руководством заведующей лабораторией автоматизации процессов проектирования ОИПИ НАН Беларуси Л. В. Губич. Со стороны МТЗ в реализации проекта самое активное участие приняли В. И. Супиченко, А. Г. Стасилевич, В. В. Сурмило, А. И. Усс, А. А. Баркун, А. Н. Лебедев, С. Н. Афанасьев, О. В. Вакулюк, С. П. Петухов, И. Н. Безсонова и многие другие специалисты, без знаний и опыта которых освоить и внедрить в производство новые методы работы было бы невозможно.

Руководителями работ от соисполнителей проекта выступали: технический директор ИЧУПП «ОмегаСофт» Е. П. Кукареко, технический директор ЗАО «БелВирТеЛ» А. В. Заблоцкий, заведующий отделом Центра информационных ресурсов и коммуникаций БГУ В. А. Зубович.

В книге также использованы результаты выполнения задания «Сквозная компьютерная технология проектирования и производства корпусов аудиовидеотехники с использованием принципов CALS-технологий» ОНТП «Компьютерные технологии проектирования и производства новой продукции». Соисполнителем по этому заданию являлся ЧНИУП «Институт цифрового телевидения «Горизонт», ответственным исполнителем был заведующий отделом Н. В. Домбровский.

Над монографией работал коллектив авторов. В подготовке главы 1 принимали участие: разд. 1.1 – Л. В. Губич, Н. И. Петкевич, Д. Л. Васильев, Н. П. Муха; разд. 1.2 – Л. В. Губич, Н. И. Петкевич; разд. 1.3 – Л. В. Губич, Н. П. Муха, Н. И. Петкевич; разд. 1.4 – Л. В. Губич, Н. И. Петкевич; разд. 1.5 – Л. В. Губич, Н. П. Муха; 1.6 – Л. В. Губич, Д. Л. Васильев; разд. 1.7 – Л. В. Губич, И. И. Шибут, В. А. Зубович; разд. 1.8, 1.9 – Л. В. Губич, Н. И. Петкевич, Д. Л. Васильев, Н. П. Муха. Раздел 2.1–2.3 главы 2 написаны Л. В. Губич, Н. И. Петкевич, Д. Л. Васильевым и Н. П. Мухой; разд. 2.4 – Н. И. Петкевич и Д. Л. Васильевым; разд. 2.5 – Д. Л. Васильевым; разд. 2.6 – Н. И. Петкевич и А. О. Алферчиком; разд. 2.7 – Н. И. Петкевич и И. И. Шибут; разд. 2.8 – Н. П. Мухой и Е. П. Кукареко; разд. 2.9 – Л. В. Губич, А. В. Заблоцкий и Н. П. Мухой. Глава 3 подготовлена Л. В. Губич, И. В. Емельяновичем, Н. И. Петкевич, Д. Л. Васильевым, Н. П. Мухой, А. В. Заблоцкий, Е. П. Кукареко, В. А. Зубовичем. Введение и заключение книги написаны Л. В. Губич.

Выражаем глубокую признательность научному редактору Сергею Владимировичу Абламейко и рецензентам книги – Михаилу Яковлевичу Ковалеву и Борису Александровичу Железко – за полезные советы и замечания, а также Д. И. Свичкареву за помощь в оформлении книги.

## **НАПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Информатизация всех сфер деятельности отечественных промышленных предприятий сегодня не просто актуальная задача, а важнейшая проблема, от успешного решения которой во многом зависит развитие экономики Республики Беларусь. Промышленная информатика, охватывающая прежде всего интеллектуальные процессы инжиниринга и управления производственной деятельностью предприятия, смыкается с инновационными процессами переоснащения производства, освоения новых компьютеризированных технологических процессов, получения новых образцов изделий с более высокими потребительскими свойствами, позволяет в значительной мере решить проблемы ресурсосбережения и мобилизации внутренних ресурсов промышленного потенциала нашей страны. Для предприятий Беларуси данная проблема усложняется противоречием между необходимостью экспорта продукции, конкурентоспособной на мировом рынке, с одной стороны, и отсталостью структуры и формы организации работ в среде технической подготовки производства новой продукции, устаревшими технологиями проектирования изделий, управления производством, изготовления изделий – с другой.

Для обеспечения конкурентоспособности продукции, производимой в Республике Беларусь, необходимо резко повысить требования не только к качеству, но и к оперативности запуска в производство новых изделий для более полного удовлетворения запросов потребителей и расширения рынков сбыта продукции. Стратегическим средством решения этой задачи является внедрение СКТПП новой продукции и ее электронного сопровождения на всех этапах ЖЦ.

Конкурентоспособность предприятия по сравнению с мировыми лидерами в своей отрасли определяется уровнем освоения современных информационных технологий поддержки процессов ЖЦ продукции, включая проектирование новых образцов, запуск их в производство, сбыт и гарантийное обслуживание (в международной терминологии – CALS-технологии [123, 141]), отвечающих требованиям международных стандартов в области систем управления качеством. По данным аналитиков, успешная деятельность мировых фирм машиностроительного комплекса в последние годы определяется прежде всего быстрой разработкой и выпуском на рынок новых продуктов, что обозначается специальным термином NPDI. Таким образом, успех конкретного предприятия в бизнесе зависит от того, насколько быстро оно способно разрабатывать, производить и предлагать рынку новые изделия.

Для представления продукции на внешний рынок необходима электронная документация, разработанная в соответствии с международными стандартами [51, 52], в которой состав и форма представления информации об объекте проектирования весьма отличаются от действующих отечественных стандартов. Такое положение делает чрезвычайно актуальными задачи освоения CALS-технологий на отечественных предприятиях, внедрения принципов и стандартов CALS-технологий в процессы проектирования, ТПП, управления производством и предприятием в целом, сбыта продукции и гарантийного обслуживания [168, 169].

Исходя из стратегических задач развития белорусских предприятий, анализа достигнутого уровня компьютеризации [41, 46, 66, 72, 92] в областях проектирования новых образцов продукции и управления производством, можно обобщить нарастающие тенденции и возникающие при этом противоречия и проблемы, которые потребуют решения в ближайшей перспективе:

для удержания завоеванных позиций на международных рынках предприятия Республики Беларусь должны постоянно ускорять темпы обновления выпускаемой продукции, что приводит к увеличению количества конструкторских и технологических изменений, усложняет управле-

ние проектными работами, увеличивает число ошибок и несогласований в процессе взаимодействия конструкторских и технологических подразделений при действующем на большинстве предприятий бумажном документообороте;

возрастание номенклатуры выпускаемых изделий, модификаций и исполнений под конкретного заказчика приводит к резкому возрастанию объемов КД и ТД, что усложняет управление документацией, затрудняет поиск нужной информации, приводит к потерям накопленного опыта и знаний специалистов, а также усложняет планирование и диспетчирование производства;

применение для решения проектных задач САД-систем привело к возникновению нового вида производственной информации – пространственных геометрических моделей проектируемых изделий, для которых использование, изменение и хранение сегодня не регламентируются действующими стандартами большинства предприятий, что приводит к плохому контролю за первичной конструкторской информацией, повсеместному дублированию проектных данных, несогласованию их представления в различных КД и ТД и в целом к снижению эффективности использования возможностей систем компьютерного проектирования;

поскольку чертеж в бумажной форме по-прежнему является главным производственным документом, по которому происходит согласование, принятие и утверждение производственных решений, затраты времени на печать чертежей по их ЭМ, транспортировку, размножение, восстановление при утрате файлов являются прямыми потерями рабочего времени и средств;

поскольку сегодня тип производства на большинстве предприятий меняется от крупносерийного к серийному и единичному под заказ, бумажный документооборот не может обеспечить доступ заказчика ко всей гамме модификаций выпускаемой продукции и своевременного формирования комплекта конструкторской, производственной и сопроводительной документации под заказ с поддержанием его в актуальном состоянии для гарантийного обслуживания;

расширение международной кооперации требует представления проектных и производственных данных в электронной форме на базе международных стандартов, что диктует соответствующий переход на уже принятые межгосударственные стандарты по электронной модели изделия [157], электронной структуре изделия [158], электронным документам, цифровой подписи при информационном обмене между подразделениями внутри предприятия, однако предприятия отстают от внедрения этих стандартов в свою деятельность;

сертификация системы качества предприятия по новому стандарту СТБ ИСО 9001:2001 [176] требует перехода на новые методы и формы организации производства на основе бизнес-процессов, которые необходимо реорганизовать, документировать и компьютеризировать с помощью средств современных систем автоматизации проектной и производственной деятельности.

Подобные проблемы были характерны для западных предприятий 10–15 лет назад, и тогда же был начат поиск средств для их решения [76, 151]. Сегодня разработчики информационных технологий предлагают решения, которые апробированы как за рубежом, включая российские предприятия, так и на отдельных предприятиях Беларуси. Речь идет, прежде всего, о системах, обеспечивающих управление потоком работ (Workflow-системы) и создающих принципиально новую информационную технологию управления предприятием на основе бизнес-процессов [32, 144]. Главное отличие таких компьютерных систем состоит в том, что они не только дают средства для выполнения отдельных видов работ, функций и задач, но и позволяют описать, формализовать и автоматизировать сам процесс (проектирования, производства, снабжения, сбыта, обслуживания и пр.), поддерживать взаимодействие участников процесса, обеспечить контроль за его функционированием.

Усиление интеграционных процессов в мировой экономике вовлекает в сферу интересов предприятия деловых партнеров, клиентов, инвесторов. Поэтому важно применить современные технологии управления, обеспечить рентабельное использование как внутренних, так и внешних ресурсов. Во всех промышленно развитых странах вопросы развития промышленной информатики относятся к сфере государственных интересов, и им уделяется большое внимание, в том числе проблемам освоения CALS-технологии [170]. Будущее за технологиями, которые объединяют людей, информацию и бизнес-процессы для эффективного управления всеми сферами деятельности предприятия. Ниже дан обзор основных принципов и положений, которыми должно овладеть предприятие, переходя к работе на основе CALS-технологий.

## 1.1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

Под CALS-технологией понимается организация производства новой продукции на базе ЭМИ и сквозных компьютерных технологий, охватывающих процессы ЖЦ изделия от разработки дизайна, проектирования и запуска в производство до сбыта и сопровождения его эксплуатации, включая утилизацию после завершения эксплуатации [62, 98, 126, 141, 172].

В основе CALS-технологии лежит электронный обмен информацией на всех этапах ЖЦ изделия, описанный в международных стандартах. Эти стандарты определяют прежде всего архитектуру ИИС для обмена проектными и производственными данными (рис. 1.1) как между подразделениями предприятия, так и между предприятиями в рамках экономической кооперации [51, 83, 159]. Идеи CALS-технологии были продиктованы необходимостью сокращения времени выпуска на рынок новых изделий. История их возникновения достаточно полно представлена в работах [98, 123].

Принципы CALS-технологии должны стать основным инструментом компьютеризации производственной деятельности отечественных предприятий и средством их развития [82, 135]. На каждом предприятии необходимо выделить наиболее развитые участки производства с точки зрения оснащения, интеллектуального потенциала, освоения новых технологий и организовать в компьютерной среде работу всех исполнителей, участвующих в определенном виртуальном бизнес-процессе. Такой подход не требует ломки существующей организационной структуры подразделений предприятия, что всегда чревато дезорганизацией производства [42].

### 1.1.1. Базовые условия для освоения на предприятии CALS-технологии

В современных условиях конкурентоспособными могут быть только гибкие и динамично развивающиеся предприятия, которым удастся сократить затраты, повысить эффективность производственной деятельности и бизнеса. Для белорусской промышленности важнейшей проблемой являются ограниченные и дорогостоящие ресурсы. Поэтому очень важно определить стратегические цели деятельности предприятия и сконцентрировать достаточные ресурсы для их достижения. Для этого нужно иметь целостную и реальную картину всех сфер деятельности предприятия с целью определения очередности задач при освоении современных информационных технологий.



Рис. 1.1. Этапы ЖЦ изделия и системы его автоматизации

Критически важными условиями перехода к организации производства на основе принципов CALS-технологии являются [78, 79, 114, 238] (рис. 1.2):

освоение и применение прогрессивных методологий управления в инженерной, производственной и коммерческой деятельности на базе ИИС предприятия;

применение новых форм и методов информационного взаимодействия между всеми участниками бизнес-процессов из различных подразделений, объединяющих усилия для повышения эффективности работы в каждом из них;

создание условий для эффективного и многократного использования информации на всех этапах ЖЦ продукции с исключением повторного ввода данных;

использование программных средств, обеспечивающих представления объекта производства и форматы обмена данными в соответствии с международными стандартами.

Для разработки направлений освоения CALS-технологии применительно к конкретным условиям отечественных предприятий авторами сформулировано определение этой технологии, отражающее ее главные принципы.

Под информационной технологией поддержки ЖЦ продукции понимается *комплексная автоматизация* всей производственной деятельности предприятия на основе:

пространственных ЭМИ выпускаемых изделий как первоисточника данных для всего производственного цикла;

электронного документооборота, базирующегося на ИИС предприятия;

организации работы взаимодействующих подразделений на основе динамичных сквозных бизнес-процессов, обеспечивающих групповую и параллельную работу специалистов;

нормативной базы предприятия, закрепляющей регламент реализации и поддержки перечисленных пунктов.

Переход к новому уровню компьютерных технологий проектирования, производства, сбыта и гарантийного обслуживания продукции необходимо проводить в неразрывной связи с созданием системы управления качеством продукции на основе стандартов СТБ ИСО [176, 177, 178] в составе общей ИИС предприятия. Актуальность такой постановки задачи диктуется также следующими требованиями в области управления качеством [46, 81, 104, 173]:

принятие решений по обеспечению качества продукции должно базироваться на обработке достоверных данных в ИИС предприятия, которая в настоящий момент на предприятиях либо недостаточно развита, либо вовсе отсутствует;

для выхода на международные рынки необходима сертификация системы управления качеством на основе стандартов СТБ ИСО [176, 177, 178], которые требуют наличия системы, обеспечивающей информационное взаимодействие всех подразделений предприятия по вопросам управления качеством, включая проектирование, производство, сбыт и гарантийное обслуживание продукции;

в основе управления качеством должен лежать процессный подход, что требует формализации и документирования основных бизнес-процессов предприятия, а также создания действенного механизма для постоянной их актуализации, контроля, анализа эффективности и совершенствования.

Главными особенностями стандартов СТБ ИСО [176, 177, 178] является перенос акцента и основного внимания на модель процесса управления качеством, которая должна быть разработана для условий конкретного предприятия. Каждое предприятие уникально по особенностям финансовой и хозяйственной деятельности. Однако комплексный подход к управлению главными аспектами финансовой, производственной и коммерческой деятельности предприятий имеет общие черты, которые служат основой для разработки систем и информационных технологий авто-



Рис. 1.2. Компоненты CALS-технологий

матизации управления и организации деятельности предприятия. Такие системы и технологии, обеспечивающие функционирование и эффективное управление бизнес-процессами, позволяют предоставлять руководству полную и оперативную информацию для принятия управленческих решений и эффективного обмена данными с деловыми партнерами для обеспечения длительного конкурентного преимущества и создания оптимальной стратегии управления ресурсами предприятия.

Создание единой информационной среды предприятия в соответствии с принципами CALS-технологии базируется на следующих требованиях [36, 53]:

реорганизация взаимодействия специалистов разных подразделений в форме автономных виртуальных бригад, обеспечивающих сквозные процессы компьютерного проектирования и производства по видам технологических переделов, а также способных к самостоятельному функционированию и отвечающих за конечный результат в производстве;

наличие распределенной БД на основе сетевой инфраструктуры предприятия и регламента взаимодействия виртуальных подразделений в компьютерной среде;

уменьшение количества уровней административного управления и перенос акцента в деятельности руководителей подразделений с контроля результатов проектирования на обеспечение функционирования виртуальных бизнес-процессов;

организация групповой работы в сети и изменение рабочих графиков для эффективной загрузки техники, чтобы стремиться к международному принципу работы информационных систем –  $24 \times 7 \times 52$  (24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 52 недели в год).

Существующая на большинстве отечественных предприятий организация инженерной и производственной деятельности, сложившаяся в доинформационную эпоху и сохраняющаяся до сих пор на большинстве предприятий, входит в противоречие с требованиями современных компьютерных технологий и препятствует их разработке и внедрению. Принципиальным условием при переходе к CALS-технологии является то, что на первое место при компьютеризации ставится задача реорганизации как производственных процессов, так и деятельности предприятия в целом с целью повышения его конкурентоспособности. Технологические процессы компьютеризируются только после улучшения, перепроектирования, переосмысления функциональных связей, сокращения выпускаемой технической документации. Освоение новой продукции на базе CALS-технологии дает экономический эффект благодаря одноразовому созданию данных и их многократному использованию [70, 94, 123].

Базой реализации CALS-технологии является информатизация всех сторон деятельности предприятия, что позволяет образовывать виртуальные процессы в сферах проектирования и производства изделий, управления предпринимательской и производственной деятельностью, управления эксплуатационным обслуживанием [101, 135]. Такое объединение информационных технологий, базирующееся на передовых программных продуктах для каждой из перечисленных областей с обеспечением их интеграции и эксплуатации на эффективных вычислительных средствах, создает компьютерную среду для деятельности виртуальных подразделений, бригад и целых предприятий [100, 153, 174, 175].

### **1.1.2. Средства автоматизации для реализации CALS-технологии**

В основе CALS-технологии лежит процессный подход к проблемам компьютеризации предприятия. Это означает, что основное внимание должно быть уделено компьютерному моделированию *процессов* проектирования и производства, обеспечению информационной и программной поддержки этих *процессов*, электронному сопровождению *процессов* на основе электронного документооборота [32, 76, 151, 155, 171]. При этом следует иметь в виду, что эффективность функционирования процесса прежде всего определяется составом компонентов, участвующих в процессе, и соответствующей системой управления ими.

Системы, поддерживающие процессы разработки и постановки на производство новых изделий, относят к классу PLM-систем (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом продукта). Этот класс систем охватывает следующие области:

CAD-системы (**Computer Aided Design – компьютерная поддержка проектирования**) – предназначены для решения проектных задач на базе вычислительной геометрии при интерактивном взаимодействии с проектировщиком; моделируют объект проектирования как на плоскости – 2D-модель (Dimensions – размер), так и в пространстве – 3D-модель; включают средства получения чертежей; содержат геометрические библиотеки стандартных деталей и типовых элементов конструкций и форм документов;

CAE-системы (**Computer Aided Engineering – компьютерная поддержка инженерных расчетов**) – предназначены для проведения компьютерного анализа различных свойств объектов проектирования и процессов его изготовления и эксплуатации; различают проверочные системы, которые определяют характеристики объекта на основе его геометрической модели (2D или 3D) с использованием различных вычислительных методов, и оптимизационные системы, которые определяют геометрические параметры объекта по заданным условиям и ограничениям;

CAM-системы (**Computer Aided Manufacturing – компьютерная поддержка изготовления**) – предназначены для программирования оборудования с ЧПУ; обеспечивают автоматическую генерацию траектории инструмента на основе геометрической модели (2D или 3D) **обрабатываемой поверхности** и заданных технологических параметров; позволяют выявлять геометрические конфликты; моделируют процесс обработки и обеспечивают его контроль до выхода на станок; располагают средствами адаптации к оборудованию;

CAPP-системы (**Computer Aided Process Planning – компьютерная поддержка процессов планирования**) – предназначены для проектирования техпроцессов и оформления технологической документации; содержат базы данных по материалам, сортаменту, оборудованию, технологической оснастке и прочим технологическим и производственным сведениям; позволяют рассчитывать технологические режимы и нормы времени, а также настраиваться на формы документов в соответствии с ЕСТПП;

CNC-системы (**Computer Numerical Control – компьютерное числовое управление**) – предназначены для непосредственного программного управления технологическим оборудованием на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), встроенных в технологическое оборудование;

PDM-системы (**Product Data Management – управление проектными данными**) – предназначены для хранения и управления: данными об объектах проектирования; электронной конструкторской и технологической документацией; данными о процессах проектирования; обеспечивают функции электронного конструкторского архива, доступа к информации и ее защиты.

Поддержка процессов управления материальными ресурсами, финансовыми потоками, складским хозяйством, основными фондами, персоналом, планированием производства, сбытом и обслуживанием продукта относится к компетенции ERP-систем (**Enterprise Resource Planning – управление ресурсами предприятия**). В словаре основных терминов и определений международного сообщества APICS, который регулярно обновляется по мере развития теории и практики управления, содержится наиболее полное и точное определение ERP-системы. В соответствии со словарем APICS [179], термин «ERP-система» может употребляться в двух значениях:

информационная система для идентификации и планирования всех ресурсов предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета в процессе выполнения клиентских заказов;

методология эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства и оказания услуг.

Таким образом, термин ERP может означать не только информационную систему, но и соответствующую методологию управления производственной деятельностью предприятия, реализуемую и поддерживаемую этой информационной системой.

Большинство современных ERP-систем построены по модульному принципу, что дает возможность выбора и внедрения лишь тех модулей, которые действительно необходимы на конкретном предприятии. Модули разных ERP-систем могут отличаться как по названиям, так и по содержа-

нию. Тем не менее, есть некоторый набор функций, который может считаться типовым для программных продуктов класса ERP. Такими типовыми функциями являются:

ведение конструкторских и технологических спецификаций, которые определяют состав конечного изделия, материальные ресурсы и операции, необходимые для его изготовления, а также маршрутизацию процесса изготовления;

управление спросом и формирование планов продаж и производства, что позволяет прогнозировать спрос и планировать выпуск продукции;

планирование потребностей в материалах, что позволяет определять объемы различных видов материальных ресурсов (сырья, материалов, комплектующих), необходимых для выполнения производственного плана, а также сроки поставок, размеры партий и т. д.;

управление запасами и закупочной деятельностью, включая организацию и сопровождение договоров, реализацию схемы централизованных закупок, обеспечение учета и оптимизации складских запасов и т. д.;

планирование производственных мощностей, направленное на контроль наличия доступных мощностей и их загрузку, включая укрупненное планирование мощностей (для оценки реалистичности производственных планов) и более детальное планирование, вплоть до отдельных рабочих центров;

управление финансовыми ресурсами, включая финансовый учет, управленческий учет, а также оперативное управление финансами;

управление проектами. Обеспечивают планирование задач проекта и ресурсов, необходимых для их реализации.

Концепция «планирование ресурсов предприятия» (ERP) является развитием концепции «планирование ресурсов производства» (MRP II) и более ранней концепции «планирование материальных потребностей» (MRP). Программное обеспечение ERP-систем помогает контролировать многие виды экономической деятельности, включая продажи, маркетинг, доставку, составление накладных, производство, учет наличия товаров, контроль качества и управление трудовыми ресурсами.

Составными компонентами (частями) ERP-системы могут являться следующие классы систем:

SCM (Supply Chain Management – управление цепочками поставок) – предназначены для управления логистическими цепочками поставок материалов и комплектующих, сопровождения связей с партнерами по производству. Системы SCM предназначены для автоматизации и управления всеми этапами снабжения предприятия и для контроля товародвижения на предприятии. Система SCM позволяет значительно лучше удовлетворить спрос на продукцию компании и значительно снизить затраты на логистику и закупки. SCM охватывает весь цикл закупки сырья, производства и распространения товара. Исследователи, как правило, выделяют шесть основных областей, на которых сосредоточено управление цепочками поставок: производство, поставки, месторасположение, запасы, транспортировка и информация. В составе SCM-системы можно условно выделить две подсистемы:

SCP (Supply Chain Planning) – планирование цепочек поставок. Основу SCP составляют системы для расширенного планирования и формирования календарных графиков. В SCP также входят системы для совместной разработки прогнозов. Помимо решения задач оперативного управления, SCP-системы позволяют осуществлять стратегическое планирование структуры цепочки поставок: разрабатывать планы сети поставок, моделировать различные ситуации, оценивать уровень выполнения операций, сравнивать плановые и текущие показатели;

SCE (Supply Chain Execution) – исполнение цепочек поставок в режиме реального времени;

CRM (Customer Relationship Management – управление взаимоотношениями с заказчиком) – выполняют функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, позволяют выполнять анализ рыночной ситуации, определять перспективы спроса на планируемые к выпуску изделия;

WMS (Warehouse Management System) – автоматизированная система складского учета;

TQM (Total Quality Management – комплексное управление качеством). Федеральный институт качества (Federal Quality Institute – FQI) США сформулировал семь рабочих принципов, ко-

торые в совокупности дают определение TQM: демонстрация поддержки и персонального руководства мероприятиями по оптимизации процессов со стороны руководителей организации; стратегическое планирование кратко- и долгосрочных направлений деятельности организации и объединение усилий по борьбе за качество со стратегическим планированием; обеспечение концентрации каждого работника на потребностях и ожиданиях клиентов; разработка четко определенных мер по фиксации изменений и улучшений и обнаружению возможностей совершенствования; выделение адекватных ресурсов на обучение и стимулированию работников к повышению качества процессов; наделение работников полномочиями для принятия решений и поощрение командной работы; разработка систем, обеспечивающих осуществление контроля качества с самого начала и на протяжении всех операций;

CPC (Collaborative Product Commerce – совместный электронный бизнес) – предназначены для выполнения маркетинговых функций, управления взаимоотношениями с партнерами, дилерами и заказчиками;

EDI (Electronic Data Interexchange) – системы обмена документами в электронной форме;

HRM (Human Resource Management) – управление персоналом (кадрами) с помощью интеллектуальных технологий. Обычно HRM-системы поддерживают следующий набор функциональных модулей: составление платежных ведомостей, контроль рабочего времени и вида исполняемых работ, управление системой льгот (контроль медицинских страховок, пенсионных отчислений, участия в разделе прибыли компании, опционы на акции компании), собственно управление персоналом (информация о возрасте, семейном положении, месте проживания, квалификации, участии в проектах, прохождении тренингов).

К ERP-системам примыкают MES-системы (**Manufacturing Execution System** – производственная исполнительная система), которые предназначены для оперативного управления производством в реальном времени; обеспечивают оптимизацию управленческих решений с учетом текущей информации о состоянии оборудования и производственных процессов. К MES-системам принято относить приложения, отвечающие за управление производственными и людскими ресурсами в рамках технологического процесса; планирование и контроль последовательности операций технологического процесса; управление качеством продукции; хранение исходных материалов и произведенной продукции по технологическим подразделениям; техническое обслуживание производственного оборудования. MES-системы можно отнести как к отдельному самостоятельному классу систем, нацеленных на управление технологическими процессами и принятие управленческих решений технологического уровня в реальном масштабе времени, но их можно рассматривать и как составную часть ERP-системы, поскольку информационно они тесно связаны.

Приведенная классификация систем весьма условна (функции различных систем перекрываются, дополняют друг друга) и служит лишь для определения всех сфер производства, подлежащих автоматизации при освоении CALS-технологии. PLM- и ERP-системы создают методический, организационный, информационный и программный базис реализации CALS-технологии по поддержке процессов ЖЦ изделия [23, 49, 55, 144, 155]. Оба класса систем эффективно используются только при условии их тесной интеграции и поддержки обмена актуальной информацией (рис. 1.3) [181].

Приведенный выше перечень систем и технологий в совокупности создают новую информационную среду и новые возможности для управления ресурсами предприятия, которые можно сформулировать следующим образом.

1) *Бизнес-анализ* накапливаемой информации позволяет выполнить как оценку деятельности предприятия в целом, так и детальный анализ производственной деятельности, процессов логистики, использования финансовых и интеллектуальных ресурсов. Многомерный анализ результатов, выполняемый с различных точек зрения, позволяет прогнозировать направления развития и планировать будущие показатели деятельности предприятия.

2) *Управление финансами* автоматизирует процессы бухгалтерского и управленческого учета, обеспечивает комплексный, сквозной контроль над финансовыми потоками, а также соблюдение всех нормативных требований.



Рис. 1.3. Взаимодействие систем их автоматизации на этапах ЖЦ промышленных изделий

- 3) *Управление персоналом* позволяет повысить мотивацию сотрудников, добиться максимальной продуктивности их труда, найти оптимальное применение их знаниям и способностям.
- 4) *Управление оперативной деятельностью* охватывает все логистические процессы предприятия, оптимизирует внутренние логистические операции и управляет отношениями с поставщиками и клиентами.
- 5) *Управление административной деятельностью внутри предприятия* охватывает процессы, связанные с недвижимым имуществом, командировками, охраной здоровья, защитой окружающей среды, и прочие функции.

### 1.1.3. Влияние CALS-технологии на технико-экономические показатели деятельности предприятия

Освоение информационных технологий, функционирующих на базе современной ИИС предприятия, создает определенные преимущества для всех категорий работников предприятия. Так, рядовые сотрудники обеспечиваются эффективными инструментами для выполнения повседневной работы и регистрации всех данных, возникающих в процессе их деятельности, для учета и использования этих данных в хозяйственной деятельности предприятия.

Руководители среднего уровня получают информацию для оперативного планирования, четкой координации работ и ресурсов в рамках подконтрольных им функций и принятия оперативных решений. Обеспечивается контроль, повышается ответственность всех участников производственного процесса.

Высшее руководство снабжается достоверной информацией о финансовом состоянии предприятия для стратегического планирования и финансово-экономического прогнозирования. Интегрированная информация позволяет руководителям проводить комплексный анализ деятельности предприятия в различных плоскостях, отслеживать результаты и контролировать факторы, влияющие на показатели эффективности работы предприятия. Такой анализ позволяет выявить негативные тенденции и оперативно принять меры по исправлению ситуации.

В современных условиях отечественные предприятия вынуждены одновременно решать две проблемы: непосредственное управление производством для обеспечения его стабильной работы и реорганизацию производственных процессов для внедрения информационных технологий, поскольку эффективность их использования базируется на фундаментальном переосмыслении и перепроектировании процессов для достижения радикальных улучшений работы предприятия [3, 4, 36].

Простое накладывание информационных систем на существующие процессы проектирования и производства не дает экономического эффекта. Обязательными условиями для получения положительного результата компьютеризации предприятия являются [3, 4, 36, 101, 174, 175]:

1) понимание необходимости компьютеризации и убежденность в ее целесообразности как руководителей, так и рядовых сотрудников; эффективная организация и контроль высшего руководства предприятия за реализацией проекта компьютеризации, его готовность пойти на определенные финансовые и организационные риски в реорганизации производственных бизнес-процессов, базирующейся на применяемых методологических принципах и предыдущем опыте работы специалистов, выполняющих этот проект;

2) наличие четко и ясно сформулированных целей реорганизации и компьютеризации с созданием системы мотивации для непосредственных исполнителей, так как главная цель компьютеризации – рост и расширение производства, а не сокращение расходов на содержание коллектива предприятия;

3) хорошее управление предприятием в текущий момент, что обеспечит требуемую технологическую дисциплину исполнения в компьютерной среде, так как требования к участникам производственных процессов при их компьютеризации возрастают многократно;

4) последовательная методологическая основа для проводимых мероприятий; четкое распределение ролей и ответственности; техническая и методическая поддержка выполняемых работ со стороны фирмы, проводящей компьютеризацию; привлечение экспертов для оценки выполняемых проектов по компьютеризации;

5) соответствие возможностей выбранных компьютерных систем требованиям и специфики конкретного производства, а также оперативное отслеживание изменяющихся условий деятельности предприятия;

6) тесная координация между стратегией развития предприятия и архитектурой создаваемой информационной системы, измерение ее эффективности по мере внедрения, совершенствование организационной структуры предприятия, включение человеческого фактора в процесс реорганизации предприятия.

Как показывают примеры, успешная оптимизация деятельности предприятия на основе процессного подхода и интегрированной информационной поддержки процессов ЖЦ продукции позволяет сократить [2, 20, 80, 122]:

время выполнения каждого бизнес-процесса по сравнению с ручным вариантом на 50–90 %; затраты на обработку каждого документа на 20–40 %;

количество ошибок, вызванных недопониманием между специалистами различных подразделений, на 70–80 %;

время на поиск нужных документов на 60–80 %;

ошибки при выполнении работ и проведении изменений на 40–50 %.

Образование виртуальной структурной единицы (постоянной или временной), которая будет поддерживать и отвечать за определенный бизнес-процесс, например, по проектированию и запуску в производство нового изделия либо заданного вида деталей, позволяет получить следующие эффекты: ведет к переосмыслению стратегии инженерной деятельности; требует использования программных средств, поддерживающих международные стандарты; обеспечивает эффективное и многократное использование информации с исключением дублирования данных; создает новые формы и методы сотрудничества между подразделениями, объединяющими усилия для улучшения ситуации в каждом из них.

Если раньше автоматизация была направлена на повышение производительности труда инженеров и обоснованности проектных решений, экономию финансов, т. е. на локальные тактические задачи, то решения, основанные на принципах CALS-технологии, направлены на стратегическую цель – перевод производства на новый уровень, соответствующий мировым достижениям в данной отрасли.

В работе [82] приведены следующие количественные оценки эффективности внедрения CALS-технологии в промышленности США:

прямое сокращение затрат на проектирование новых изделий от 10 до 30 %;

сокращение времени на общую разработку изделий от 40 до 60 %;  
сокращение времени вывода новых изделий на рынок от 25 до 70 %;  
сокращение доли брака и объема конструктивных изменений от 20 до 70 %;  
сокращение затрат на подготовку технической документации до 40 %;  
сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации до 40 %.

При этом следует иметь в виду, что освоение CALS-технологии не есть механическое объединение перечисленных выше систем в единое целое. Требуется пересмотреть методологию автоматизации на каждом этапе ЖЦ, так как получение и обработку данных на каждом АРМ требуется вести под углом зрения общей задачи успешного функционирования предприятия в информационной среде во всем многообразии его деятельности.

На основании вышесказанного можно сформулировать основные концептуальные положения для реализации проекта освоения CALS-технологии на отечественных предприятиях.

1. Проект внедрения принципов CALS-технологии должен строиться на основе анализа уровня информатизации по всем этапам ЖЦ производимой продукции с выявлением «белых пятен», вызывающих разрывы в информационных цепочках передачи данных, с определением степени морального старения применяемых средств автоматизации на каждом этапе ЖЦ исходя из их способности к интеграции в ИИС предприятия.

2. Последовательность этапов освоения CALS-технологии должна базироваться на всей предыдущей истории развития информационных технологий на предприятии, должна быть направлена как на решение с помощью компьютерных технологий наиболее актуальных текущих задач организации производства и повышения качества продукции, так и на стратегические задачи повышения конкурентоспособности предприятия.

3. Совершенствованию организации процессов инженерной и производственной деятельности должен предшествовать этап разработки новых методов решения задач проектирования и запуска в производство новых изделий на основе компьютерной технологии, так как эти методы меняют как организацию проектных работ, так и их содержание.

4. Руководство и коллектив предприятия должны отдавать себе отчет в том, что CALS-технология – это, прежде всего, новая организация работ и новые методы управления ими на основе динамичных бизнес-процессов взамен статичной структуры действующих подразделений. При этом сложившаяся исторически структура предприятия может не меняться, изменяются функции руководителей всех уровней.

5. Большую роль во внедрении CALS-технологии на предприятии должны сыграть отделы стандартизации. Они не только должны освоить новые методы нормоконтроля на основе ЭМК изделия, но и отразить в стандартах предприятия новую организацию работ и взаимодействие подразделений на основе бизнес-процессов.

6. В освоение CALS-технологии должен быть вовлечен весь коллектив предприятия, так как только комплексный переход на новые методы работы с использованием информационных технологий даст требуемый интегральный эффект в улучшении деятельности предприятия. Последовательность этапов освоения CALS-технологии должна быть такой, чтобы на каждом АРМ в реальной работе ощущался эффект от проводимых мероприятий.

Ниже более детально рассмотрены подходы к созданию основных компонентов CALS-технологии и особенностей ее применения на каждом из этапов ЖЦ.

## **1.2. ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ В ИИС ПРЕДПРИЯТИЯ – БАЗА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ЖЦ ИЗДЕЛИЯ**

Базовым условием для перехода к управлению на принципах CALS-технологии является наличие ИИС предприятия. Создание ИИС является итогом всей предыдущей истории развития информационных технологий на предприятии. Поэтому проект создания ИИС для каждого предприятия будет уникальным. Такой проект будет отражать не только специфику производимой продукции, особенности применяемых технологий, структуру производства, но и субъективные особенности отношения руководства предприятия к проблеме информатизации, наличие

инициативы руководителей среднего звена и энтузиазма в освоении нового у рядовых исполнителей. Большое значение имеет также наличие у предприятия надежного партнера, который берет за реализацию такого проекта, наличие у него методологии и опыта внедрения информационных технологий на отечественных предприятиях [58, 60, 96].

Первостепенным назначением ИИС является интеграция различных прикладных систем, автоматизирующих различные сферы деятельности предприятия. Создание ИИС обеспечивает функционирование всех служб предприятия, а в лучшем случае, и его партнеров в едином информационном пространстве. ИИС предприятия предоставляет в распоряжение руководства объединенную совокупность данных по внутренним и внешним вопросам, позволяя контролировать, анализировать и планировать деятельность предприятия [7, 155].

По мнению авторов идеи, ИИС являются развитием и расширением понятия КИС. Под КИС понимается система, предназначенная для обеспечения эффективного функционирования предприятия путем автоматизированного выполнения функций управления [184]. Если КИС является основой для работы ERP-системы, то ИИС должна охватывать как сферу ERP-системы, так и PLM-системы, т. е. включать в себя информационные компоненты систем проектирования изделий и подготовки их производства. Перечисленные компоненты ИИС не могут быть созданы одноразово и одновременно. ИИС складывается и совершенствуется исторически. На предприятии должна быть выработана техническая политика, направленная на постоянное совершенствование ИИС как базовой программно-технической основы освоения CALS-технологии.

Создание ИИС предприятия охватывает широкий круг проблем, связанных с реализацией необходимой инфраструктуры технических средств, организацией управления ИИС, подготовкой кадрового потенциала, наличием необходимой нормативной базы для ее успешного функционирования. Ниже кратко рассмотрены пути решения перечисленных проблем.

### 1.2.1. Компоненты ИИС предприятия

В основе интеграции систем автоматизации всех сфер деятельности предприятия лежит концепция использования международных стандартов для представления информации о ЖЦ изделия. Это позволяет создавать сквозные циклы автоматизированного проектирования и производства на базе ЭМИ. Сегодня на рынке информационных технологий предлагаются как комплексные решения, позволяющие поэтапно строить ИИС, так и отдельные компоненты, которые имеют средства интеграции для включения в ИИС [145, 165, 166].



Рис. 1.4. Компоненты ИИС предприятия



Рис. 1.5. Функции ИИС предприятия

К ключевым характеристикам ИИС можно отнести [149]:  
 объединение данных из различных источников;  
 предоставление информации, представленной в различных плоскостях описания и на разных уровнях интеграции информационных систем;  
 наличие средств для интеграции в ИИС новых компонентов;  
 средства ведения отчетности, ориентированные на пользователя, включая графическое представление результатов;  
 дополнительные функции (печать, управление данными, электронная почта с отчетами и комментариями).

Полнофункциональная ИИС должна содержать компоненты, представленные на рис. 1.4.

Перечисленные компоненты ИИС предприятия должны поддерживать и обеспечивать процессы ЖЦ изделия и выполнять следующие функции [165, 166, 185, 188] (рис. 1.5):

представлять объекты проектирования в форме ЭМ различного назначения, образующих в совокупности ЭМИ;

формировать имитационные ММ технологических процессов и условий эксплуатации изделия для выполнения на них вычислительных экспериментов;

синтезировать проектные и управляющие решения;

осуществлять внутренний и внешний электронный документооборот.

Ниже представлены краткие характеристики отдельных компонентов ИИС и выполняемых ими функций.

### 1.2.2. Служба менеджмента и администрирования ИИС

На современном уровне развития информационных технологий и их значения для обеспечения конкурентоспособности предприятия подразделения ИИС образуют одну из важнейших служб жизнеобеспечения предприятия, а руководитель такой службы должен располагать полномочиями в ранге не ниже заместителя генерального директора.

Служба управления и администрирования ИИС (далее – служба ИИС) является технологической службой и реализует задачи жизнеобеспечения на всех этапах создания, эксплуатации и развития ИИС на предприятии. В задачи службы ИИС входит [24, 187, 188]:

разработка проектно-методической и плановой документации по созданию, развитию и обновлению систем ИИС;

В процессе интеграции участвуют БД, распределенные по приложениям, электронные архивы, библиотеки описаний различных нормативов и типизированных элементов, используемые СУБД, сетевые средства доступа, другие инварианты проектно-производственной среды. Объектами информационного отображения в ИИС являются:

проектируемые изделия, процессы их создания и проектная среда предприятия;

производственная среда и используемые технологии производства выпускаемой продукции;

материальные и финансовые потоки.

разработка нормативной, эксплуатационной документации ИИС, процессов функционирования ИИС;

формирование структур БД объектов проектирования и документооборота ИИС;

ведение автоматизированных библиотек элементной базы, базовых несущих конструкций, типовых проектных решений и нормативов предприятия;

контроль режимов работ ИИС и обеспечение доступа пользователей к БД и программным ресурсам ИИС;

ведение учета ресурсов аппаратно-программных средств ИИС, формирование графиков профилактических работ и ремонта;

осуществление сервисных услуг по установке и ремонту аппаратно-программного обеспечения;

ведение заказов и проведение аттестации новых закупаемых аппаратно-программных средств.

Служба ИИС является административно и территориально распределенной службой с центральным ядром и группами сопровождения автоматизированных систем по службам предприятия. Службы ИИС отдельных предметных областей должны поддерживать жизнедеятельность основных функциональных систем, обслуживающих проектные подразделения, финансово-хозяйственные и административные службы, производство, а также жизнедеятельность электронного архива.

Многообразие задач проектных подразделений требует также создания распределенной структуры в рамках функциональных систем автоматизации проектных работ.

В рамках службы ИИС проектных подразделений следует иметь следующую специализацию: в области конструирования – по различным классам конструкций; в области тематического ведения работ – по технологиям комплексного группового ведения проекта; в технологической подготовке производства – по видам технологических переделов и соответствующим технологическим службам. Подразделения ИИС также должны обслуживать маркетинговые, плано-экономические и финансовые службы. Таким образом, служба ИИС является отражением структуры предприятия и соответствующих автоматизированных систем, обеспечивая при этом их интеграцию и общее управление информационными потоками предприятия.

Руководство каждой из функциональных систем осуществляется администратором системы. Обслуживание электронного архива конструкторско-технологической документации целесообразно выделить в самостоятельное подразделение ИИС.

С учетом ограниченности ресурсов в области информационных технологий (финансовых, кадровых и др.) формирование службы ИИС должно осуществляться с максимальным использованием имеющихся специалистов. Необходимо закрепление функций создаваемых служб ИИС соответствующими административными актами.

### **1.2.3. Нормативная база ИИС**

Функционирование ИИС предприятия, способы формирования и поддержания в ней информационных технологий должны быть определены в нормативной документации. Важность проработанной и реально используемой системы стандартов предприятия в области информационных технологий определяется следующими соображениями [184, 187]:

система стандартов создает единое понимание специалистами различных служб решаемых задач и поддержания бизнес-процессов, в которых они участвуют;

стандарты регламентируют эффективную вертикаль управления в системе бизнес-процессов предприятия;

стандарты унифицируют информационные потоки и документооборот, что служит платформой для автоматизации основных процессов управления;

нормативно закрепляется схема распределения полномочий и зон ответственности руководителей и специалистов подразделений, органов управления и персонала, отвечающего за функционирование компонентов ИИС;

создается методическая основа для обучения персонала применению информационных технологий;

за счет унификации документооборота сокращается время на рутинные операции и соответственно повышается производительность труда специалистов;  
повышается информационная безопасность предприятия;  
обеспечивается информационное единство всех служб предприятия, направленное на повышение качества выпускаемой продукции.

Нормативная документация ИИС предприятия должна содержать стандарты и руководящие документы, в которых определяются:

семантика и форматы информационного обмена и документооборота (информационное взаимодействие компонентов и пользователей ИИС);

регламентированная структура процессов для различных прикладных автоматизированных систем и объектов информационных технологий (процессы информационных технологий для различных прикладных систем и объектов синтеза);

порядок администрирования систем и БД, включая правила их создания, эксплуатации и доступа пользователей (поддержание жизнедеятельности ИИС).

Стандарты предприятия должны отражать требования по единству форм, составу и порядку документооборота, сетевым протоколам, надежности, безопасности и другим условиям функционирования, а также по структуре БД и электронных архивов.

Правовые основы применения электронных документов определяет закон Республики Беларусь «Об электронном документе» № 357-З от 10 января 2000 г. Палатой представителей Национального собрания Республики Беларусь 28 мая 2009 г. принят в первом чтении проект Закона Республики Беларусь «Об электронном документе и электронной цифровой подписи», внесенный Советом Министров Республики Беларусь. Новый законопроект более широко рассматривает круг вопросов, связанный с применением технологии электронной цифровой подписи. Согласно закону деятельность по технической защите информации, в том числе криптографическими методами, включая применение электронной цифровой подписи, является лицензируемой.

Средства криптографической защиты информации и управления криптографическими ключами, обеспечивающие шифрование содержимого электронных документов, выработку, проверку и подтверждение подлинности ЭЦП, создание закрытых и открытых ключей ЭЦП, управление ключами, должны пройти сертификацию в Оперативно-аналитическом центре при Президенте Республики Беларусь на соответствие нормативным документам, в число которых входят:

ГОСТ 28147–89 «Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования» или СТБ П 34.101.31–2007 «Информационные технологии. Защита информации. Криптографические алгоритмы шифрования и контроля целостности»;

РД РБ 07040.1202–2003 «Банковские технологии. Процедура выработки псевдослучайных данных с использованием секретного параметра»;

Проект Руководящего документа Республики Беларусь «Банковские технологии. Протоколы формирования общего ключа»;

СТБ 1176.1–99 «Информационная технология. Защита информации. Процедура хэширования» или СТБ П 34.101.31–2007 «Информационные технологии. Защита информации. Криптографические алгоритмы шифрования и контроля целостности»;

СТБ 1176.2–99 «Информационная технология. Защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи».

Использование технологии ЭЦП обеспечивает не только передачу, согласование, утверждение электронных документов между участниками электронного документооборота с обеспечением гарантированности доставки, защищенности, юридической значимости передаваемых электронных документов, но и унифицирует структуру и содержание электронных документов, так как ЭЦП заверяются специально разрабатываемые для каждого бизнес-процесса унифицированные формы электронных документов. Международный стандарт EDIFACT (Electronic data interchange for administration, commerce and transport) определяет формализованные документы для использования в управлении, коммерции и транспорте, структуру и систему представления этих документов. Стандарт налагает три основных требования к электронному обмену документами:

соблюдение единого синтаксиса обмена;  
возможность выбора элементов данных;  
единый формат, в котором эти элементы представлены при генерации сообщений и файлов для обмена.

При соблюдении этих требований документы, имеющие в печатном виде удобный и специфический для каждого пользователя вид, могут передаваться между различными пользователями, используя на входе и выходе соответственно конвертор в стандартный формат и деконвертор из него. В результате у участников электронного документооборота появляется возможность создавать стандартные структурированные документы, изменяемое содержимое которых передается с помощью типовых сообщений по электронным каналам при минимальном участии человека.

Для придания ЭЦП юридической значимости, выдачи ключей и обеспечения их достоверности, управления сертификатами ключей внутри предприятия должен быть создан удостоверяющий центр. Функционирование удостоверяющего центра регламентируется нормативно-организационными документами, куда входят:

- регламент удостоверяющего центра;
- положение об удостоверяющем центре;
- должностные и обучающие инструкции сотрудников удостоверяющего центра (руководитель, оператор, администратор, уполномоченное лицо, системный администратор).

Внедрение технологии ЭЦП является заключительным этапом организации электронного документооборота на предприятии в соответствии с принципами CALS-технологии.

#### **1.2.4. Электронный архив ИИС**

Электронный архив является неотъемлемым компонентом архитектуры ИИС. Архив должен соответствовать принятым на предприятии нормативам и иметь необходимые инструментальные средства автоматизации работ по сопровождению всей совокупности производственной информации, включаемой в электронный документооборот предприятия (конструкторской, технологической, плановой, управленческой, финансовой и пр.) [87, 149, 160]. Абонентами архива являются проектные подразделения, поставщики и потребители заимствованной документации, технологические службы, производственные подразделения, планово-финансовые службы, службы снабжения, сбыта и гарантийного обслуживания, заказчики. Построение электронного документооборота должно проводиться с учетом специализации абонентов электронного архива (разработка новых изделий, изготовление изделий, эксплуатация, ремонт, маркетинг) на основе системы бизнес-процессов предприятия.

Использование электронного архива позволяет:

- существенно (с 2–3 дней до минут) сократить время, затрачиваемое на доступ к информации;
- повысить эффективность использования информации за счет уменьшения времени на поиск необходимых документов, возможности одновременной работы с документом нескольких сотрудников, создания логических связей между документами;

- повысить уровень информационной безопасности за счет определения прав сотрудников на доступ к той или иной информации;

- обеспечить доступ к информации практически из любой территориально удаленной точки, оснащенной средствами связи, так как информация в электронном виде может быть доступна по локальной сети, через Интернет, передана по электронной почте, записана на любой носитель и отправлена по обычной почте;

- повысить достоверность информации за счет регистрации вносимых в документы изменений;

- снизить риски потери или порчи важных документов.

Кроме того, электронные архивы обладают отличной масштабируемостью, так как увеличить объем дисковой памяти в сети хранения данных или сетевом хранилище значительно легче, чем выделить новые площади под архив и обеспечить необходимые условия хранения.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Термины и определения</b> .....	3
<b>Перечень условных обозначений</b> .....	7
<b>Введение</b> .....	11
<b>Глава 1. Направления информатизации инженерной и производственной деятельности отечественных предприятий</b> .....	14
1.1. Концептуальные положения информационной технологии поддержки жизненного цикла изделия . . .	16
1.1.1. Базовые условия для освоения на предприятии CALS-технологии . . . . .	16
1.1.2. Средства автоматизации для реализации CALS-технологии . . . . .	18
1.1.3. Влияние CALS-технологии на технико-экономические показатели деятельности предприятия .	22
1.2. Электронный документооборот в ИИС предприятия – база информационной технологии поддержки ЖЦ изделия . . . . .	24
1.2.1. Компоненты ИИС предприятия. . . . .	25
1.2.2. Служба менеджмента и администрирования ИИС . . . . .	26
1.2.3. Нормативная база ИИС. . . . .	27
1.2.4. Электронный архив ИИС. . . . .	29
1.2.5. Корпоративная информационная инфраструктура . . . . .	32
1.2.6. Электронный документооборот предприятия . . . . .	33
1.3. Управление предприятием на основе бизнес-процессов – база для реализации информационных технологий поддержки ЖЦ изделий . . . . .	36
1.3.1. Концепция системы управления предприятием на процессной основе . . . . .	38
1.3.2. Основные понятия и определения бизнес-процесса. . . . .	40
1.3.3. Организация выполнения проекта в виде бизнес-процесса . . . . .	44
1.4. Особенности процессов конструирования новых изделий на основе информационных технологий поддержки ЖЦ . . . . .	54
1.4.1. Организация процессов проектирования на базе CALS-технологии . . . . .	56
1.4.2. Интеграция систем конструирования с ИИС предприятия . . . . .	59
1.5. Технологическая подготовка производства новых изделий на основе информационных технологий поддержки ЖЦ . . . . .	61
1.5.1. Технологическое проектирование в среде ИИС . . . . .	62
1.5.2. Автоматизированное проектирование технологических процессов . . . . .	65
1.5.3. Постановка задачи создания СКТПП . . . . .	68
1.5.4. Организация сквозной компьютерной технологии проектирования и подготовки производства .	70
1.5.5. Методология реализации СКТПП. . . . .	73
1.6. Электронное управление ресурсами предприятия на основе информационных технологий поддержки ЖЦ . . . . .	76
1.6.1. Современные концепции управления производством . . . . .	77
1.6.2. Стратегия и цели освоения ERP-технологии . . . . .	80
1.7. Информационная технология поддержки процессов сбыта и эксплуатации выпускаемой продукции на основе интернет-технологий. . . . .	85
1.7.1. Применение принципов CALS-технологии в товаропроводящей сети сбыта и обслуживания продукции . . . . .	87
1.7.2. Программные и коммуникационные средства участников процессов сбыта и эксплуатации выпускаемой продукции . . . . .	89

1.8. Нормативная база информационной технологии поддержки ЖЦ изделия . . . . .	94
1.8.1. Обзор международных стандартов в области информационных технологий . . . . .	96
1.8.2. Развитие стандартов ЕСКД в соответствии с требованиями информационных технологий . . . . .	101
1.8.3. Описание базовых стандартов ЕСКД по электронному представлению изделия . . . . .	105
1.8.4. Подходы к созданию нормативной базы предприятия по информационным технологиям . . . . .	111
1.9. Подходы к оценке уровня информатизации на отечественных предприятиях . . . . .	115
1.9.1. Шкала оценки уровня информатизации предприятия . . . . .	116
1.9.2. Характеристика состояния информатизации на отечественных предприятиях . . . . .	119
<b>Глава 2. Сквозные компьютерные технологии проектирования и подготовки производства в машиностроении . . . . .</b>	<b>125</b>
2.1. Роль систем геометрического моделирования в автоматизации проектных работ . . . . .	126
2.1.1. Этапы развития систем геометрического моделирования . . . . .	126
2.1.2. Анализ чертежной технологии проектирования . . . . .	128
2.1.3. Пространственное представление объекта проектирования в компьютерной среде . . . . .	130
2.1.4. Направления развития CAD/CAM/CAE/PDM-систем . . . . .	134
2.2. Краткий обзор средств автоматизации инженерного труда . . . . .	136
2.2.1. Характеристика CAD/CAM/CAE/PDM-системы PRO/Engineer . . . . .	136
2.2.2. Возможности CAD/CAM/CAE/PDM-системы Unigraphics . . . . .	138
2.2.3. Особенности CAD/CAM/CAE/PDM-системы CATIA . . . . .	140
2.2.4. Характеристики CAD/CAM/CAE/PDM-систем среднего класса . . . . .	141
2.2.5. Российские разработки в области CAD/CAM/CAE/PDM-систем . . . . .	144
2.3. Проблемы внедрения и использования методов и средств геометрического моделирования . . . . .	147
2.3.1. Проблема понимания сути происходящих преобразований в организации производства при переходе на компьютерные технологии . . . . .	148
2.3.2. Проблема новой организации проектной деятельности . . . . .	148
2.3.3. Проблема методологии использования средств геометрического моделирования . . . . .	150
2.3.4. Проблема обеспечения технологичности проектируемой конструкции . . . . .	151
2.3.5. Проблема нормативной базы компьютерной технологии проектирования . . . . .	152
2.3.6. Проблемы внедрения информационных технологий . . . . .	153
2.4. Применение средств компьютерного анализа в процессах проектирования . . . . .	155
2.4.1. Общие положения анализа изделий в среде CAE-систем . . . . .	156
2.4.2. Подготовка экспериментальных данных при использовании систем инженерного анализа . . . . .	158
2.4.3. Инженерный анализ в сквозном цикле «проектирование – производство новой продукции» . . . . .	159
2.5. Применение средств систем Pro/Engineer и Unigraphics в сквозной компьютерной технологии проектирования корпусных деталей . . . . .	162
2.5.1. Понятие метода и алгоритма в предметной области геометрического моделирования . . . . .	163
2.5.2. Анализ геометрии моделируемой детали . . . . .	164
2.5.3. Подходы к созданию 3D-модели корпусной детали . . . . .	165
2.5.4. Алгоритм создания 3D-модели корпусной детали . . . . .	166
2.5.5. Формирование расчетно-аналитической модели нагнетательной камеры . . . . .	171
2.5.6. Создание ассоциативных чертежей деталей турбокомпрессора . . . . .	173
2.5.7. Разработка технологических 3D-моделей отливок с учетом припусков на механическую обработку . . . . .	173
2.5.8. Построение 3D-модели детали корпуса турбины в системе Unigraphics . . . . .	173
2.6. Применение средств инженерного анализа вибраций и собственных частот деталей машин в тракторостроении . . . . .	176
2.6.1. Общие методические положения для проведения частотного анализа . . . . .	176
2.6.2. Вибрационный анализ остова трактора . . . . .	178
2.6.3. Результаты статических расчетов полной модели остова трактора . . . . .	180
2.6.4. Результаты модального анализа остова трактора . . . . .	180
2.6.5. Результаты расчета на гармонический отклик . . . . .	181
2.6.6. Результаты расчета ударного нагружения . . . . .	182
2.6.7. Анализ и сравнение результатов расчетов . . . . .	183
2.7. Применение средств инженерного анализа для корпусных деталей радиоэлектронных устройств . . . . .	184
2.7.1. Конструктивные особенности радиоэлектронных устройств . . . . .	184
2.7.2. Общие методические положения для проведения инженерного анализа РЭУ . . . . .	185
2.7.3. Анализ напряженно-деформированного состояния корпусных деталей РЭУ . . . . .	187
2.7.4. Инженерный анализ теплового состояния РЭУ . . . . .	188

2.8. Реализация сквозной компьютерной технологии в тракторостроении . . . . .	192
2.8.1. СКТПП для пластмассовых деталей трактора . . . . .	192
2.8.2. СКТПП для литейных и штампованных деталей трактора . . . . .	196
<b>Глава 3. Компьютеризация процессов инженерной деятельности в тракторостроении . . . . .</b>	<b>203</b>
3.1. Концепция реализации на РУП «МТЗ» информационной технологии поддержки жизненного цикла продукции . . . . .	205
3.2. Базовые компоненты информационной технологии поддержки процессов конструирования новых моделей тракторов и управления электронной документацией . . . . .	211
3.2.1. КМИПС организации процесса проектирования, разработки электронных моделей, инженерного анализа . . . . .	214
3.2.2. КМИПС создания и наполнения электронного архива конструкторской документации . . . . .	218
3.3. Базовые компоненты информационной технологии подготовки производства на основе электронных моделей тракторов, электронной конструкторской и технологической документации . . . . .	226
3.3.1. Анализ уровня информатизации по отдельным видам технологических переделов . . . . .	226
3.4. Базовые компоненты информационной поддержки процессов управления производством и качеством на основе электронной конструкторской и технологической документации . . . . .	238
3.5. Базовые компоненты информационной технологии поддержки процессов сбыта и эксплуатации тракторной техники на основе интернет-технологий . . . . .	255
3.5.1. Интеграция сайтов предприятия товаропроводящей сети с порталом РУП «МТЗ» и корпоративной информационной системой . . . . .	256
3.6. Влияние информационных технологий на результаты производственной деятельности РУП «МТЗ» . . . . .	261
3.6.1. Организационно-методические подходы к внедрению CALS-технологии на РУП «МТЗ» . . . . .	261
3.6.2. Роль информационных технологий в итоговых показателях деятельности РУП «МТЗ» . . . . .	269
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>273</b>
<b>Литература . . . . .</b>	<b>274</b>

Научное издание

**Губич** Лилия Васильевна,  
**Емельянович** Игорь Вячеславович,  
**Петкевич** Наталья Ивановна и др.

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Проблемы и решения**

*2-е издание, исправленное и дополненное*

Редактор *О. Н. Пручковская*  
Художественный редактор *А. М. Гасова*  
Технический редактор *М. В. Савицкая*  
Компьютерная верстка *Н. И. Каиуба*

Подписано в печать 21.12.2010. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 33,25+1,86 вкл. Уч.-изд. л. 32,5. Тираж 150 экз. Заказ 512.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом  
«Беларуская навука». ЛИ № 02330/0494405 от 27.03.2009.  
Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.