

И. В. ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

CALS-ТЕХНОЛОГИИ И ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ

Для повышения конкурентоспособности и увеличения объемов экспорта предприятиям промышленности Республики Беларусь, предлагающим свою продукцию на мировом рынке, необходимо своевременно решать вопросы управления бизнесом в соответствии с условиями, удовлетворяющими требованиям современного рынка. В настоящее время период, отведенный на совершенствование и трансформацию бизнеса, весьма короток. Причины перемен кроются не только в глобализации мировой экономики, интеграции мировых рынков капитала, исчезновении торговых и инвестиционных барьеров, усилении конкуренции на рынках, но и в повышении сложности и ресурсоемкости изделий, развитии кооперации между участниками жизненного цикла (ЖЦ) изделия.

Для повышения конкурентоспособности выпускаемых изделий с учетом перечисленных тенденций необходимо: сокращение сроков создания изделий; снижение материальных затрат на их создание; понижение 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 электронной технической документацией (в частности, эксплуатационной), в соответствии с требованиями международных стандартов; сокращение затрат на эксплуатацию, обслуживание и ремонт изделий и т.д. Именно увеличение эффективности процессов ЖЦ является сегодня основным способом повышения конкурентоспособности изделия. На каждой стадии ЖЦ требуется свой объем данных (рис. 1). Речь идет о работах по поддержке жизненного цикла выпуска изделий, комплектующих и запчастей и документации к ним.

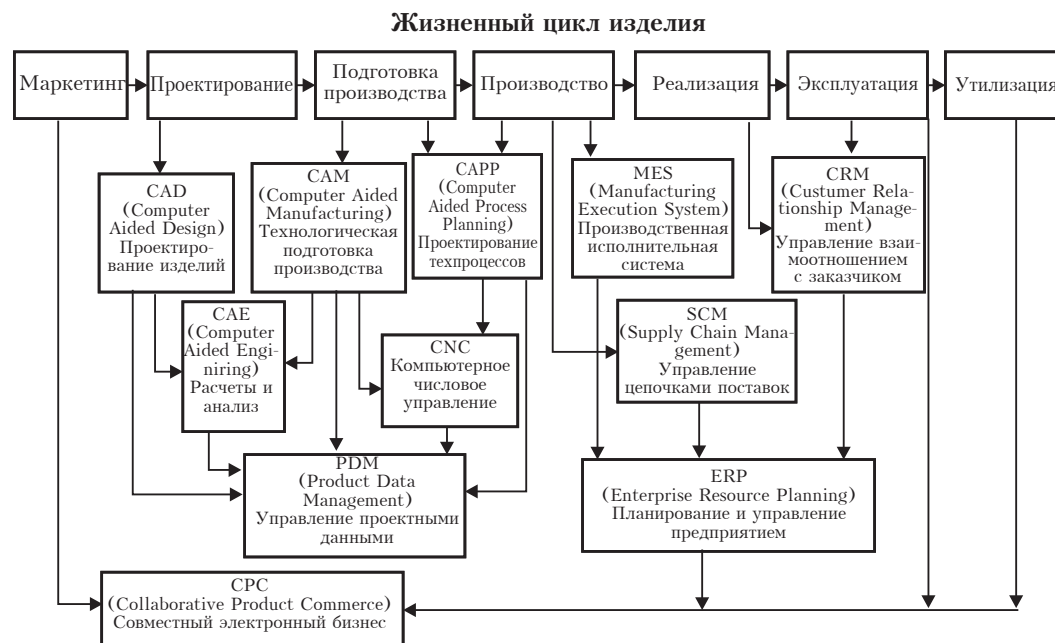


Рис. 1. Этапы жизненного цикла промышленных изделий и системы их автоматизации

Игорь Вячеславович ЕМЕЛЬЯНОВИЧ, аспирант Академии управления при Президенте Республики Беларусь, технический директор ПО «Минский тракторный завод».

Решить задачу без использования вычислительной техники таким образом, чтобы поддерживать эти процессы в течение нескольких десятков лет, невозможно. В этой связи актуальным становится внедрение на предприятиях признанной в мире концепции CALS-технологии. Основой концепции CALS является повышение эффективности процессов ЖЦ изделия за счет повышения эффективности управления информацией об изделии.

CALS-технология (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) переводится как непрерывность поставок продукции и поддержка ее жизненного цикла. Первая часть термина CALS (Continuous Acquisition) означает постоянное повышение эффективности развития как самого изделия, так и процессов взаимодействия поставщика и потребителя изделия в течение его ЖЦ. Вторая часть термина CALS (Life Cycle Support) обозначает путь такого развития — внедрение новых организационных методик разработки изделия. Зародились CALS-технологии в середине 80-х гг. XX в., и тогда эта аббревиатура расшифровывалась как «Компьютерная поддержка логистических систем» (Computer-Aided of Logistics Support). В 1988 г. CALS-технологии стали называться «Компьютеризированные поставки и поддержка» (Computer-Aided Acquisition and Support), в 1993 г. — «Поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла» (Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support). В 1995 г. CALS стали расшифровывать как «Бизнес в высоком темпе» (Commerce At Ligth Speed), чем подчеркивалась переориентация этих технологий в направлении электронной коммерции, т.е. для использования на уровне B2B (B2C (Business-to-Client)). В настоящее время принято название «Непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции» (Computer Acquisition and Life-cycle Support).

Термин CALS применяется в основном в странах СНГ. В западных публикациях широко используется термин PLM.

Содержание концепции CALS. Как уже отмечалось, в современных условиях особую важность для машиностроительных предприятий приобретает гибкость в ведении конструкторской документации. На современных предприятиях для изготовления чертежей, спецификаций, технологической документации широко используются разнообразные средства и системы автоматизированного проектирования (САПР) и системы автоматизированного управления производством (АСУП). Так, на Минском тракторном заводе (МТЗ) успешно используется отраслевая система «Управление машиностроительным предприятием», базирующаяся на двух программных продуктах: российской системе управления предприятием «Парус 8» и белорусской системе управления инженерными данными и производством Omega Production.

Использование таких систем позволяет вести конструкторскую документацию в различных вариантах, планировать сквозную систему проведения изменений, координировать подготовку производства и т.д. В то же время эти средства достаточно ограничены в своих возможностях, так как не решают проблем информационного обмена между различными участниками ЖЦ изделия (заказчиками, разработчиками, производителями, эксплуатационниками). Оказалось, что разные системы автоматизированного проектирования и управления плохо совместимы. При переносе данных из одной автоматизированной системы в другую требуются большие затраты труда и времени, а при современном уровне развития промышленной кооперации отсутствие единых требований к электронному описанию различных этапов ЖЦ приводит к потерям времени и многочисленным ошибкам. Это снижает эффективность процессов проектирования, подготовки производства, самого производства, эксплуатации, обслуживания, ремонта сложных наукоемких изделий. Такие издержки западными аналитиками оцениваются (например, в масштабах промышленности США) в десятки миллиардов долларов в год.

Идея информационной интеграции разных автоматизированных систем, когда на всех стадиях жизненного цикла продукции (изделия) все они оперируют информационными данными, описывающими изделие, технологии его производства и использования, стала основой CALS. Родилась она в 1987 г., когда Newport News получил от ВМФ США заказ на разработку проекта подводной лодки «морской волк». Это было первое изделие, где предпринята попытка использовать идеи CALS для производства отдельных узлов лодки с соблюдением высоких требований как по качеству, так и по совместимости их друг с другом. В то время компьютерные системы, закупленные военным ведомством с целью усовершенствования процессов создания и технического обслуживания военной техники, не могли обмениваться информацией как между собой, так и с аналогичными системами, использовавшимися в промышленности. Это и послужило толчком к разработке информационной системы их интеграции.

По мнению авторов CALS, уже к 1989 г. вся техническая, а к 1991 г. и вся конструкторско-технологическая документация должны были представляться в электронном виде. Тогда же были определены первоначальные стандарты и механизмы обмена информацией. В последующие годы в рамках всемирного консорциума 25 ведущих технических организаций было достигнуто соглашение об использовании единого стандарта описания данных. В 1995 г. был принят меморандум по общему пониманию и кооперации в использовании нового стандарта STEP (ISO 10303). Первоначально CALS была связана только с масштабными проектами военно-промышленного комплекса, позднее в целях повышения производительности труда всех участников ЖЦ принципы CALS стали применяться и в гражданской промышленности.

Разные автоматизированные системы на всех стадиях жизненного цикла продукции стали реализовываться в соответствии с требованиями международных стандартов. Сегодня это совокупность баз данных, в которой действуют единые стандартные правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, обеспечивающие информационное взаимодействие участников жизненного цикла изделия. CALS-ориентированный подход внедряется во многих отраслях промышленности, где предприятия адаптируют принципы CALS-технологий и создают свою CALS-среду (из 500 крупнейших мировых компаний, входящих в перечень «Fortune 500», почти 100 % используют такой важнейший компонент CALS, как средства PDM — «Управление данными об изделии», Product Data Management). Среди предприятий с годовым оборотом свыше 50 млн дол. США такие системы используют более 80 %.

В последние годы в большинстве развитых стран Запада, а также в Японии созданы и успешно функционируют национальные организации, ставящие своей задачей распространение и внедрение CALS-технологий. В США различными аспектами CALS-технологий занимаются такие организации, как ASME (American Society of Mechanical Engineers), NIST (National Institute of Standards and Technology), ANSI (American National Standard Institute), IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), EIA (Electronic Institute of America), EPRI (Electric Power Research Institute). Проблемам информационных технологий вообще и CALS-технологий в частности большое внимание уделяют такие государственные организации: DoD (Department of Defense — Министерство обороны), DoE (Department of Energy — Министерство энергетики), DoN (Department of Navy — Министерство военно-морского флота) и его подразделение NCCO (Navy CALS Coordination Office), NASA и др.

В Великобритании проблемами CALS занимается организация UKCEB (UK Council for Electronic Business), в Финляндии — Tekes, в Канаде — CSCE и CNAS (Canadian Nuclear Association Society), в Японии — JSTEP, функционирующая под эгидой Министерства внешней торговли и промышленности (MITI — Ministry of International Trade and Industry). Особый интерес

и внимание к проблемам CALS-технологий проявляют министерства обороны. Внимательно изучают эту проблематику в НАТО [1, 19].

В период с 1999 по 2002 г. Минпромнауки Российской Федерации совместно с Госстандартом и Минобразования Российской Федерации осуществил ряд мер, направленных на создание предпосылок к внедрению CALS-технологий в промышленность России. Были созданы начальные 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. Подготовлены научно-методические разработки: концепция развития CALS-технологий в промышленности России, концепция интегрированной логистической поддержки наукоемких изделий и концепция внедрения CALS-технологий на машиностроительном предприятии. Созданы программные средства, реализующие CALS-технологии, в том числе программный продукт Technical Guide Builder, предназначенный для автоматизированной подготовки электронной технической эксплуатационной документации на экспортируемую продукцию, соответствующей требованиям CALS-стандартов. Создание с помощью этого продукта интерактивных электронных технических руководств повышает конкурентоспособность продукции.

Другой продукт — PDM STEP Suite — служит для управления данными об изделии в процессе конструирования и технологической подготовки производства, что необходимо предприятиям, разрабатывающим наукоемкую продукцию и продающим лицензии на ее производство. Разработаны методические основы создания интегрированной системы управления качеством продукции, соответствующей требованиям стандартов ИСО серии 9000 версии 2000 г. [2].

В Республике Беларусь также проводится работа по созданию CALS-технологий. Так, в течение 2001 — 2005 гг. по заказу Министерства промышленности Республики Беларусь была реализована отраслевая научно-техническая программа «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 принимают участие Минский тракторный завод, ОАО «Горизонт», Белорусский автомобильный завод, Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Белорусский государственный университет и другие организации.

В рамках данной программы определены пилотные предприятия, на которых будут осуществляться разработка и внедрение компонента поддержки жизненного цикла продукции при конструировании, технологической подготовке выпуска, управлении производством, сбыте и эксплуатации продукции. В дальнейшем предусмотрено внедрение разработанных компонентов на других отечественных предприятиях.

Главным подрядчиком по ГНТП «CALS-технологии» выступил Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси. Пилотными предприятиями стали ПО «Минский тракторный завод», РУП БелАЗ, НПО «ВИТЯЗЬ», непосредственными исполнителями разработки — филиал «Центр информационных ресурсов и коммуникаций БГУ», ИП «Омега Софтвар», УП «Микро-Экспресс». Планируемые результаты:

средства конструирования агрегатов и сборочных единиц на основе принципов и стандартов CALS-технологий, включая эскизное и рабочее проектирование, системы поддержки бизнес-процессов технологической подготовки производства изделий на основе трехмерных компьютерных моделей обрабатываемых деталей;

средства поддержки бизнес-процессов учета и планирования производства, управления качеством изделий на основе электронной конструкторской и технологической документации;

средства поддержки товаропроводящих сетей сбыта и эксплуатации изделий на основе интернет-технологий;

средства, обеспечивающие параллельное выполнение процессов инжиниринга в различных производственных областях и управления системой качества продукции с применением CALS-стандартов.

Возможности CALS. Реализация концепции CALS предполагает создание единого информационного пространства для всех участников ЖЦ изделия (в том числе эксплуатирующих организаций). В этом пространстве вся собранная об изделии информация представлена в электронном виде и является единственным источником данных о нем. В целом CALS на предприятии представляет собой распределенное хранилище данных, существующее в сетевой компьютерной системе, охватывающей все службы и подразделения предприятия, связанные с процессами жизненного цикла изделий. Информация, однажды возникшая на каком-либо этапе ЖЦ, сохраняется и становится доступной всем участникам (в соответствии с имеющимися у них правами пользования этой информацией). Это позволяет избежать дублирования, перекодировки и несанкционированных изменений данных, а также ошибок, связанных с этими процедурами, и сократить затраты труда, времени и финансовых ресурсов.

Программно-технические средства CALS предоставляют возможность для параллельного проведения различных работ в рамках одного проекта несколькими рабочими группами, выполнения процессов разработки и проектирования одновременно с моделированием процессов изготовления и эксплуатации. Важно, что эти возможности позволяют выявить и решить на стадии проектирования многие проблемы, которые возникают на более поздних стадиях ЖЦ. При этом существенно сокращаются время разработки проекта, количество ошибок и переделок, что приводит к уменьшению сроков реализации проекта и существенному повышению его качества. С помощью CALS упрощаются планирование и управление многими предприятиями, участвующими в жизненном цикле продукции, появляется возможность расширения и совершенствования кооперационных связей, а также распространения средств и технологий информационной поддержки на послепродажных стадиях жизненного цикла.

По данным ведущей консалтинговой фирмы CIMdata, Inc., приводятся некоторые количественные оценки эффективности внедрения CALS в промышленности США [3]:

прямое сокращение затрат на проектирование — от 10 до 30 %;

уменьшение времени разработки изделий — от 40 до 60 %;

сокращение времени вывода новых изделий на рынок — от 25 до 75 %;

снижение доли брака и объема конструктивных изменений — от 20 до 70 %;

сокращение затрат на подготовку технической документации — до 40 %;

уменьшение затрат на разработку эксплуатационной документации — до 30 %.

В связи с большими объемами ожидаемой экономии и дополнительных прибылей в эту сферу привлекаются значительные инвестиции. Так, инвестиции правительства США в сферу CALS-технологий составляют около 1 млрд дол. в год. Затраты других стран меньше, например, правительство Финляндии затратило на национальную программу в этой области свыше 20 млн дол. США и примерно такую же сумму (около 25 млн дол.) вложили частные компании. Корпорация General Motors в течение 1990—1995 гг. израсходовала на эти цели 3 млрд дол. США. Средние затраты на один проект, посвященный решению локальной задачи в области CALS-технологий (например, разработка стандарта или программы), составляют 1,2—1,5 млн дол. США при среднем сроке выполнения от двух до четырех лет.

Конкурентоспособность продукции и CALS. Повышение конкурентоспособности высокотехнологичной продукции на внешних рынках непосредствен-

но связано с использованием CALS-технологий. Главным является сокращение сроков вывода на рынок новых *конкурентоспособных* изделий. Достигается это в первую очередь за счет сокращения времени разработки изделия при повышении его качества (низкое качество изделия в меньшей степени является следствием плохого проектирования, а в большей степени связано с низким качеством данных, обращающихся между участниками жизненного цикла. CALS-технология, предполагающая наличие единой модели изделия и четких способов доступа к используемой в ней информации, позволяет значительно улучшить качество данных об изделии и соответственно повысить качество самого изделия).

Пользователями CALS-технологий выступают все сотрудники всех предприятий — участников ЖЦ изделия: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях: сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т.п. Главной задачей этой системы является предоставление соответствующему сотруднику нужной ему информации в нужное время в удобной форме.

Использование CALS-технологий влечет за собой следующее: конструкторы освобождаются от непроизводительных затрат времени, связанных с поиском, копированием и архивированием данных, что при работе с бумажными носителями составляет 25—30 % времени; улучшаются взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками разработки; поддерживается методика параллельного проектирования, что приводит к снижению количества изменений изделия; сокращаются сроки проведения мероприятий по изменению конструкции изделия или технологии его производства благодаря улучшению контроля за потоком работ в проекте; возрастает доля заимствованных или слегка измененных компонентов в изделии (до 80 %) за счет предоставления возможности поиска детали с необходимыми характеристиками [4, 26].

Увеличение объемов продаж изделий связано и со снабжением их электронной технической документацией, составленной в соответствии с требованиями международных стандартов. Особое внимание иностранные заказчики уделяют вопросам информационной и организационной поддержки постпроизводственных стадий жизненного цикла, таких как ввод в действие изделий, их эксплуатация, сервисное обслуживание и ремонт, поставка запасных частей и т.п. Поэтому управление информационными процессами ЖЦ представляет собой поддержку различных процедур, создающих и использующих данные об изделии (например, процедуры изменения изделия), т.е. фактически поддержку электронного конструкторского документооборота. Расширение границ доступности данных об изделии достигается за счет интеграции всех данных в логически единую модель. В западной терминологии перечисленные вопросы объединяются понятием «интегрированная логистическая поддержка», являющейся важной составной частью концепции CALS. Все это связано со стремлением потребителя сократить затраты на эксплуатацию, которые для сложных и наукоемких изделий практически равны или превышают затраты на его покупку.

Так, например, при заказе запчастей потребитель и предприятие сталкиваются с проблемой определения документов, согласно которым было выпущено, модернизировалось и ремонтировалось изделие. Здесь пересекаются две взаимосвязанные задачи — определение комплекта на уровне обозначений и восстановление содержания документов на нужный момент времени (серийный номер, номер партии). Заинтересованным лицам необходимо поработать не только чертежи изделия, но и содержание всех изменений, при этом возникает проблема однозначной идентификации запрашиваемых компонентов, так как в серийных номерах, разных партиях под одним обозначе-

нием могут оказаться различные объекты, которые различаются производственными параметрами.

Современный рынок не примет продукцию, не имеющую электронной документации и не обладающую средствами интегрированной поддержки постпроизводственных стадий жизненного цикла. Сегодня большинство иностранных покупателей отечественной продукции выдвигают следующие требования: представление конструкторской и технологической документации в электронной форме, эксплуатационной и ремонтной документации — в форме интерактивных электронных технических руководств, снабженных иллюстрированными электронными каталогами запасных частей и вспомогательных материалов, а также средствами дистанционного заказа запчастей и материалов; обязательное наличие электронной системы каталогизации продукции. Все это невозможно без внедрения CALS-технологий.

Концепция CALS определяет набор правил, регламентов, стандартов, в соответствии с которыми строится современное информационное взаимодействие участников процесса. Основу управления жизненным циклом изделий составляет общекорпоративная информационная система управления для совместного создания, управления и использования актуальной информации об изделиях, объединяющая в единое информационное пространство людей, процессы, продукцию и информацию. Это позволяет управлять всей информацией о структуре продукта и его разработке: от концепции до сдачи в производство, от изготовления отдельного экземпляра до его вывода из эксплуатации. Отставание во внедрении CALS, интеграции различных информационных технологий, существующих на предприятиях, в единый комплекс, базирующийся на создании в рамках предприятия или группы предприятий интегрированной информационной среды, поддерживающей все этапы ЖЦ выпускаемой продукции, чревато негативными последствиями.

Для того чтобы выпускать современные конкурентоспособные изделия, которые могут занять лидирующие положения на рынке, руководство машиностроительных предприятий должно быть способным понять требования, выдвигаемые рынком, а также предвидеть те изменения, которые произойдут на рынке в ближайшие годы.

Использование CALS решает не только проблему повышения конкурентоспособности продукции, но и закрепления ее на рынках. Крупные зарубежные фирмы, внедряя CALS, преследовали и другую задачу — ограничение доступа на рынок продукции тех предприятий, которые не сумеют овладеть этими новейшими технологиями.

Внедрение CALS-технологий на РУП «Минский тракторный завод». Поиск средств повышения эффективности управления, борьба за рынки сбыта, переход на ориентацию производства под заказ для конкретного потребителя требуют от предприятия освоения современных информационных технологий, создания необходимой инфраструктуры. Для этого необходима была политическая воля руководства предприятия, и соответствующее решение им было принято. Существующая сегодня на РУП МТЗ организация работ не соответствует требованиям современных компьютерных технологий. Принципиальным условием для перехода к CALS-технологии является то, что требуется принять решение: в первую очередь решить проблему реорганизации как производственных процессов, так и деятельности предприятия в целом с целью повышения его конкурентоспособности, или организовать работу без изменения существующей структуры.

На первом этапе было решено перейти к идее процессно-ориентированного управления, которая означает переход от управления статичной структурой предприятия (рис. 2) к представлению его деятельности в виде множества динамичных бизнес-процессов (рис. 3).

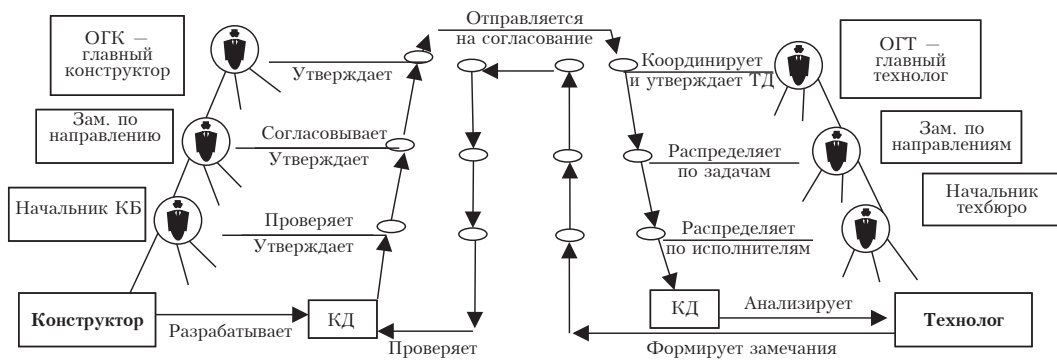


Рис. 2. Иерархично-функциональная система управления

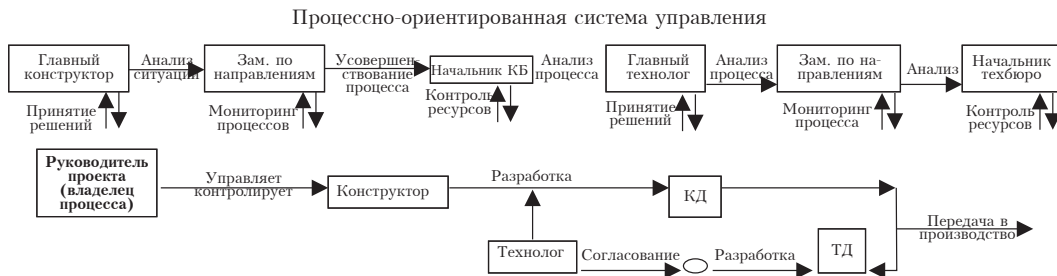


Рис. 3. Изменение структуры управления для виртуальных бизнес-процессов

Реализация этого решения ставит серьезные и сложные задачи: они должны быть описаны и нормативно закреплены в стандартах системы управления качеством. Данная система должна ориентироваться на процессный подход в управлении, требует формализации и документирования основных бизнес-процессов предприятия, а также создания действенного механизма для их постоянной актуализации, контроля, анализа эффективности и совершенствования.

Для перехода к организации производственной деятельности предприятия на основе принципов и стандартов CALS-технологии также необходимо создать методологический базис, рассматривая в комплексе задачи реализации информационной технологии поддержки процессов на этапах конструирования, технологической подготовки производства, управления производством, сбытом и эксплуатацией тракторной техники. С учетом предыдущего опыта компьютеризации проектных и производственных задач были сформулированы концептуальные принципы внедрения CALS-технологий на РУП МТЗ, которые заключаются в следующем:

эволюционный подход на базе достижений предыдущих лет (работы по освоению CAD-системы Unigraphics начаты в 1995 г., по созданию комплекса информационных средств — в 1998 г.);

совершенствование производственной деятельности путем изменения методов решения задач и содержания проектных работ на базе комплексов методических, информационных и программных средств с их поэтапным внедрением в производство;

организация виртуальных бизнес-процессов на новый состав работ путем создания сквозных циклов по технологическим переделам, отдельным видам работ;

новая организация работ без изменения существующей структуры подразделений с закреплением разрабатываемых бизнес-процессов в стандартах предприятия;

реальная работа по компьютеризации деятельности подразделений предприятия путем разработки, технической приемки и сдачи в эксплуатацию в соответствии с календарным планом задания новых комплексов методических, информационных и программных средств.

Опыт показывает, что простое накладывание информационных систем на существующие процессы проектирования и производства не дает эффекта.

Выбор решений при создании информационных систем на базе CALS-технологий базируется на следующих требованиях [5–6]:

реорганизация взаимодействия специалистов разных подразделений на базе автономных виртуальных бригад, обеспечивающих сквозные процессы компьютерного проектирования и производства по видам технологических переделов, способных к самостоятельному функционированию и принятию ответственности за конечный результат в производстве;

наличие распределенной базы данных 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 работы для эффективной загрузки техники (международный принцип работы информационных систем — 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 52 недели в год);

соответствие возможностей выбранных компьютерных систем требованиям и специфике конкретного производства, оперативное отслеживание изменяющихся условий деятельности предприятия.

Координация между стратегией развития предприятия и архитектурой создаваемой информационной системы, измерение ее эффективности по мере внедрения, поэтапное совершенствование организационной структуры предприятия и включение человеческого фактора в процесс позволит своевременно решить поставленные перед предприятием задачи.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия / В.В. Бакаев [и др.]; под ред. В.В. Бакаева. — М.: Машиностроение-1, 2005.
2. *Дмитров, В.И.* CALS как основа для проектирования виртуальных предприятий / В.И. Дмитров // Автоматизация проектирования. — 1997. — □ 5.
3. *Давыдова, А.Н.* CALS-технологии. Основные направления развития [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://quality.eup.ru/MATERIALY2/calsrazv.htm>. — Дата доступа: 12.05.2009.
4. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин [и др.]. — М.: Анахарсис, 2002.
5. *Губич, Л.В.* Автоматизация процессов проектирования в машиностроении / Л.В. Губич. — Минск: Объединен. ин-т проблем информатики НАН Беларуси, 2002.
6. CALS (Поддержка жизненного цикла продукции) / А.П. Давыдов [и др.]. — М.: ГУП ВИМИ, 1999.