

9.7. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОТРАСЛИ ЭНЕРГЕТИКИ

Садовская Т.Г., д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой предпринимательства и
внешнеэкономической деятельности;
Чернышова Т.Н., аспирант кафедры
предпринимательства и внешнеэкономической
деятельности

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана

В статье рассматриваются системы управления жизненным циклом изделий. Анализируются и сопоставляются термины, которые чаще всего относят к управлению жизненным циклом изделий. Рассматривается развитие понятия **CALS**-технологий, а также основные положения определяющие их. Приводится описание **PLM**, **PDM**, **ИПИ**, **ИЛП** систем. Рассматриваются исторические аспекты развития **CALS**-технологий в Российской Федерации. Описываются проекты внедрения **CALS**-технологий на российских предприятиях. Обосновывается необходимость применения **CALS**-технологий в российской энергетической отрасли. Даются рекомендации по реализации таких проектов.

ВВЕДЕНИЕ

В течение двух последних десятилетий во многих странах мира широкое распространение получили системы управления жизненным циклом изделий. Эта концепция имеет большую популярность, а сегмент рынка информационных систем, реализующих ее, имеет наибольший темп роста среди систем управления предприятием. В рамках нее используются разнообразные термины, связи и различия между которыми зачастую сложно понять. Из них наиболее часто встречаются следующие: **CALS**, **ИПИ**, **ИЛП**, **PLM**, **PDM** (рис. 1).

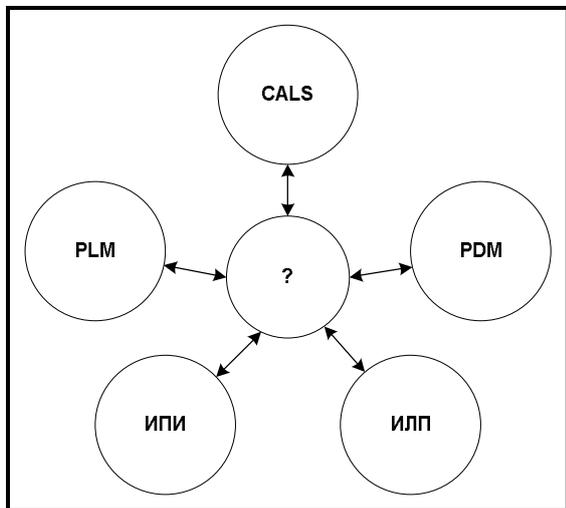


Рис. 1. Термины, относящиеся к системам управления жизненным циклом изделий

Попробуем в них разобраться, рассмотрев историю появления различных терминов.

CALS-ТЕХНОЛОГИИ

Аббревиатура **CALS** используется более 20 лет, но смысловое содержание термина претерпело значительную эволюцию, в частности (рис. 2):

- 1985 г.: Computer aided of logistics support – компьютерная поддержка логистических систем;
- 1988 г.: Computer aided acquisition and lifecycle – компьютерные поставки и поддержка жизненного цикла;
- 1993 г.: Continual aided acquisition and lifecycle – поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла;
- 1995 г.: Commerce at light speed – бизнес в высоком темпе;
- 1997 г.: Continuous acquisition and lifecycle support – непрерывная поддержка жизненного цикла (ЖЦ) продукта [1].

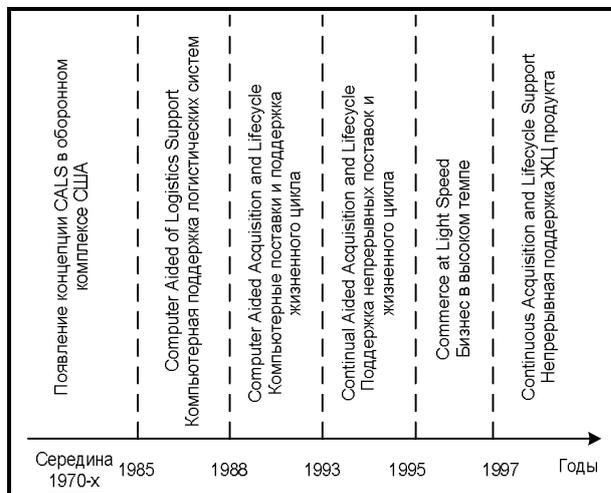


Рис. 2. Изменение расшифровки аббревиатуры **CALS** во времени

Процесс построения четких определений в области **CALS**-технологий пока не завершен [5].

Впервые концепция **CALS** возникла в середине 1970-х гг. в оборонном комплексе США в связи с необходимостью повышения эффективности управления и сокращения затрат на информационное взаимодействие в процессах заказа, поставок и эксплуатации средств вооружения и военной техники. Движущей силой явилась естественная потребность в организации «единого информационного пространства», обеспечивающего оперативный обмен данными между заказчиком (федеральными органами), производителями и потребителями военной техники. Данная концепция изначально базировалась на идеологии ЖЦ продукта и охватывала фазы производства и эксплуатации [23].

Предметом **CALS** являлась безбумажная технология взаимодействия между организациями, заказывающими, производящими и эксплуатирующими военную технику, а также формат представления соответствующих данных [23].

CALS базировалась на результатах реализации программы Integrated computer – aided manufacturing (**ICAM**) – программы интегрированной компьютеризации производства, реализованной в Министерстве обороны США. Цель этой программы состояла в повышении эффективности производства посредством применения компьютерных информационных технологий. Комплексное применение этих технологий в рамках программы **ICAM** потребовало унификации и стандартизации методов описания и анализа организационных и производственных систем. На основе уже имевшихся технологий структурированного анализа и проектирования систем **SADT** (structural analysis and design technology) было разработано семейство (более десяти) методов **IDEF** (Integrated DEFinition), ряд из которых был принят в качестве федеральных стандартов, а метод функцио-

нального моделирования *IDEFO* принят в качестве стандарта *CALS* [2].

CALS-технологии, доказав свою эффективность, перестали быть прерогативой военного ведомства и начали активно применяться в промышленности, строительстве, транспорте и других отраслях экономики, расширяясь и охватывая все этапы жизненного цикла продукта. Новая концепция сохранила аббревиатуру *CALS*, но получила более широкую трактовку Continuous acquisition and life cycle support – непрерывная поддержка ЖЦ продукта (изделия). Таким образом, возникшая в Министерстве обороны США идея, связанная с единой информационной поддержкой логистических систем, быстро превратилась в глобальную бизнес-стратегию перехода на безбумажную электронную технологию работы, повышения эффективности бизнес-процессов, выполняемых в ходе ЖЦ продукта, за счет информационной интеграции и совместного использования информации на всех его этапах [23].

В 1987 г. по инициативе 1100 ведущих представителей промышленности США был создан Американский промышленный управляющий комитет в области *CALS* для координации работы различных организаций США в области *CALS* [23].

Работы по внедрению *CALS*-технологий велись в два этапа. На первом этапе (рубеж 1990-х гг.) основное внимание уделялось представлению в электронном виде технической документации. На этом же этапе была определена технология представления технической и конструкторско-технологической документации в так называемом нейтральном электронном формате. На 2-м этапе (начало 1990-х гг.), в рамках всемирного консорциума 25 ведущих технических организаций США, было достигнуто соглашение об использовании нового «нейтрального» стандарта описания данных ISO 10303 (Standard for the exchange of product model data, *STEP*). Сразу же после разработки стандарта *STEP* была начата разработка стандартов ISO 13584 (*PLIB*), ISO 15531 (*MANDATE*), предназначенных для описания и представления информации о компонентах и комплектующих изделия, производственно-эксплуатационной среды и обмена данными, которые имеют общую со *STEP* структуру и технологию построения. Эти стандарты заложили основу *CALS*-технологий [23].

В 1995 г. в США был заключен меморандум по общему пониманию и кооперации в использовании стандарта нового поколения ISO 10303 (*STEP*). В меморандуме отмечено, что новый стандарт является ключевой технологией описания данных об изделии для мирового рынка. Этот стандарт обеспечивает описание физических и функциональных параметров изделия на протяжении всего его жизненного цикла. Меморандум, подписанный руководителями главных аэрокосмических компаний США, содержит обязательство участников использовать *STEP* в реализации *CALS*. Он подталкивает поставщиков, других участников аэрокосмической отрасли и продавцов ее технических систем к участию в разработке и внедрении *STEP*-технологии. В меморандуме указывается, что в настоящее время различные компании нуждаются в эффективном обмене информацией с их партнерами, заказчиками и поставщиками во всем мире. Для того чтобы сохранить конкурентоспособность на мировом рынке, эти компании должны быть уверены, что обмен является совместимым, точным и своевременным. Используя эти международные стан-

дарты, компании устраняют существовавшие при обмене информацией барьеры, что позволяет обеспечить максимальную гибкость при конструировании, производстве и логистической поддержке (поддержке поставок) продукции. Использование международных стандартов *STEP* дает возможность этим аэрокосмическим компаниям (и компаниям других отраслей) достигнуть новых, более высоких показателей качества и производительности, снижения стоимости продукции и сокращения времени выхода ее на рынок. Характерно, что рассматриваемый меморандум, заключенный главными аэрокосмическими компаниями, аналогичен с международным меморандумом автомобилестроительных компаний [23].

Аналогичные комитеты и, соответственно, проекты в области *CALS* были созданы и развернуты в других странах. Так, например, в Великобритании *CALS* стала известна с 1988 г. В 1991 г. был сформирован Промышленный совет Великобритании в области *CALS*. С 1993 г. департамент торговли и промышленности Великобритании начал содействовать развитию *CALS*. В том же году было выпущено руководство по внедрению *CALS*. Свою задачу Промышленный совет видит в продвижении и поддержке наилучших методов реорганизации предпринимательской деятельности так, чтобы компании Великобритании могли пользоваться преимуществами электронного обмена информацией. Самыми первыми предприятиями, начавшими применение *CALS*, являются:

- аэрокосмический комплекс;
- военно-промышленный комплекс;
- крупные нефтяные и нефтеперерабатывающие компании.

Самыми первыми проектами в области *CALS* в Великобритании были проекты, связанные с организацией цепных поставок между «первопроходцами» в области *CALS* [23].

В Европе концепция *CALS* также нашла достаточно широкое распространение. Создана Европейская промышленная группа в области *CALS*, созданы и создаются национальные программы по *CALS*, а также отдельные проекты по *CALS*, например такие, как *PROSTEP*, *PISTEP* [23].

Организация Североатлантического договора (НАТО) уделяет значительное внимание вопросам *CALS*. Ведомство по вопросам *CALS* в структуре НАТО создано в 1994 г. В рамках данного ведомства осуществляются исследования, охватывающие:

- технические стандарты;
- функциональные мета модели;
- сетевую инфраструктуру;
- анализ рентабельности;
- принципы электронной коммерции;
- правовые вопросы и контрактное право [23].

Внедрение *CALS* набирало темпы и в Тихоокеанском регионе. Так, например, Промышленный форум по *CALS* в Японии был создан в мае 1995 г. В рамках Промышленного форума осуществляются различные проекты в области *CALS* [23].

В настоящее время в мире действует более 25 национальных организаций, координирующих вопросы развития *CALS*-технологий, в том числе в США, Канаде, Японии, Великобритании, Германии, Швеции, Норвегии, Австралии, а также в рамках НАТО [23].

Впоследствии сфера применения *CALS*-технологий расширилась до всего жизненного цикла изделия и вышла за пределы военных ведомств. Несмотря на

это, наиболее передовыми пользователями **CALS**-технологий все же являются военные разработчики. Например, с помощью **CALS**-технологий были созданы истребитель F-22 (США), подводная лодка Viking (Дания, Норвегия и Швеция), самоходная гаубица Crusader (США). Во всех этих проектах делалась попытка организовать полномасштабное единое информационное пространство для всех участников жизненного цикла изделия. В области гражданского внедрения **CALS**-технологий в мире и в Российской Федерации лидируют аэрокосмическая и атомная промышленности, автомобиле- и судостроение [23].

ИПИ/ИЛП

Проанализировав российскую литературу по технологиям управления ЖЦ изделий ([5, 8]), приходим к выводу, что в РФ термин **CALS** заменяется термином ИПИ (информационная поддержка изделий). В [8] встречается упоминание понятия КСПИ (Компьютерное сопровождение и поддержка изделий).

В книге Е.В. Судова [21] упоминается и понятие ИЛП. По его мнению, это понятие относится к числу базовых инвариантных понятий концепции и стратегии **CALS** (Continuous acquisition and life cycle support) или ИПИ (Информационная поддержка ЖЦ изделий).

PDM

Система PDM (Product data management) – программно-технический комплекс, обеспечивающий актуализацию и хранение:

- структурированных данных о конструкции изделия и его составных частей, их свойствах (характеристиках);
- документов, относящихся к изделию и его составным частям;
- данных о технологических процессах и ресурсах;
- данных о конкретных экземплярах изделия и его составных частей, включая данные измерений и контроля (данные о качестве) [23].

Яцкевич А.И. из НИЦ **CALS**-технологий «Прикладная логистика» определяет **PDM**-системы как системы управления данными об изделии, выполняющие следующие функции:

- управление справочниками;
- управление документами;
- управление составом изделия;
- управление изменениями;
- управление потоками работ;
- управление проектами [28].

В его понимании **PLM**-системы состоят из **PDM**-систем и такой функции, как поддержка эксплуатации изделий [28].

PLM

Если с понятиями ИПИ и ИЛП все ясно и понятно, то с определением термина **PLM** возникают большие проблемы, так как существует множество мнений по этому вопросу.

Так, например, на сайте Государственного научного центра «Центральный научно-исследовательский институт робототехники и технической кибернетики» (ГНЦ ЦНИИ РТК), говорится: «сейчас широко распространена и концепция **PLM** (Product lifecycle management – управление жизненным циклом изделия), которая, по своей сути, является аналогом концепции **CALS** [10]».

В источнике [6] говорится так: «Понятие **PLM**-система трактуется двояко: либо как интегрированная совокупность автоматизированных систем **CAE/CAD/CAM/PDM** и **ERP/CRM/SCM**, либо как совокупность только средств информационной поддержки изделия и интегрирования автоматизированных систем предприятия, что практически совпадает с определением понятия **CALS**», «в широком смысле слова **CALS** – это методология создания единого информационного пространства промышленной продукции, обеспечивающего взаимодействие всех промышленных автоматизированных систем (АС). В этом смысле предметом **CALS** являются методы и средства как взаимодействия разных АС и их подсистем, так и сами АС с учетом всех видов их обеспечения. Практически синонимом **CALS** в этом смысле становится термин **PLM**».

- **CAE** (Computer-aided engineering) – общее название для программ или программных пакетов, предназначенных для инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов. Расчетная часть пакетов чаще всего основана на численных методах решения дифференциальных уравнений [25].
- **CAD** (Computer-aided design) – система автоматизации проектных работ – программный пакет, предназначенный для создания чертежей, конструкторской и (или) технологической документации и (или) 3D моделей [18].
- **CAM** (Computer-aided manufacturing) – подготовка технологического процесса производства изделий, ориентированная на использование ЭВМ. Под термином понимаются как сам процесс компьютеризированной подготовки производства, так и программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами [17]. В русском языке есть термин САПР, который подразумевает совокупность систем **CAD/CAM/CAE** [25].
- **ERP** (Enterprise resource planning) – управление ресурсами предприятия. Это – информационная система для идентификации и планирования всех ресурсов предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета в процессе выполнения клиентских заказов [3].
- **CRM** (Customer relationship management system) – система управления взаимодействием с клиентами – корпоративная информационная система, предназначенная для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах (контрагентах) и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процедур и последующего анализа результатов [26].
- **SCM** (Supply chain management) – системы управления цепями поставок. Предназначены для автоматизации и управления всеми этапами снабжения предприятия и для контроля всего товародвижения на предприятии. Позволяет значительно лучше удовлетворить спрос на продукцию компании и значительно снизить затраты на логистику и закупки [19].

Подход **PLM**, суть которого отражена на рис. 3, состоит в том, чтобы обеспечить решение всех задач с помощью набора взаимоувязанных программных продуктов одного крупного разработчика программного обеспечения. На этом же рисунке просматривается и основная возникающая при этом проблема – зависимость пользователя от программных продуктов одного разработчика [24].

CNC (Computer numeric control) – компьютерное числовое управление – система управления технологическим оборудованием, применяемая при автоматизации промышленного производства, или числовое программное управление (ЧПУ).

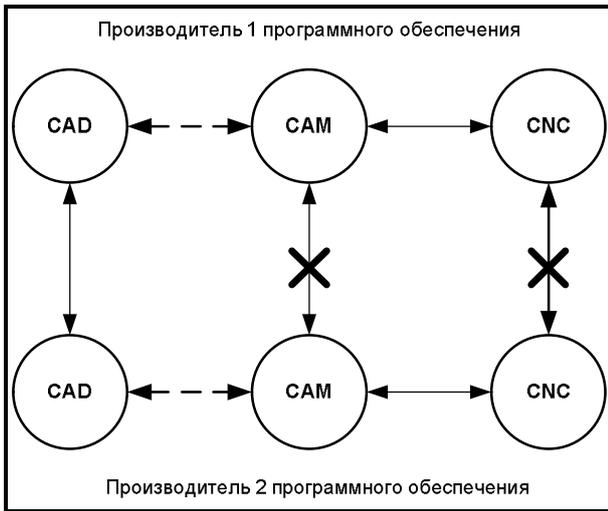


Рис. 3. Технология непрерывной компьютерной поддержки полного ЖЦ изделия (PLM-технология) [24]

Подход **CALS**, наоборот, заключается в том, чтобы освободить пользователя от зависимости от одного разработчика. Основа подхода – это единое информационное пространство, построенное на применении международных стандартов представления данных (рис. 4) [24].

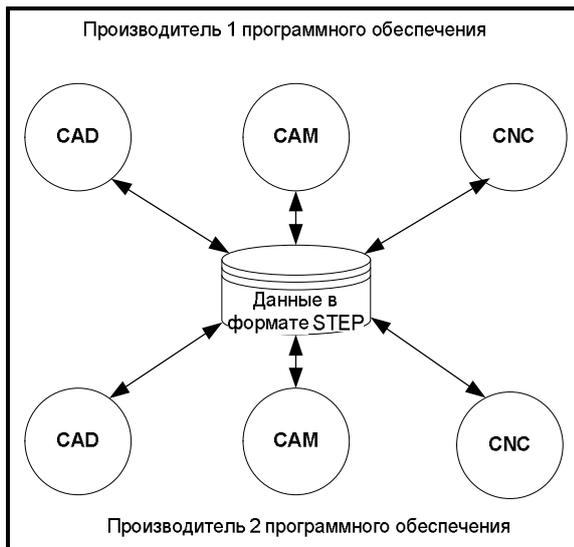


Рис. 4. Интеграционные возможности формата CALS [24]

Хочется заметить, что при поиске различий терминов **CALS** и **PLM** в иностранной литературе, данные термины почти не упоминаются вместе, а наоборот, рассматриваются как различные. Если говорится о **CALS**, то это почти всегда относится к Министерству обороны США. Если о **PLM**, то только как о современной технологии, имеющей высокие темпы роста ее сегмента рынка.

ВЫВОДЫ

Итак, мы рассмотрели все понятия, которые относят к системам управления ЖЦ изделий, а именно **CALS**, **ИПИ**, **ИЛП**, **PLM**, **PDM**. Теперь необходимо сделать окончательные выводы о их взаимосвязи.

Так как нельзя прийти к однозначным выводам в отношении всех взаимосвязей данных систем, условимся в данной статье основываться на следующем (рис. 5):

- системы **ИПИ** и **ИЛП** считать равнозначными;
- **ИПИ/ИЛП** – это развитие **CALS**-систем в РФ;
- **CALS**-системы относить преимущественно к Министерству обороны США;
- современное воплощение **CALS**-систем – **PLM**-системы;
- **PDM**-системы – лишь одна из частей **PLM**-систем.

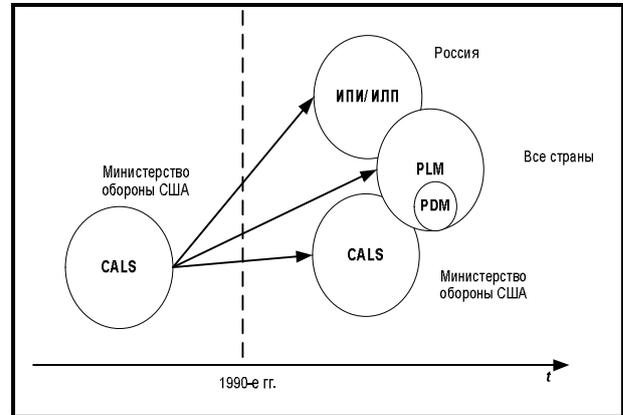


Рис. 5. Принимаемое в данной статье соотношение терминов, относящихся к системам управления ЖЦ изделий

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрим последнее устоявшееся определение **CALS** -технологий по частям.

1. «Непрерывная поддержка жизненного цикла продукта» – означает стратегию систематического повышения эффективности, производительности и рентабельности процессов хозяйственной деятельности предприятия. Это возможно за счет внедрения современных методов информационного взаимодействия участников ЖЦ продукта [5].

В «Проекте Руководства по применению **CALS** в НАТО», выпущенном 1 марта 2000 г., термин **CALS** определяется как «...совместная стратегия промышленности и государства, направленная на реинжиниринг существующих бизнес-процессов – в единый высокоавтоматизированный и интегрированный процесс управления жизненным циклом систем военного назначения» [5].

Это означает «непрерывность поставок продукции и поддержки ее жизненного цикла». «Непрерывность поставок» требует и подразумевает оптимизацию процессов взаимодействия «заказчика и поставщика» в ходе разработки, проектирования и производства сложной продукции, срок жизни которой с учетом различных модернизаций составляет десятки лет. Для обеспечения эффективности, а также сокращения затрат средств и времени процесс взаимодействия заказчика и поставщика должен быть действительно непрерывным [5].

2. «Непрерывная поддержка жизненного цикла» – заключается в оптимизации процессов обслуживания, ремонта, снабжения запасными частями и модернизации. Поскольку затраты на поддержку сложного наукоемкого изделия в работоспособном состоянии часто

равны или превышают затраты на его приобретение, то принципиальное сокращение «стоимости владения» обеспечивается инвестициями в создание системы поддержки жизненного цикла [5].

Целью применения **CALS**-технологий как инструмента организации и информационной поддержки всех участников создания производства и пользования продуктом является повышение эффективности их деятельности. Это возможно за счет ускорения процессов исследования и разработки продукции, придания изделию новых свойств, сокращения издержек в процессах производства и эксплуатации продукции, повышения уровня сервиса в процессах ее эксплуатации и технического обслуживания [5].

Стратегия **CALS** объединяет в себе:

- применение современных информационных технологий;
- реинжиниринг бизнес-процессов;
- применение методов «параллельной» разработки;
- стандартизацию в области совместного использования данных и электронного обмена данными [5] (рис. 6).



Рис. 6. Стратегия **CALS**

С точки зрения информационной системы, **CALS**-система представляет собой программно-технический комплекс в виде интегрированных информационных технологий поддержки всех этапов ЖЦ продукции, соответствующих требованиям **CALS**-стандартов [5].

Наиболее важными аспектами при рассмотрении научно-методической, программно-технической и нормативно-правовой сторон **CALS**-технологий являются:

- функциональное моделирование бизнес-процессов;
- технологии анализа и реинжиниринга;
- виртуальные предприятия и многопрофильные коллективы;
- информационная инфраструктура;
- нормативная документация [5].

В большинстве предприятий существуют «островки» автоматизации в виде разрозненных автоматизированных систем **САПР**, **АРМ**, **АСУТП** и др. Дальнейший количественный рост «островковой» автоматизации без интеграции информационных технологий мало перспективен. Вместе с тем замена всех используемых систем требует огромных материальных затрат и обычно нецелесообразна. Разумнее создавать информационную инфраструктуру, в рамках которой существующие автоматизированные системы объединяются и интегрируются, а там, где необходимо, дополняются новыми технологиями [5].

В различных источниках отмечаются следующие основные выгоды, которые получают предприятия от внедрения **CALS**-технологий:

- повышение эффективности операций создания и обработки информации о сложных изделиях;

- интеграция процессов информационного сопровождения ЖЦ изделия;
- переход к от бумажного документооборота к электронному. За счет этого при внедрении **CALS**-технологий:

- снижаются расходы и трудоемкость проектирования и освоения производства новых сложных изделий, на подготовку технической документации (до 30-40%);
- уменьшаются сроки выпуска новых сложных изделий на рынок (до 75%) [25].

CALS базируется на использовании интегрированной информационной среды (ИИС) (единого информационного пространства), в которой посредством электронного обмена данными реализуется взаимодействие всех участников ЖЦ:

- заказчиков продукции (включая государственные учреждения и ведомства);
- разработчиков;
- производителей (поставщиков) продукции;
- эксплуатантов.

Управленческие и информационные технологии **CALS** призваны способствовать решению (с большей эффективностью и с меньшими издержками) следующих задач.

1. Накопление, хранение и систематическое обновление данных об изделии, включающих:
 - информацию о составе и структуре изделия, т.е. о его компонентах и их входимости;
 - о характеристиках изделия и его компонентов;
 - ссылки на техническую документацию, описывающую изделие и хранящуюся в электронном архиве.
2. Согласование, утверждение и систематическое отслеживание выполнения требований к изделию и его компонентам на всех стадиях ЖЦ [14].
3. Параллельная разработка конструкции изделия и системы его эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (ТОиР), в том числе:
 - обеспечение надежности (безотказности, долговечности) изделия как конструктивными, так и эксплуатационными средствами;
 - обеспечение ремонтпригодности и эксплуатационной технологичности посредством анализа как вновь создаваемого изделия, так и его прототипов;
 - формирование регламентов и технологических операций технического обслуживания, обеспечивающих существенное сокращение длительности этих процедур;
 - определение рациональной периодичности планово-профилактических работ (в единицах календарного времени или наработки), оценка продолжительности и стоимости выполнения соответствующих технологических процессов;
 - анализ и реализация возможностей сокращения продолжительности и стоимости техпроцессов;
 - определение рациональной номенклатуры и количества запасных частей, расходных материалов и принадлежностей, которые следует поставлять вместе с изделием, приобретать и хранить на складах с тем, чтобы обеспечить требуемую готовность техники при минимальных затратах на приобретение и хранение [14].
4. Кодификация продукции, в том числе поставляемой для государственных нужд, позволяющая упорядочить поставки и сократить затраты времени удовлетворения заявок на запасные части, расходные материалы и принадлежности.
5. Мониторинг хода эксплуатации, позволяющий накапливать и анализировать фактические данные о надежности, расходовании ресурсов всех видов, эффективности применения и т.д., с целью последующего использования этих данных при модернизации существующих и проектировании новых образцов изделий [14].
6. Электронная технология создания эксплуатационной и ремонтной документации на изделие, обеспечивающая:
 - создание базы готовых фрагментов (модулей) документации, предназначенных для многократного использования

- при создании модификаций и исполнений базового изделия, что обеспечивает значительное сокращение затрат;
- возможность с минимальными затратами поддерживать актуальное состояние документации при изменениях конструкции изделия в ходе его модернизации в течение ЖЦ;
 - многократное сокращение физических объемов документации при ее издании в электронном виде;
 - резкое (на порядки) сокращение затрат времени на поиск нужной информации в процессе ТООР, а также при возникновении нестандартных ситуаций, при издании документации в электронном виде.
7. Стандартизация процессов и технологий управления и информационного взаимодействия всех участников ЖЦ на всех его стадиях, обеспечивающая единообразие действий и понимания данных всеми участниками ЖЦ, а также возможность многократного использования однажды созданных данных, что существенно снижает затраты на информационную поддержку процессов ЖЦ [14].

На рис. 7 показана концептуальная схема, отражающая взаимосвязи управленческих и информационных технологий, инструментальных средств и других понятий **CALS** в рамках единой системы управления конкурентоспособностью.

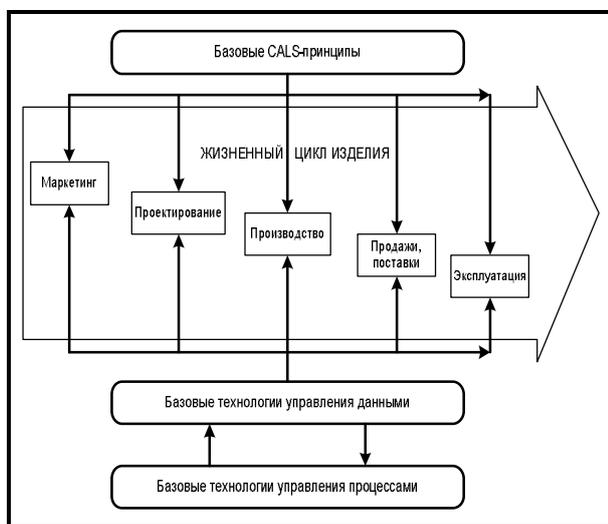


Рис. 7. Концептуальная модель CALS [14]

РАЗВИТИЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ В РФ

В РФ, хотя и с некоторым отставанием во времени от передовых индустриальных стран, начиная с середины 1990-х гг., на концепцию **CALS** начинают обращать свое внимание специалисты различных отраслей промышленности [23].

Был создан Межведомственный промышленный совет по вопросам **CALS** при Министерстве обороны промышленности РФ. Его основными целями являлись:

- развитие российской индустриальной инфраструктуры по поддержке эффективных связей и взаимного обмена между предприятиями при реализации стратегии **CALS**;
- поддержка согласованных работ в области **CALS** по интеграции предприятий в целях повышения их эффективности и производительности;
- устранение возможных барьеров в процессе интеграции **CALS**-стандартов и технологий [23].

По данным Государственной корпорации «Рособоронэкспорт», в 2000-2001 гг. ряд стратегических заказчиков вооружений и военной техники (например, Индия, Ки-

тай, Южная Корея) выдвинул требования применения **CALS**-технологий (конструкторско-технологическая и эксплуатационная документация в электронном виде, обеспечение управления качеством продукции) одним из условий заключения крупных контрактов на поставку военных кораблей, изделий авиационной, ракетной и другой сложной военной техники [7] (рис. 8).

Особое внимание иностранные заказчики уделяли вопросам информационной и организационной поддержки постпроизводственных стадий ЖЦ наукоемких изделий, таких как закупка и поставка изделий, ввод их в действие, эксплуатация, сервисное обслуживание и ремонт, поставка запасных частей и т.д. [7].

Аналогичные проблемы возникли у экспортеров гражданской наукоемкой продукции. В частности, по данным ОАО «Авиаэкспорт», аналогичная ситуация имела место и на международном рынке гражданской авиационной техники [7].

Одной из причин отставания в области **CALS**-технологий являлось отсутствие отечественной нормативной базы, регламентирующей основные принципы электронного ведения работ при проектировании, производстве, поставке и сервисном обслуживании изделий.

В соответствии с приказом председателя Государственного комитета РФ по стандартизации (Госстандарт РФ) №515 «О создании технического комитета по стандартизации **CALS**-технологий» от 1 декабря 1999 г. был создан Научно-исследовательский центр **CALS**-технологий «Прикладная логистика» [2]. В 1999 г. распоряжением Министерства экономики РФ (Минэкономики РФ) он назначен головной организацией по разработке и внедрению **CALS**-решений в оборонной промышленности [9].

Для организации и осуществления работ по стандартизации в области **CALS**-технологий (в соответствии с решением коллегии Минэкономики РФ) в рамках Госстандарта РФ в 1999 г. создан Технический комитет (ТК) №431 «**CALS**-технологии» [23].

В рамках ТК №431 действовал подкомитет №2 «Представление данных и обмен данными об изделиях и процессах», организованный на базе НИЦ **CALS**-технологий «Прикладная логистика» и объединявший специалистов ведущих отечественных предприятий. Работы по подготовке нормативных документов велись в соответствии с Программой стандартизации в области **CALS**-технологий в 2000-2003 гг., утвержденной Госстандартом РФ и рядом заинтересованных министерств и ведомств [23].

Благодаря поддержке Министерства промышленности и науки РФ (Минпромнауки РФ), НИЦ **CALS**-технологий «Прикладная логистика» сумел разработать отечественные технологии перевода технической эксплуатационной документации в электронный вид, соответствующий требованиям **CALS**-стандартов (программный комплекс Technical guide builder) [7].

Ряд ведущих предприятий-экспортеров, используя разработки НИЦ **CALS**-технологий, начал решать проблему перевода технической эксплуатационной документации на экспортируемую продукцию в электронный вид. Это такие предприятия как Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение и его поставщики, Иркутское авиационное производственное объединение, Тульское КБ приборостроения и другие предприятия [7].

Госстандартом РФ и Минпромнауки РФ было принято решение о совместном финансировании разработки в 1999-2001 г. ряда первоочередных стандартов, которые открывают путь к внедрению **CALS**-технологий в отечественной промышленности [7].

Особую актуальность начали приобретать задачи обучения и аттестации специалистов в этой сфере деятельности. Для их решения Минпромнауки РФ совместно с Министерством образования РФ в декабре 1999 г. создали Государственный межведомственный центр по обучению и аттестации специалистов в области **CALS**-технологий. Была организована разработка и издание методических рекомендаций и учебников по применению **CALS**-технологий. Первые такие учебники и методические рекомендации выпущены в 1999-2000 гг. [7].

При поддержке Минпромнауки РФ в сети Интернет создан сервер CALS.RU, на котором размещена обновляемая информация по отечественным и зарубежным стандартам и разработкам в области **CALS**-технологий [7].

Учитывая межведомственный характер проблемы **CALS**-технологий, организацию и координацию работ в этой области Правительство РФ поручило (поручение №ИК-П8-03694 от 2 марта 2001 г.) Минпромнауки РФ. В соответствии с этим поручением Минпромнауки РФ совместно с Министерством атомной промышленности РФ (Минатом РФ), Министерством обороны РФ и Госстандартом РФ разработан и Правительством РФ утвержден комплекс первоочередных мероприятий по разработке и апробации нормативно-правовой, научно-методической и программно-технической базы, обеспечивающей внедрение **CALS**-технологий в различных отраслях промышленности [7].

В качестве первого шага Минпромнауки РФ совместно с Минэкономпромом Республики Татарстан был разработан первый региональный пилотный проект по развитию **CALS**-технологий и технологий менеджмента качества на ведущих предприятиях Татарстана, в том числе в открытых акционерных обществах (ОАО) «КамАЗ», «Татнефть», «Татэнерго» и «Казанский вертолетный завод», в Государственном унитарном предприятии «Казанское авиационное производственное объединение» и др. [7].

В 2001-2003 гг. в Республике Татарстан был реализован пилотный региональный проект «Повышение качества и конкурентоспособности промышленной продукции Республики Татарстан на основе внедрения новых информационных технологий, международных стандартов качества и сертификации». Целью этого проекта являлось внедрение программных продуктов, обеспечивающих контроль соответствия качества на всем этапе производственного процесса [12].

В рамках выполнения пилотного проекта прошли обучение около 3 тысяч руководителей и специалистов предприятий, 79 предприятий в 2001-2003 гг. сертифицировали системы управления качеством в соответствии с требованиями ИСО 9000:2000, на пяти предприятиях республики велись работы по внедрению **CALS**-технологий.

В ходе реализации пилотного проекта в республике был сформирован системный подход к постановке задач и выполнению работ в области повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции [12].

На Коллегии Минпромнауки РФ опыт реализации первого пилотного проекта был признан положительным, и в ноябре 2003 г. в Казани подписано Соглашение о сотрудничестве между Минпромнауки РФ, Минэкономпромом Республики Татарстан, Министерством промышленности и инноваций Нижегородской области и Администрацией Ульяновской области в сфере реализации Межрегионального пилотного проекта по внедрению **ИПИ (CALS)**-технологий и компьютерных систем обеспечения качества наукоемкой продукции предприятий Поволжского федерального округа на 2004-2006 гг. [12].

НИЦ **CALS**-технологий разработал Концепцию развития **CALS**-технологий в РФ в 2001 г., которая была одобрена решением коллегии Минпромнауки РФ, а также Концепцию интегрированной логистической поддержки по заданию Минпромнауки РФ в 2003 г. [14].

Приказом Госстандарта РФ от 27 января 2004 г. №79 создан технический комитет (ТК) по стандартизации ТК №459 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий». Тем же приказом упразднен ТК №431 «**CALS**-технологии», созданный ранее [2].

Проекты внедрения **CALS**-технологий

В авиастроении, судостроении, оборонной промышленности реализуются пилотные проекты по внедрению **CALS**-технологий. В нашей стране среди пионеров внедрения **CALS** – АВПК «Сухой», ОАО «Туполев», Конструкторское бюро приборостроения (Тула), Воронежский механический завод. Эти проекты поддерживались Минпромнауки РФ, Минатомом РФ [23].

Среди самых крупных проектов можно назвать следующие.

1. Внедрение технологий интегрированной логистической поддержки для самолетов марки «Су»

Опытное конструкторское бюро Сухого (ОКБ) было одним из первых российских предприятий, предпринявших шаги по переходу к современным технологиям послепродажного обслуживания своей техники на основе новейших международных стандартов. В качестве нормативной базы для решения задач подготовки эксплуатационной документации (ЭД) в ОКБ Сухого был выбран современный стандарт ASD S1000D, в качестве технологической платформы – программный комплекс Technical guide builder, а в качестве консалтинговой организации – НИЦ **CALS**-технологий «Прикладная логистика» [14].

Начиная с 2004 г. специалистами ОКБ Сухого, при участии НИЦ **CALS**-технологий «Прикладная логистика», была разработана и передана заказчикам ЭД на самолеты типов Су-30МКИ, Су-30МКА, Су-30МКИ(А), Су-35. В настоящее время разрабатывается комплект электронной документации на перспективный авиационный комплекс фронтовой авиации [14].

В 2007 г. зарубежному заказчику (Венесуэла, Су-30МК2) впервые была поставлена ЭД в форме интерактивных электронных технических руководств. В качестве программно-технических средств создания и применения ИЭТР был использован комплекс Technical guide builder. Обучение специалистов инозаказчика и сопровождение поставленных руководств (в части программных средств) проведено специалистами НИЦ **CALS**-технологий [14].

В 2008 г. ОКБ Сухого рекомендовало своим поставщикам применение стандарта S1000D в совместных проектах. Более половины поставщиков ОКБ Сухого в качестве программного средства для подготовки ЭД выбрали комплекс Technical guide builder [14].

Специалисты ОКБ Сухого продолжают последовательно внедрять технологии ИЛП в повседневную деятельность предприятия. В новых проектах специалисты ОКБ активно применяют технологии анализа логистической поддержки (АЛП) [14].

2. Создание системы мониторинга технического состояния воздушных судов ОАО «Туполев»

ОАО «Туполев» одним из первых начало внедрять систему информационной поддержки эксплуатации и послепродажного обслуживания для самолетов семейства Ту-214.

Целью внедрения такой системы являлось создание в ОАО «Туполев» единой базы данных эксплуатационной статистики по всем самолетам марки «Ту». Накопленные за многие годы сведения об эксплуатации (включающие в себя данные об отказах, наработке, произведенных ремонтах и изменениях в комплектности) воздушных судов являются бесценной информацией для решения задач:

- анализа надежности производимой техники;
- обоснованного принятия решения о переводе комплектующих изделий на методы эксплуатации по техническому состоянию;
- проектирования новых воздушных судов [14].

В 2004 г. специалисты ОАО «Туполев» приступили к внедрению современных информационных технологий в процедуры сбора и анализа данных об эксплуатации. В качестве программно-технической платформы был выбран комплекс ATLAS, разработанный НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». За прошедшие годы специалисты ОАО «Туполев» последовательно интегрировали всю имеющуюся информацию в единую базу данных под управлением системы ATLAS, развернули в центральном конструкторском бюро (ЦКБ) (Москва) и филиалах (Казань, Ульяновск) единую систему мониторинга технического состояния воздушных судов, которая позволяет:

- отслеживать все события, происходящие с комплектующими изделиями от момента их поставки на завод и до утилизации;
- оценивать техническое состояние эксплуатируемых воздушных судов;
- проводить анализ накопленных сведений на рабочих местах в ЦКБ и филиалах [14].

Ключевым компонентом технологии мониторинга технического состояния является создание и ведение электронных формуляров на воздушные суда. В настоящее время ОАО «Туполев» разрабатывает электронные формуляры для всех вновь изготавливаемых самолетов Ту-204/214, при этом для автоматизации учета данных о ПКИ начато применение технологий радиочастотной идентификации компонентов.

Внедрив систему мониторинга технического состояния воздушных судов на основе современных информационных технологий, ОАО «Туполев» сегодня практически решает задачи послепродажного обслуживания и повышает конкурентоспособность продукции [14].

3. Переработка эксплуатационной документации на самолеты типа Ту-204/214 под требования стандарта ASD S1000D

В 2006 г. ОАО «Туполев» приступило к реализации масштабной программы радикального улучшения качества эксплуатационной документации на самолеты семейства Ту-204/214 на основе применения международной спецификации ASD S1000D.

В качестве программно-технической платформы для выполнения данной работы был выбран комплекс Technical guide builder.

Специалистами ОАО «Туполев» и НИЦ CALS-технологий было переработано более 24 тысяч листов формата А4 (документация на два типа самолетов), 3 600 технических иллюстраций, 50 000 перекрестных ссылок между модулями документации. В процессе изготовления эксплуатационной документации была отработана технология автоматизированного перевода базы модулей данных на иностранные языки с использованием машинных систем перевода. Переработанный и качественно улучшенный комплект ЭД в форме интерактивного руководства был передан в эксплуатирующую организацию.

Вся работа от начала проекта до передачи готовой ЭД в эксплуатирующую организацию была выполнена за 14 мес.

Создается единая база данных ЭД на самолеты и основные комплектующие изделия, разрабатывается интерактивное электронное руководство по поиску и устранению неисправностей, выполняется перевод документации на иностранные языки.

4. Информационная система управления инженерными данными в ОАО «Казанский вертолетный завод»

В 2006 г. на Казанском вертолетном заводе начались работы по автоматизации конструкторско-технологических и управленческих задач на основе PDM-технологий. В качестве программной платформы используется система PDM step suite. На ее основе силами предприятия решены задачи:

- управления составом изделий Ми-17В5, Ми-172, Ми-8VND-1МГА, Ми-8МТВ-1П (всего в PDM описано более 140 тыс. деталей и сборочных единиц); для обеспечения возможности конфигурирования вертолета заказчиком выделены основные опции (64), для каждой опции определены необходимые доработки;
- планирования производства и запасных частей: определение основных требований к объемам производства на основе заявок на производство, структуры изделия, расцеховок и норм расхода материалов;
- ведения электронного архива конструкторской документации и управления изменениями.

В 2007-2009 гг. ОАО «КВЗ» реализовало проект по переработке базового комплекта ЭД на вертолет МИ-17В5, в электронный вид, соответствующей требованиям спецификации S1000D.

5. Анализ логистической поддержки самолета SSJ-100 ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» (ЗАО «ГСС»)

ЗАО «ГСС» одним из первых оценило возможности применения новых для российской промышленности технологий анализа логистической поддержки в проекте самолета SSJ-100. Необходимо отметить, что проект SSJ-100 – это первый российский гражданский са-

молет, полностью спроектированный в цифровой среде, с широким использованием технологий **CAD** и **PDM**. Поэтому в ходе работ по проведению АЛП и формированию баз данных АЛП были практически решены вопросы информационной интеграции программных средств АЛП (LSA step suite разработки НИЦ CALS-технологий) с используемой в ЗАО «ГСС» PDM team center engineering, программными системами анализа надежности RAM commander (ALD), выбранными средствами подготовки эксплуатационной документации (DocTec, фирмы Sogitex).

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

Приведенные проекты были взяты с официального сайта НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», так как они наиболее полно описаны. Но как оценить их с точки зрения оценки уровня развития **CALS**-технологий в РФ? Достаточно ли это масштабные проекты? Соизмеримы ли они с проектами, реализованными за рубежом?

С 1990-х гг. по настоящее время в мире ведутся десятки проектов по внедрению **CALS**-технологий. К числу таких наиболее известных проектов можно отнести:

- разработку аэробуса A380 концерном Airbus;
- интеграцию процессов разработки и изготовления изделий в корпорациях General Motors, Hughes Aircraft, Pratt&Whitney; Rolls Royce и др.;
- создание космического телескопа Hubble и др. [11].

Например, с помощью **CALS**-технологий были созданы истребитель F-22 (США), подводная лодка Viking (Дания, Норвегия и Швеция), самоходная гаубица Crusader (США). Во всех этих проектах делалась попытка организовать полномасштабное единое информационное пространство для всех участников жизненного цикла изделия [22].

В рамках проекта по истребителю F-22 (США) создание **CALS**-систем рассматривалось как неотъемлемая часть общего процесса работ по истребителю 5-го поколения. Разработка такой системы была ориентирована на использование в рамках качественно новой боевой системы. В 1994-2001 гг. только прямые расходы на разработку **CALS**-системы для истребителей 5-го поколения составили в программе JSF (Joint strike fighter – единый ударный истребитель) 150 млн. долл. [4].

Анализируя вышеприведенные сведения, можно сделать вывод, что проекты, реализованные в других странах, носят более масштабный характер.

Российским предприятиям для повышения конкурентоспособности своей продукции необходимо разрабатывать и реализовывать проекты по применению **CALS**-технологий, которые более полно охватывали бы жизненный цикл продукции, по сравнению с уже реализованными проектами. Основным недостатком является фокусирование на автоматизации только документооборота.

К сожалению, литературы по **CALS**-технологиям, где бы подробно описывались зарубежные и российские проекты их внедрения, нет, что создает определенные трудности при принятии решений об их реализации.

ВАЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Во всем мире, в том числе и в РФ, растет потребление электроэнергии. К 2020 г. население Земли оценочно составит 7,5 млрд. чел., а потребление электроэнергии будет прирастать темпами 5,2% в год в среднем в развивающихся странах, и 1,4% в год в среднем в развитых странах [15]. Рост потребности в электроэнергии к 2030 г. составит 72%. При этом существующие энергетические мощности не способны удовлетворить эти потребности.

Прогнозные данные по росту потребления электроэнергии в РФ, которое задает необходимые темпы ввода генерирующих мощностей, на сегодняшний день содержатся в двух документах – «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 г.» и «Энергетической стратегии РФ до 2020 г.» (рис. 9). Прогноз роста приведен в соответствии Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. (базовый сценарий).

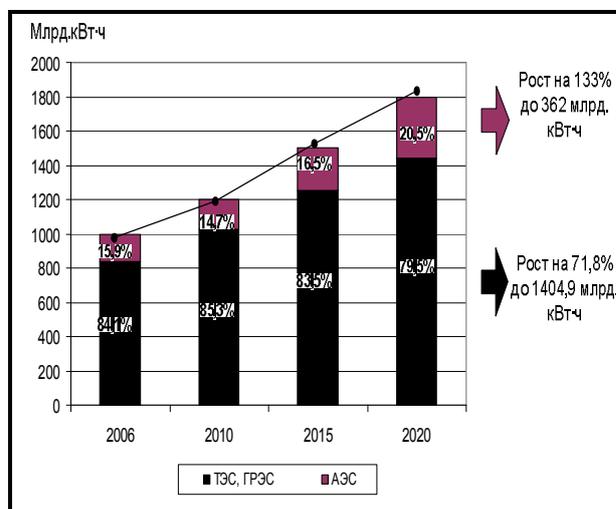


Рис. 9. Рост производства электроэнергии в РФ до 2020 г. [1]

В электроэнергетике РФ к настоящему моменту уже около 40% всех генерирующих мощностей электростанций выработали свой парковый ресурс. Поэтому были разработаны масштабные проекты строительства новых объектов генерации. При этом наибольшее внимание уделено строительству новых блоков атомных электростанций (АЭС).

Согласно Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 г., в РФ планируется построить 31 энергоблок АЭС [15].

Основное внимание при разработке этих проектов уделяется тому, какое оборудование будет применяться на новых блоках. Но этого недостаточно, так как нужно учитывать и то, насколько экономично и эффективно будет строительство, эксплуатация и утилизация данных объектов.

Например, ежегодные потери, вызванные неэффективной эксплуатацией промышленного объекта, достигают 15,8 млрд. долл., а стоимость одного дня ремонта составляет от 1 до 5 млн. долл. Хорошо информированные компании осознают тот факт, что затраты на

эксплуатацию сопоставимы с начальной стоимостью его приобретения. Компании-операторы и владельцы электростанций, нефтеперерабатывающих, угольных месторождений, нефтеперерабатывающих, целлюлозных, химических и др. комбинатов должны быть в состоянии осуществлять текущее обслуживание и ремонт в самые сжатые сроки. Поэтому они оказывают растущее давление на **EPC**-компании (engineering, procurement, construction – компания, с которой заключается договора на проектирование, закупки и строительство) велось с расчетом на максимально эффективную эксплуатацию и обслуживание [16]. Но данная тенденция очень слаба в РФ. Она пока не наблюдается в секторе строительства АЭС, практически полностью контролируемом государством.

Применение **CALS**-технологий в секторе электроэнергетики выглядит очень перспективным, но использование таких технологий в данной отрасли незначительно. Однако есть уже и первые примеры их применения.

Например, компания «РТСофт» в 2008 г. сдала в опытную эксплуатацию автоматизированную систему сбора и передачи технологической информации Пензенской ТЭЦ-1 (АССИПТИ). Основной задачей являлась модернизация существующей системы телемеханики в соответствии с требованиями третьего этапа приказа 603 от 09.09.2005 РАО «ЕЭС России» «О приведении систем телемеханики и связи на генерирующих предприятиях электроэнергетики, входящих в состав холдинга ОАО РАО «ЕЭС России», в соответствие с требованиями балансирующего рынка» [13].

За счет создания и внедрения АССИПТИ планировалось обеспечить получение качественной оперативной информации на автоматизированных рабочих местах (АРМ) оперативного персонала Пензенской ТЭЦ-1 для обеспечения функций контроля и, при необходимости, управления основным электрооборудованием Пензенской ТЭЦ-1; создать аппаратную и программную базы для построения полноценной АСУТП Пензенской ТЭЦ-1; снизить затраты и внутреннее потребление электроэнергии за счет повышения оперативности управления нагрузками; сократить потери от простоев, связанных с авариями электрооборудования [13].

Созданная система отвечает за автоматизированный сбор и передачу параметров текущего режима работы генерирующего и распределительного оборудования Пензенской ТЭЦ-1; контроль выработки, потребления и передачи электроэнергии и мощности; контроль работы основного электрооборудования; регистрацию событий нормального и аварийного режима; автоматическое определение аварийных ситуаций и осциллографирование параметров переходного процесса; ведение диспетчерского графика; мониторинг текущего режима работы электрооборудования и представление данных в виде динамических мнемосхем и таблиц на экране АРМов оперативного персонала; регистрацию в архивах технологических параметров работы Пензенской ТЭЦ-1 и представление архивных данных в виде графиков и таблиц на рабочих местах диспетчерского, обслуживающего и руководящего персонала; ведение суточных ведомостей получасовых значений генерируемой рабочей мощности по каждому генератору, а также перетоков мощности; формирование аварийных и предупредительных сигналов о наруше-

ниях в работе основного электрооборудования; обмен данными со смежными и вышестоящими системами управления [13].

Более масштабными представляются разработки компании Dassault Systèmes, которые могут применяться на различных промышленных объектах.

Предлагаемая Dassault Systèmes полностью интегрированная **PLM**-среда позволяет уже на ранних стадиях разработки оптимизировать процессы эксплуатации и обслуживания. Инженеры получают возможность опереться на заложенные в систему правила безопасности и экологические нормы, чтобы гарантировать безопасную – для персонала и населения – эксплуатацию и обслуживание завода. Данное решение позволяет выполнять имитационное моделирование человеческого поведения (в т.ч. поле зрения, расположение, движение), а также анализировать возможность использования дистанционно управляемого оборудования. Учет различных компонентов и персонала в ходе планирования позволяет оптимизировать процессы эксплуатации и обслуживания с точки зрения безопасности, затрат времени и средств [16].

PLM-инструменты от Dassault Systèmes дают возможность **EPC**-компаниям расширить свою сферу деятельности, предлагая владельцам и операторам промышленных объектов высокоточные данные, необходимые для эксплуатации и обслуживания. Эксплуатация сложных промышленных объектов связана с выполнением многочисленных процедур, требующих подробной и точной документации [16].

Предлагаемая Dassault Systèmes **PLM**-среда обеспечивает хранение и управление информацией о процессах и лучших практиках, позволяя использовать их повторно в новых проектах и выполнять имитационное моделирование этих процессов с целью оптимизации эксплуатации. Повторное использование шаблонов структуры с целью организации массивов данных делает информацию доступной для обслуживающего персонала, позволяя затем осуществлять репликацию баз данных и их совместное использование, а также добавлять новую информацию, необходимую для поддержки эксплуатационных требований. При выполнении новых, еще не опробованных процедур важную роль играет электронно-цифровой макет, облегчающий планирование и тестирование альтернативных вариантов [16].

Решения Dassault Systèmes для управления жизненным циклом энергообъектов позволяют:

- точно определять исходные спецификации, до того как будут сделаны крупные вложения в приобретение капитального оборудования;
- эффективно сочетать требования заказчиков с лучшими практиками и действующими нормами;
- проверять, будет ли прибыльным сооружение той или иной установки, исходя из существующих цен, благодаря выполнению максимального объема проектирования на как можно более ранних стадиях (в идеале – до составления сметы);
- строить «с первого раза», осуществляя проектирование и инжиниринг компонентов, требующих участия различных дисциплин (от структуры до электрических и гидравлических систем);
- оптимизировать фазы строительства, эксплуатации и технического обслуживания, повышая тем самым надежность и прибыльность продукции и сокращая периоды ее вынужденного простоя;

- максимально широко прибегать к повторному использованию наработок и знаний при переходе от одного успешного проекта к следующему;
- управлять сложными системами (в т.ч. в масштабах всего промышленного объекта) и взаимозависимой работой консультантов по инжинирингу, поставщиков и строительных площадок;
- обеспечивать владельцев и операторов полным набором информации о промышленном объекте и связанных с ним процессах на всем протяжении жизненного цикла [16].

В качестве примера применения **PLM**-технологий можно привести проект, реализованный с участием компании Dassault Systèmes на АЭС «Сан Онофре» (Южная Калифорния, США). На АЭС было необходимо провести очень сложную замену четырех парогенераторов, размер которых был 20 м в длину и 6 м в диаметре, а стоимость оценивалась в 680 млн. долл. При разработке заменяемых парогенераторов не была учтена возможность их замены. День простоя станции для Южной Калифорнии стоил около 1 млн. долл., поэтому необходимо было тщательно продумать все детали такой замены. Для решения данной задачи использовали цифровое моделирование, реализованное при помощи программы Version 5 PLM компании Dassault Systèmes [28].

В приведенных примерах внимание уделяется предоставлению информации о работе оборудования только оператору объекта. Но достаточно ли этого?

Для того чтобы оптимизировать эксплуатацию электростанции, необходимо сократить время ремонтов, что невозможно без участия других организаций, помимо оператора.

Сокращение времени ремонта возможно только при наличии слаженной работы оператора электростанции и производителя оборудования, так как на начало ремонта оборудование уже должно быть изготовлено и поставлено.

Не стоит забывать, что не все проводимые ремонты являются запланированными. Если брать крупное оборудование, то его производство занимает достаточно большой промежуток времени, но у каждого завода-изготовителя есть свой график загрузки производственных линий и «втиснуть» в него в последний момент еще один объект представляется очень проблематичным, а это бывает частой ситуацией в случаях, когда на электростанциях происходят неожиданные поломки. Как можно этого избежать?

Для оператора электростанции и производителя оборудования важно вести обмен информацией о показателях работы данного оборудования. Это возможно осуществлять в рамках информационной системы, основанной на **CALS**-технологиях.

При использовании такой системы изготовитель получал бы следующие выгоды:

- накопление данных о показателях работы своей продукции;
- возможность анализировать показатели работы своих изделий;
- на основе выявленных недостатков, мог бы своевременно улучшать конструкцию и технологию изготовления своих изделий;
- возможность своевременного начала переговоров о проведении обслуживания поставленного оборудования или начале изготовления нового;
- сокращение времени на обмен информацией.

А оператор имел бы возможность сокращения сроков проведения ремонтов и, соответственно, уменьшение денежных затрат на их проведение.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАНТА

Реализация **CALS**-технологий в практическом плане предполагает организацию единого информационного пространства (интегрированной информационной среды, ИИС), объединяющего автоматизированные системы, предназначенные как для эффективного решения задач инженерной деятельности, так и для планирования и управления производством и ресурсами предприятия [6].

Рассмотрим создание единого информационного пространства на примере ГК «Росатом», которая объединяет всех участников жизненного цикла такого крупного промышленного объекта как АЭС: проектантов, производителей оборудования, строителей, эксплуатантов, а также организации, занимающиеся их утилизацией.

ГК по атомной энергии «Росатом» была создана в 2007 г. для развития атомной энергетики. Это стало важным шагом на пути реформы атомной отрасли в РФ.

ГК «Росатом» – одна из немногих компаний мирового уровня, обладающая всеми ядерными технологиями. ГК «Росатом» сегодня – это 16% производства электрической энергии в РФ, 9% мировой добычи урана, 40% мирового рынка услуг по обогащению урана, 17% мирового рынка свежего ядерного топлива для АЭС и, наконец, 16% мирового рынка строительства атомных станций. А также более 90% операций по экспорту-импорту электрической энергии любого происхождения [1].

Одна из значимых составляющих ГК «Росатом» – ОАО «Атомный энергопромышленный комплекс» («Атомэнергопром»), объединившее все гражданские активы атомной отрасли. Только данный холдинг должен был объединить 89 предприятий ядерного энергетического комплекса, институты фундаментальной науки и предприятия, работающие в сфере ядерной и радиационной безопасности. Но окончательный контур холдинга на сегодняшний день еще не сформирован.

Концептуальная схема организации Интегрированной информационной системы в рамках жизненного цикла АЭС представлена на рис. 10. Ее использование даст выгоды всем участникам жизненного цикла АЭС.

На нижнем уровне такая ИИС должна объединять данные, поступающие в нее из различных систем проектирования, хранения эксплуатационной и конструкторской документации, систем телемеханики, систем фиксации показателей работы оборудования, систем ввода данных о ремонте и др.

В условиях, когда атомная отрасль РФ находится под полным контролем государства, организация такой системы не представляет больших сложностей. Но когда речь идет о строительстве АЭС за границей, все становится сложнее. Конечно, поставкой оборудования на конечный объект занимается множество организаций, что может представлять сложность с точки зрения фиксации в контрактах условия обязательного использования ИИС, но выход из данной ситуации можно найти. Например, в контракте можно прописать, чтобы эксплуатант оборудования использовал в обязательном порядке такую систему. Также не стоит забывать и о том, что вопросу применения **CALS**-технологий в других странах уделяется большее внимание, поэтому иностранные организации, эксплуати-

рующие оборудование, могут сами пойти навстречу и использовать ИИС.

Контрактом на поставку изделия может быть предусмотрена обязанность эксплуатанта изделия вносить в систему следующие данные:

- эксплуатационные данные (замеры параметров технического состояния, счетчики наработки);
- история выполненных работ по ТОиР;
- случаи отказов и результаты расследования их причин;
- данные о заменах деталей, узлов, оборудования;
- заявки на снабжение и др.

Например, в 2007 г. Курская АЭС начала опытно-промышленную эксплуатацию информационной системы управления техобслуживанием и ремонтом (ИСУ ТОиР). Работы по внедрению ИСУ ТОиР были выполнены НПП «СпецТек» на основе системы класса EAM (Enterprise asset management – системы управления активами предприятия) [20].

У НПП «СпецТек» есть успешный опыт внедрения ИСУ ТОиР на Смоленской АЭС, где на базе TRIM создана типовая система для атомных станций «Десна-2». Именно «Десна-2» была принята за основу проекта на Курской атомной станции. Суть работ состояла в тиражировании функциональности «Десны-2» в части управления ТОиР и информационной поддержки оперативного персонала, а также в ее адаптации для нужд станции [20].

Средствами TRIM на Курской АЭС была автоматизирована работа 360 пользователей. В числе функций, автоматизированных в ИСУ ТОиР, – учет оборудования, ведение данных по составу изделий, ведение журналов дефектов и разовых работ, планирование ТОиР, подготовка нарядов-допусков и распоряжений, планирование обходов руководства и регистрация замечаний по их результатам, ведение заявочной кампании, управление выдачей и потреблением материально-технических ресурсов и многие другие [20].

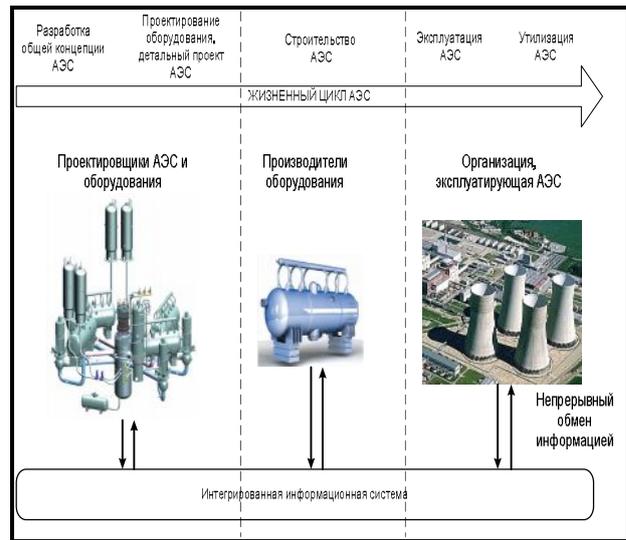


Рис. 10. Концептуальная схема взаимодействия компаний в рамках жизненного цикла АЭС

Внедрение такой системы может служить хорошей основой для создания ИИС в атомной отрасли, но это лишь ее часть. Ее необходимо соединить с проектно-конструкторскими программами и системами хранения документации проектировщиков, системами подготовки производства и хранения технологической документации производителей, а также со многими другими системами (рис. 11). Только тогда ИИС станет полноценной.

ИИС, реализованная по такому принципу, поможет организовать деятельность предприятий атомной энергетической отрасли России на основе **CALS**-технологий, что является важной предпосылкой для повышения их конкурентоспособности на мировом уровне.



Рис. 11. Схема взаимодействия различных систем в рамках интегрированной информационной системы

Литература

1. Атомный энергопромышленный комплекс [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.ato-energorpom.ru>.
2. Балыбердин А. Использование CALS-технологий в морской деятельности [Электронный ресурс] / А. Балыбердин // Промышленник России. – 2007. – №2. – Режим доступа: <http://www.calsnet.ru>.
3. Введение в ERP [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.erp-online.ru>.
4. Володин В. Истребитель 5-го поколения: диалектика развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ugmk.info>.
5. Головицына М.В. Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов [Электронный ресурс] / М.В. Головицына. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru>.
6. Гудков Д. Информационная поддержка изделия на всех этапах жизненного цикла (CALS «Continuous acquisition and life-cycle support») [Электронный ресурс] / Д. Гудков.. – Режим доступа: <http://www.espotec.ru>.
7. Давыдов А. CALS-технологии : основные направления развития [Электронный ресурс] / А. Давыдов, В. Барабанов, Е. Судов. – Режим доступа: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.quality.eur.ru>.
8. Дмитриев В. Современные ИПИ / CALS-технологии на базе решений SAP [Электронный ресурс] / В. Дмитриев. – Режим доступа: <http://www.mashportal.ru>.
9. Захаров И.Г. Основные направления качественного развития кораблей, вооружения и военной техники ВМФ [Электронный ресурс] / И.Г. Захаров. // Морская радиоэлектроника. – Режим доступа: <http://www.mr.shipbuilding.ru>.
10. ИПИ (CALS) технологии [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.rtc.ru>.
11. ИПИ-технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rtc.ru>.
12. Пахомова А.М. Выступление на научно-практической конференции «Качество и техническое регулирование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tatar.ru>.
13. Пензенская ТЭЦ-1 автоматизировала сбор и передачу технологической информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.snews.ru>.
14. Прикладная логистика [Электронный ресурс] : НИЦ. – Режим доступа: <http://www.cals.ru>.
15. Разработка комплекса мер в сфере государственного регулирования по развитию энергетического машиностроения РФ [Электронный ресурс]. – М. : Ин-т проблем естественных монополий, 2008. – Режим доступа: <http://www.deloros.ru>.
16. Решения для энергетической и перерабатывающей отраслей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.3ds.com>.
17. CAM [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.
18. Системы автоматизации проектных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uvsw.narod.ru>.
19. Системы управления цепочками поставок [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.erp-online.ru>.
20. СпецТек сдал систему ТОиР Курской АЭС в опытно-промышленную эксплуатацию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consult.ru>.
21. Судов Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения [Текст] / Е.В. Судов. – М. : Информбюро, 2006. – 232 с.
22. Сумароков С. CALS повышает конкурентоспособность изделий [Электронный ресурс] / С. Сумароков, М. Овсянников. – Режим доступа: <http://www.pcweek.ru>.
23. Шалунов А.С. и др. Введение в CALS-технологии [Текст] / А.С. Шалунов, С.И. Никишкин, В.Н. Носков : учеб. пособие. – Ковров : КГТА, 2002. – 137 с.
24. Шильников П. Путь НТЦ АПМ в единое информационное пространство [Электронный ресурс] / П. Шильников. – Режим доступа: <http://www.apm.ru/articles/05-02.htm>.
25. CADОбзор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cadobzor.ru>.
26. CRM-системы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://deviso.net>.
27. Dassault Systèmes. Extending nuclear plant life with V5 PLM. – www.3ds.com.
28. Яцкевич А.И. Система PDM STEP Suite [Электронный ресурс] / И.А. Яцкевич. – Режим доступа: <http://www.cals.ru>.

Ключевые слова

Управление жизненным циклом изделий, CALS-технологии, интегрированная логистическая поддержка (ИЛП), PLM системы, PDM-системы, реинжиниринг бизнес-процессов, единое информационное пространство.

Чернышова Татьяна Николаевна

Садовская Татьяна Георгиевна

РЕЦЕНЗИЯ

В рецензируемой статье исследуются актуальные вопросы применения современных систем управления жизненным циклом изделий в отрасли энергетики. Решение сложной и многоплановой проблемы создания эффективных систем управления является необходимым условием модернизации российской экономики, ее перехода на инновационный путь развития. Разработки в этом научном направлении имеют существенное значение для высокотехнологичных отраслей промышленности, они позволяют создать опережающий задел в их развитии.

Авторы статьи проводят системный анализ технологий информационной поддержки процессов жизненного цикла (ЖЦ) продукции на основе стандартизации методов представления данных на каждой стадии ЖЦ изделия и безбумажного электронного обмена данными. В статье подробно рассмотрены исторические аспекты развития зарубежных и отечественных систем CALS, PLM, PDM, ИПИ, ИЛП, приведены проекты внедрения CALS-технологий на российских предприятиях и обоснована необходимость применения CALS-технологий в российской энергетической отрасли. В условиях обострения конкурентной борьбы, постоянно растущей динамики рыночных отношений наукоёмким предприятиям крайне необходимо иметь возможность непрерывно повышать качество всех процессов, эффективность своей деятельности за счет ускорения исследования и разработки продукции, сокращения издержек при производстве и эксплуатации, повышения уровня сервиса и технического обслуживания.

Интенсивные работы в этом направлении были начаты в оборонном комплексе США в середине восьмидесятых годов прошлого столетия годов в целях совершенствования управления материально-техническим обеспечением армии. Они обусловили появление принципиально новой организационной формы управления процессами ЖЦ вооружения и военной техники (ВВТ) – «виртуального предприятия», в котором на контрактной основе объединяются разработчики, производители и поставщики сложной продукции военного назначения. Сегодня эффект от применения технологий управления ЖЦ наукоёмких изделий в гражданском секторе многократно превысил результаты их использования для военных нужд.

Переход российской экономики на инновационный путь развития требует скорейшего внедрения передовых информационных технологий управления жизненным циклом наукоёмких изделий. В статье аспиранта Чернышовой Т.Н. и д.т.н., проф. Садовской Т.Г. на основе исследования современных технологий даны практические рекомендации по их применению в энергетической отрасли, в первую очередь – для организации взаимодействия производителя оборудования и эксплуатирующей организации. Авторские разработки, изложенные в рецензируемой статье, являются перспективными в научном и практическом плане, обладают новизной, их публикация будет полезной для развития новых форм управления отечественными промышленными предприятиями.

Попович Л.Г., д.э.н., профессор кафедры предпринимательства и внешнеэкономической деятельности Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана

9.7. PRODUCTS LIFECYCLE MANAGEMENT SYSTEMS AND OPPORTUNITIES OF ITS IMPLEMENTATION IN ENERGY SECTOR

T.G. Sadovskaya, Doctor of Science (Technics), Chairman of Department, Professor, department «Business Enterprise and External Relations», Faculty «Engineering Business Management»;

T.N. Chernyshova, Postgraduate, Department «Business Enterprise and External relations», Faculty «Engineering Business Management»

BMSTU, Moscow

The article studies products life cycle management systems. It analyses and compares different terms which are more frequent applied to product life cycle management. It examines "CALS-technology" term development and main points determining it. It gives PLM, PDM, ИПИ, ИЛП systems describing. It examines CALS-technology development historical aspects in Russia. It describes CALS-technology implementation projects in Russian enterprises. It substantiates the necessity of CALS-technology implementation in Russian energy sector. It gives recommendations of such projects realization.

Literature

1. M.V. Golovizina. Intellectual EDA for up-to-date designs and technological processes development. – www.intuit.ru.
2. A.S. Schalumov, S.I. Nikischkin, V.N. Noskov. CALS-technologies introduction: Tutorial. Kovrov: KGTA, 2002. – 137 p.
3. Yazkevich A.I. PDM STEP Suite system. – www.cals.ru.
4. Sudov E.V. Technologies of mechanical engineering products integrated logistic support/ Levin A.I., Petrov A.V., E.V. Chubarova– M.: LLC Publishing house «Inforburo». – 2006. – 232 p.
5. V. Dmitriev. Up-to-date IPS/CALS-technologies on the bases of SAP solutions. Military review. – www.mashportal.ru.
6. IPS (CALS) technologies. – www.rtc.ru.
7. D. Gudkov. CALS «Continuous acquisition and life-cycle support». – www.espotec.ru.
8. P. Schilnikov. The path of Research and Software Development Center APM to the integrated information space. – www.apm.ru.
9. CADreview. – cadobzor.ru.
10. Design works automation systems. – uvsw.narod.ru.
11. Wikipedia. CAM. – <http://ru.wikipedia.org/wiki/CAM>.
12. ERP online. Introduction to ERP. – www.erp-online.ru.
13. CRM-systems. – deviseo.net.
14. ERP online. Supply chains management systems. – www.erp-online.ru.
15. I.G. Zacharov. The main direction of navy ships, armament and defense technologies qualitative development // Marine radio electronics. – mr.shipbuilding.ru.
16. A. Baliberdin. CALS-technologies usage in marine activity // Russian manufacturer 2/2007. – www.calsnet.ru.
17. A. Davidov, V. Barabanov, E. Sudov. CALS-technologies: Main development directions. – quality.eup.ru.
18. Research center CALS-technologies «Applied logistics». – www.cals.ru.
19. IPS-technologies. – www.rtc.ru.
20. Consulting portal Consalt.ru. SpecTec put maintenance and repair system of Kurskaya NPP in experimental-industrial commission. – www.consult.ru.
21. S. Sumarokov, M. Ovsyannikov. CALS increases products competitiveness. – www.pcweek.ru.
22. Cnews. Penzenskaya HPP-1 has automated technological information collection and transmission. – www.cnews.ru.
23. Dassault Systèmes. Solutions for energy and process industries. – www.3ds.com.
24. Arrangement complex development in the sphere of government regulating of Russian energomachinebuilding progress. – M.: Institute of natural monopolies problems, 2008. – deloros.ru.
25. Official web-site JSC «Atomenergoprom». – www.atomenergoprom.ru.
26. Dassault Systèmes. Extending nuclear plant life with V5 PLM. – www.3ds.com.
27. V. Volodin. 5th generation fighter: dialectics of development. – www.ugmk.info.
28. A.M. Pachomova. Speech on theoretical and practical conference «Quality and technical regulating». – www.tatar.ru.

Keywords

Product life-cycle management; CALS-technologies; integrated logistic support (ILS); PLM systems; PDM systems; business-processes reengineering; integrated information space.