

На правах рукописи

**Кретов Максим Геннадьевич**

**ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕМ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством  
(экономика, организация и управление  
предприятиями, отраслями комплексами –  
промышленность)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2011

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет".

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор экономических наук,  
профессор *Окороков Василий Романович*.

Официальные оппоненты: Доктор экономических наук,  
профессор *Хабачев Лев Давидович*  
  
Кандидат экономических наук  
*Воропаева Юлия Адольфовна*

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Ивановский  
государственный энергетический  
университет имени В.И. Ленина»

Защита состоится «17» ноября 2011 г. в 14-00 на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 в ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" по адресу: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29, корпус 3, аудитория 506.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет"

Автореферат разослан «   » \_\_\_\_\_ 2011 г.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью учреждения, в двух экземплярах просим направить по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Факс: (812) 534-74-36

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Сулоева С.Б.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** Энергетическая Стратегия России на период до 2030 г. определяет необходимость снижения доли расхода топливно-энергетических ресурсов в экономике на 25% по сравнению с уровнем 2005 г, а также необходимость изменения структуры производства электроэнергии в направлении роста доли АЭС и снижения доли ТЭС. Ожидается, что производство электроэнергии на АЭС увеличится с 15,7% в 2005 г. до 18,9-19,7% в 2020 г. и до 24% в 2030 г. за счет ввода новых атомных станций с повышенным уровнем их безопасности.

Реализация заложенных в Стратегии показателей и ввод в эксплуатацию более 30 ГВт новых мощностей предполагает решение многих вопросов, стоящих перед компаниями, занимающихся комплексным проектированием и сооружением энергоблоков АЭС, таких как: осуществление системного технического контроля выпуска технических требований и проектно-сметной документации по заранее представленному графику; развитие и адаптация соответствующих методологий и инструментов для проведения процедуры технологического предвидения; повышение уровня использования современной технологической платформы проектной организации; снижение воздействия на окружающую среду; использование в принятии решений высоких интеллектуально-информационных технологий; оптимизация капитало- и ресурсоемкости объектов энергогенерации; повышение социальной направленности технологических инноваций на разных уровнях производственного процесса; уменьшение социального и производственного риска энергетических технологий.

В современных условиях, с появлением вычислительной техники новых поколений и совершенствованием методов ее применения открываются новые возможности использования системного подхода к организации производственных процессов, в том числе, процесса проектирования. Суть такого подхода заключается в создании крупных программных комплексов в виде пакетов программ и САПР, ориентированных на определенный класс задач. Однако, полученный опыт внедрения и использования САПР в существующих функциональных системах крупных проектных организаций не показал высокие технико-экономические показатели работы.

Мотивом для исследований, целью которых является многоуровневый анализ сложившейся ситуации в отечественном топливно-энергетическом комплексе и выработка новых подходов и методик к оптимизации процесса проектирования, послужило приоритетное значение эффективного проектного обеспечения объектов атомной энергетики страны и развития национального топливно-энергетического комплекса.

В связи с этим важным является идентификация реальных объектов управления и их производственно-коммерческих цепочек (бизнес-

процессов), реализуемых в компании, а также повышение эффективности ее проектного обеспечения.

Главной задачей при оптимизации проектного обеспечения компании является не только восстановление документированной деятельности компании в традиционном формате – «кто–что?», но и переход к современному формату «что–кто?». То есть, необходимо поменять концепцию проектирования и перейти от привычного изображения организационной структуры в виде иерархии к ее матричному отображению, которое задает новую парадигму описания организационно-функциональной деятельности компании.

**Целью диссертационного исследования** является обоснование принципов и разработка информационной системы эффективного управления проектированием объектов атомной энергетики на протяжении их жизненного цикла.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы и решены следующие **основные задачи**:

1. На основе исследования состояния и уровня автоматизации процесса проектирования объектов АЭС в инжиниринговых компаниях предложить модель информационного взаимодействия субъектов, осуществляющих проектирование АЭС.
2. Обобщить и классифицировать требования к информационному обмену между субъектами проектной деятельности, характерные для объектов проектируемых АЭС на протяжении их жизненного цикла.
3. Сформулировать принципы и предложить методы построения системы интеллектуального проектирования и системы управления информацией, которые повысят эффективность и надежность использования проектного обеспечения на протяжении всего жизненного цикла АЭС;
4. Разработать информационную систему эффективного интеллектуального управления проектированием объектов АЭС, обеспечивающую возможность эффективного и надежного их функционирования на протяжении жизненного цикла.
5. Апробировать основные методологические положения и предложенные механизмы разработки информационной системы эффективного управления проектированием объектов АЭС в конкретной инжиниринговой компании, занятой проектированием АЭС.

**Объектом диссертационного исследования** выступает инжиниринговая компания, занимающаяся комплексным проектированием и сооружением объектов АЭС.

**Предметом диссертационного исследования** является система технических, информационных, экономических и организационных отношений, возникающих в процессе функционального взаимодействия различных подразделений инжиниринговой компании на разных этапах проектирования, сооружения и эксплуатации АЭС.

**Теоретической и методологической основой исследования** послужили научные труды отечественных и зарубежных специалистов в области макро- и микроэкономики, управления в электроэнергетики, проблем конкурентоспособности, статистики и многокритериальной оптимизации.

В качестве методов общенаучного исследования применялись: метод системного подхода, анализа и синтеза, сравнения, экономико-статистические методы обработки данных, метод графических изображений, оценок и многокритериального выбора. Исследования проводились с учетом нормативно-законодательной базы Российской Федерации, статистической информации органов государственной статистики России.

**Научная новизна и личный вклад автора** заключается в развитии методологических и методических положений процесса эффективного управления проектированием объектов АЭС посредством реализации следующих научных и методических результатов исследования:

1. Предложенной концепции разработки информационной системы эффективного управления проектированием объектов АЭС и модели взаимодействия субъектов проектирования, направленных на достижение не только эффективности, но также надежности и безопасности их функционирования;
2. Обобщения требований к области информационного обмена между субъектами проектной деятельности, основанных на анализе практики проектной деятельности инжиниринговых компаний в области развития атомной энергетики;
3. Определения принципов построения информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики, основанных на процессно-ориентированном управлении компанией и учитывающие состав и взаимосвязь их бизнес процессов;
4. Разработки эффективной информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики, направленной на достижение экономических и социальных целей развития атомной энергетики;
5. Предложенной методики оценки экономического и социального эффекта использования информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики, обеспечивающей достижение поставленных целей;
6. Апробацией основных методологических и методических положений в практике инжиниринговой компании, занятой проектированием конкретных объектов атомной энергетики.

**Информационно-аналитической базой диссертационного исследования** послужили материалы ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО РАО «ЕЭС России», Центра «Атом-инновации», ГУ «Институт

энергетической стратегии», ОАО «НТЦ Электроэнергетики», ОАО «ВНИПИЭнергопром», Министерства энергетики РФ, а также монографии, статьи, публикации периодической печати и электронных изданий российских и зарубежных издательств по проблемам реформирования электроэнергетики, управления компаниями-поставщиками электроэнергии, энергетической безопасности, экологии и систем автоматизированного проектирования и управления энергетических комплексов.

**Теоретическая и практическая значимость** проведенного исследования заключается в формулировании принципов и классификации требований к информационной системе эффективного управления проектированием объектов атомной энергетики. Предложенная концепция информационной системы позволяет эффективно управлять проектированием, сооружением и эксплуатацией объектов АЭС. Основные разработки, полученные в результате диссертационного исследования, могут быть также использованы инжиниринговыми компаниями других отраслей топливно-энергетического комплекса.

**Достоверность и обоснованность результатов**, полученных автором, обеспечиваются: проведением логико-аналитических и опытных исследований в соответствии с методиками и нормативными документами; применением современной электронно-вычислительной техники и интеллектуальных систем проектирования и эксплуатации АЭС, что также подтверждено использованием основных результатов исследования в деятельности инжиниринговых компаний.

**Апробация работы и публикации.** Результаты работы апробированы и внедрены в основной производственный процесс ОАО «Санкт-Петербургский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ», а также в проектно-изыскательском филиале ООО «АЭС-Буран». Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на 14-ой Всероссийской конференции «Фундаментальные исследования и инновации в национальных исследовательских университетах», Международной научно-методической конференции «Высокие интеллектуальные технологии образования и науки», Международных научных конференциях «Неделя науки» в СПбГПУ в 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 гг.

**Публикации.** По результатам выполненного исследования опубликовано 10 научных работ, отражающих основное содержание исследования.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, состоящего из 154 источников. Диссертация содержит 22 рисунка и 13 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

**1. Предложена концепция разработки информационной системы эффективного управления проектированием объектов АЭС и модель взаимодействия субъектов проектирования, направленная на достижение не только эффективности, но также надежности и безопасности их функционирования.**

В настоящее время очевиден тот факт, что развитие новой техники в современных условиях замедляется не столько отсутствием научных достижений и инженерных идей, сколько сроками и не всегда удовлетворительным качеством их реализации при конструкторско-технологической разработке. Одним из направлений решения этой проблемы является создание и развитие информационных систем управления проектированием.

Анализ ситуации, сложившейся на предприятиях отрасли, выявил основные недостатки существующей системы проектирования:

- огромные объемы трудозатрат тратятся на сбор и систематизацию информации;
- специалистам разных специальностей приходится многократно вносить и обрабатывать одну и ту же информацию;
- трудность с отслеживанием последней версии документа. На компьютерах сотрудников плодятся разные версии документов и через некоторое время поиск (например, смежной специальностью) последних изменений вызывает затруднения;
- сложность контроля состояния проекта со стороны руководства, главного инженера проекта. Отследить можно только сроки по графику, а процент выполнения в ходе работ отследить практически невозможно;
- сложность сборки общей модели объекта. Из-за того, что разные специалисты «играют по разным правилам», используют разные настройки, а, зачастую, работают в разных приложениях (например, *AutoCAD* и *Microstation*), которые несовместимы на 100% между собой, собрать единую модель объекта не представляется возможным;
- отсутствие единой модели влечет за собой большое количество коллизий, выявляющихся только на стадии монтажа;
- сложность управления изменениями. Появившееся изменение достаточно трудоемко внести во все необходимые документы и оповестить всех заинтересованных участников;
- на качество проектирования огромное влияние оказывает «человеческий фактор».

Проектирование – это этап, на котором закладывается основной объем информации об объекте. Основными источниками данных, документов и информации являются, в общем случае, территориально и организационно распределенные:

- специалисты (административный и инженерно-технический персонал);
- оперативные данные и документы проекта;
- архивированные данные и документы проекта;
- информационные прикладные ресурсы;

– нормативные документы.

Модель процесса взаимодействия представлена на рис 1.



Рис. 1. Модель информационного взаимодействия субъектов в процессе проектирования.

**2. Обобщены требования к области информационного обмена между субъектами проектной деятельности, основанные на анализе практики проектной деятельности инжиниринговых компаний в области развития атомной энергетики.**

Основываясь на рассмотрении процесса проектирования различных сложных объектов и сути, решаемых при этом проектных и проектно-технологических задач, можно утверждать, что информационные системы управления проектированием должны:

1. Автоматически выявлять наилучшие проектные и проектно-технологические решения во всех случаях, когда оптимизационные задачи поддаются формализации.
2. Автоматически вводить в процессе работы системы информации во все взаимосвязанные программы, использующие соответствующую информацию в качестве исходной.
3. Автоматически проверять совместимость решений, принимаемых по разным частям и элементам проектируемого объекта, и осуществлять (когда это возможно) корректировку несовместимых решений без учета проектировщика.
4. Автоматически выдавать в привычной для проектировщика форме некоторые промежуточные результаты.
5. Выдавать любые промежуточные результаты по запросу проектировщика.
6. Предоставлять проектировщику возможность вносить произвольные коррективы в первоначально принятые системой решения.
7. Давать возможность изолированного решения отдельных задач по задаваемым проектировщиком исходным данным.
8. Накапливать опыт проектирования.
9. Выдавать по запросу любые сведения, хранящиеся в банке данных системы.



10. Обеспечивать возможность совершенствования и развития системы без ее коренной переделки.

Все эти требования могут быть сведены к двум важнейшим качествам системы: информированность и адекватность. Именно они практически полностью определяют успех внедрения и эксплуатации системы.

### 3. Определены принципы построения информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики, основанные на процессно-ориентированном управлении компанией и учитывающие состав и взаимосвязь их бизнес-процессов.

Поскольку на каждом этапе проектирования осуществляются различные операции с материальными и нематериальными (информационными) объектами, а также возникает проблема наиболее эффективного распределения этих операций во времени и оптимального соотношения в пространстве с целью экономии трудовых и материальных ресурсов, то представляется целесообразной необходимость разработки информационной системы интеллектуального управления проектированием. Чтобы разработать эту технологическую систему, необходимо тщательно изучить сам процесс проектирования.

В ходе изучения процессных схем, определен объект автоматизации, которым стал процесс взаимодействия участников проекта при формировании его электронной информационной модели объекта АЭС в ходе его выполнения и управления им, см. рис. 2. Для реализации представленной схемы предлагается использовать систему управления информацией, которая позволит обеспечить возможность совместного использования информации с применением компьютерных сетей и стандартизацией форматов данных, обеспечивающих их корректную интерпретацию.

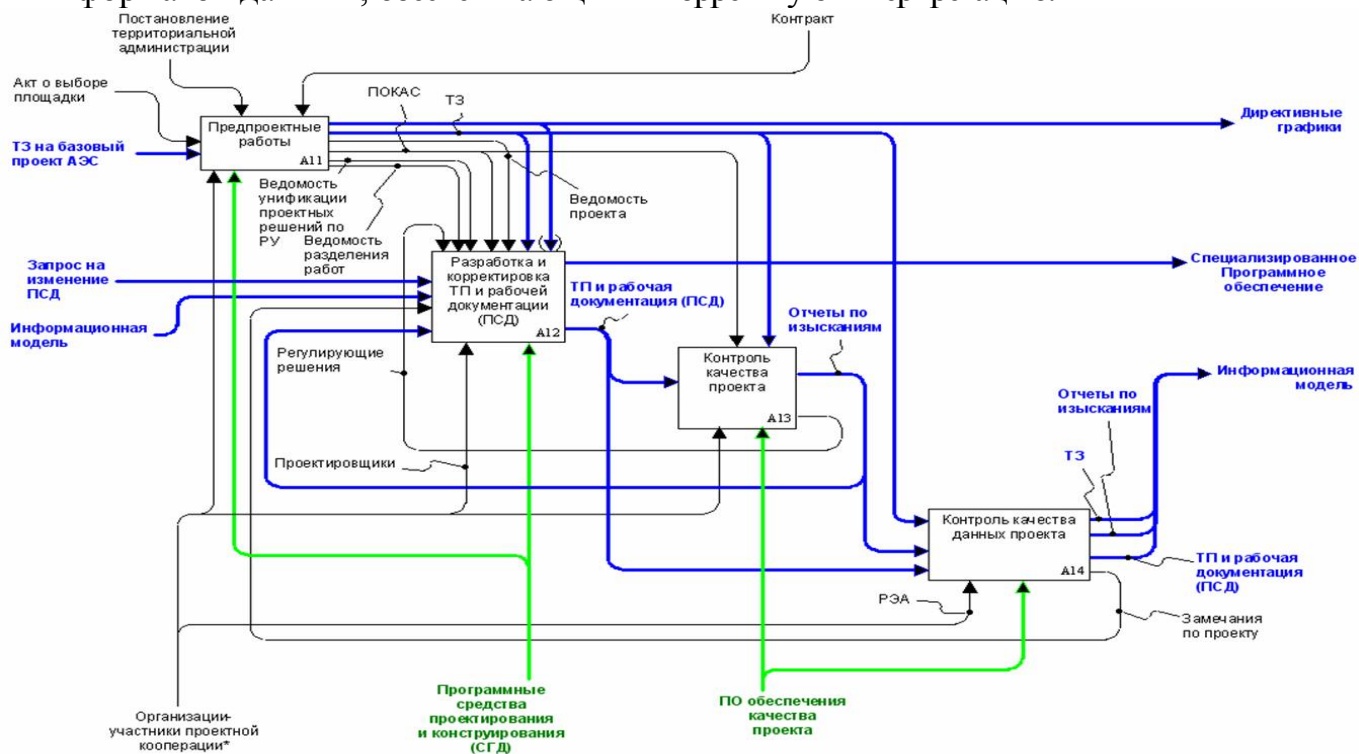


Рис. 2. Технологические процессы обмена данными при выполнении проекта АЭС.

На основании анализа бизнес-процессов проектирования протекающих в компании определены следующие построения информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики:

- возможность формулировать решаемые проектные задачи из предметной области на различных языках, понятных проектировщику;
- наличие средств для эффективной корректировки задания на проектирование с использованием простых форм входного языка (таблиц, бланков и т.п.);
- отсутствие жестких ограничений на структуру и объем входных данных и формы носителей информации, на которых они хранятся;
- возможность оперативного подключения к программному обеспечению системы новых модулей и исключение устаревших;
- представление возможностей проектировщику на основе промежуточных результатов принимать решение о выборе методов для продолжения проектной задачи, а также изменений значений отдельных параметров в используемом методе решения;
- возможность в ходе выполнения проектных операций прослеживать значения основных показателей процесса, свидетельствующих о его эффективности, и в зависимости от их значений корректировать процесс проектирования;
- допустимость включения обучающих программ для повышения квалификации проектировщика;
- обеспечение совместимости автоматизированного и неавтоматизированного видов проектирования.
- возможность использования информации об объекте проектирования при последующей эксплуатации.

#### **4. Разработка эффективной информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики, направленной на достижение экономических и социальных целей развития атомной энергетики.**

Описание единого организационно-технического комплекса методических, технических, программных и информационных средств, обеспечивающих поддержку и повышение эффективности планирования, осуществления работ, контроля и координации деятельности всех участников проектирования и эксплуатации объектов осуществляется на основе процессного подхода.

Системы управления информацией – это автоматизированная информационная система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации взаимодействия участников процессов жизненного цикла проекта при формировании его информационной модели. Общая структура комплекса автоматизированного проектирования компании представлена на рис. 3.

В соответствии с предложенной структурой информационное обеспечение проекта основано на Базе данных проекта, которая позволяет содержать, обновлять и обмениваться информацией между системами на всех

стадиях жизненного цикла атомного блока, что решает задачи автоматизации проектирования и возможности повторного использования информации.

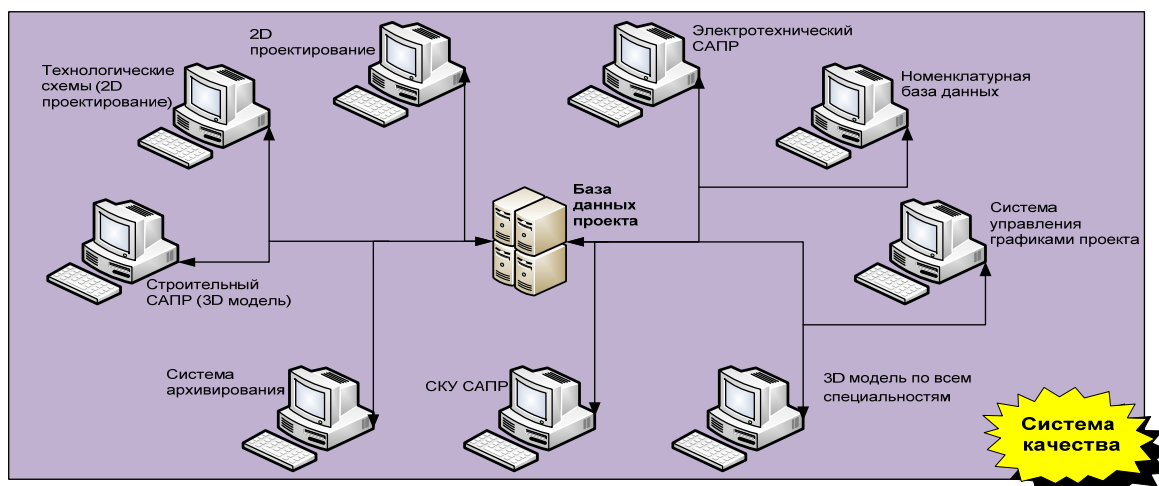


Рис. 3. Общая архитектура комплекса автоматизированного проектирования.

Первичная информация в базу данных проекта поступает из номенклатурной базы данных. Номенклатурная база данных представляет общий сбор информации об элементах оборудования и поставщиках. В ее содержимое входят номенклатурные номера оборудования, параметры оборудования, цены, поставщики. Функцией данной базы является первичный сбор необходимой информации, которая поступает непосредственно от поставщиков.

Обработанная информация из номенклатурной базы поступает в элементную базу данных, которая является центральной базой данных проекта, и ее информация используется для баз данных других систем.

На начальной стадии проектирования информация из элементной базы данных поступает в базу данных системы проектирования 2D схем. В процессе проектирования 2D схем элементам и системам присваиваются технологические коды, которые заносятся в данную базу.

На основе 2D схем реализуется 3D модель блока. При этом в базе данных 3D модели должны быть сформированы 3-х мерные отображения элементов по номенклатурным номерам. В соответствии с номенклатурными номерами элементной базы данных, в базе данных 3D модели активируются соответствующие элементы.

Из 3D модели реализуются 2D чертежи. Для этого используется информация о координатах из базы данных 3-х мерной модели. Также используется информация из центральной базы данных об элементах, не влияющих на компоновку основного оборудования, которые не были учтены в 3D модели. Этим элементам также присваивается технологический код, который также заносится в базу данных 2D чертежей.

Центральная база данных может использоваться не только в процессе проектирования, но и для финансового и сетевого планирования. Для базы данных управления проектами (сетевого планирования) из центральной базы данных используется информация о стоимости, сроках поставки, сроках эксплуатации элементов оборудования.

Кроме этого база данных сетевого планирования связывается посредством технологических кодов с базой данных 3D модели, что позволяет автоматизировать сетевой график, т.к. дата закрытия акта или договора в системе документооборота по какой-либо системе или оборудованию является фактом завершения работы в системе сетевого планирования. Это позволяет на стадии проектирования осуществлять проверку корректности поставки и монтажа оборудования, а на стадии строительства – визуализировать ход выполнения работ. База данных проекта также должна включать базу документооборота.

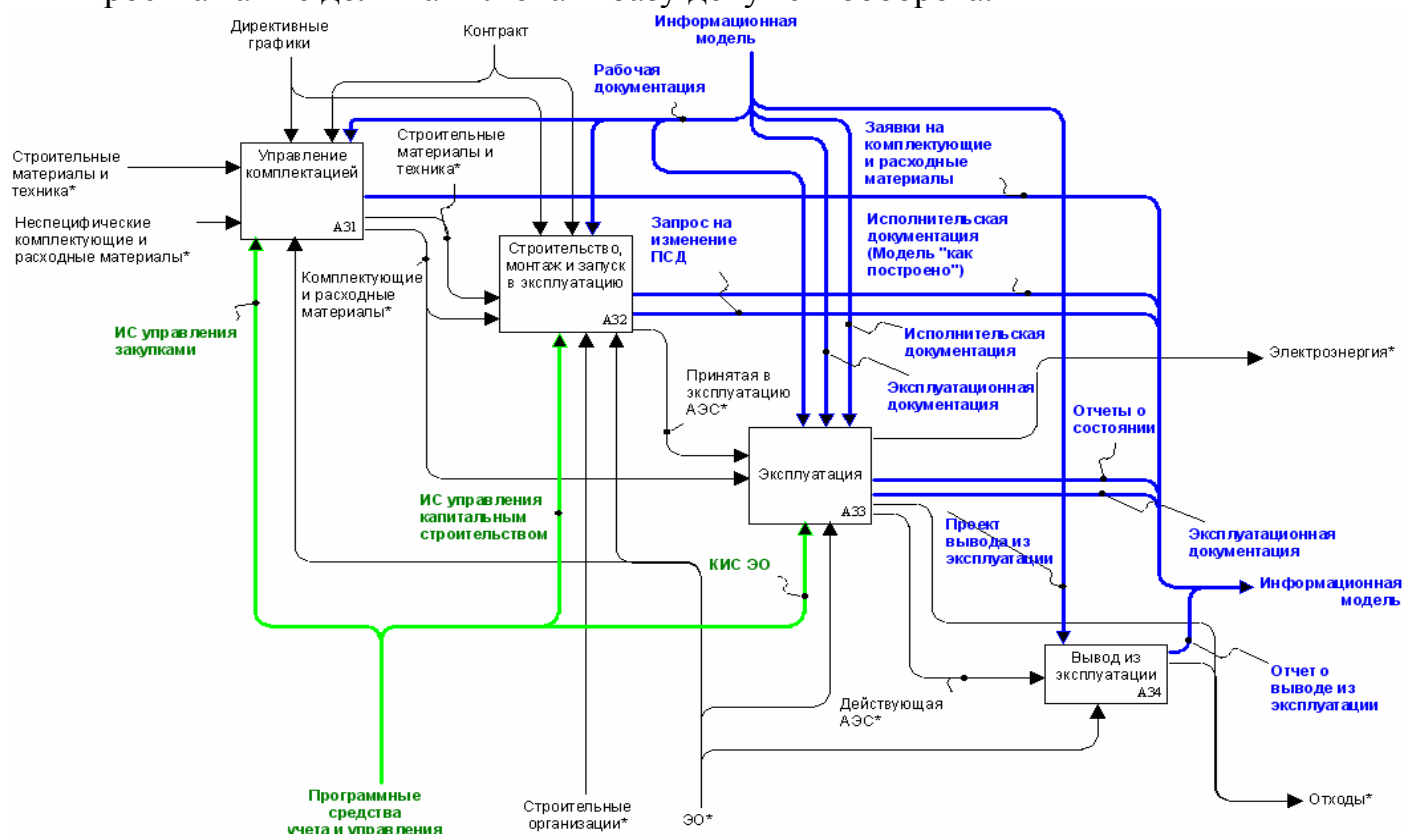


Рис. 4. Технологические процессы обмена данными в течении жизненного цикла АЭС.

Процессно-ориентированный подход к управлению позволяет организовать деятельность таким образом, чтобы она была гибкой, направленной на постоянное улучшение качества конечного продукта, снижение его стоимости и удовлетворение клиента (см. рис. 4).

Основными особенностями предметной области, для которой проектируется система управления информацией, являются:

- территориальная распределенность участников проекта (Поставщик, Владелец, Субподрядчики и т.д.);
- интенсивные коммуникации участников проекта, необходимость в координации их деятельности;
- необходимость интеграции системы управления информацией Поставщика и Владельца, а также обеспечение интерфейса с системами проекта существующих блоков АЭС;

- разнообразие парка вычислительных средств, сетевого и телекоммуникационного оборудования, базового программного обеспечения;
- большое количество приложений специального назначения, созданных на основе различного базового программного обеспечения;
- необходимость информационной поддержки на всем жизненном цикле блока АЭС;
- учет требований систем, поддерживающих эксплуатацию и техобслуживание АЭС.

Для удовлетворения перечисленных требований необходима устойчивая и открытая архитектура системы управления информацией, построенная на основе использования международных стандартов и способная к постоянному развитию.

Каждая задача, поручаемая участнику проекта, должна быть описана. Описание задачи должно содержать информацию, необходимую для планирования работ по задаче. Каждая задача должна оформляться в письменной форме и подписываться исполнителем (авторизация работ).

Задачи верхнего уровня возникают в результате создания структуры разбиения работ и это задачи, реализуемые по субконтрактам. В этом случае описание задачи возникает в виде тендерной документации, и на ее основе субподрядчик готовит свои «частные» графики. Затем описание задачи преобразуется в контракт. Для крупных задач Генпоставщик вправе потребовать у субконтракторов наличия системы описания задач, не противоречащей системе Генпоставщика. По выданным задачам субподрядчики или подразделения организации готовят предложения по частным графикам исполнения работ, включая используемые ресурсы и сметы, для включения этих графиков в общее расписание.

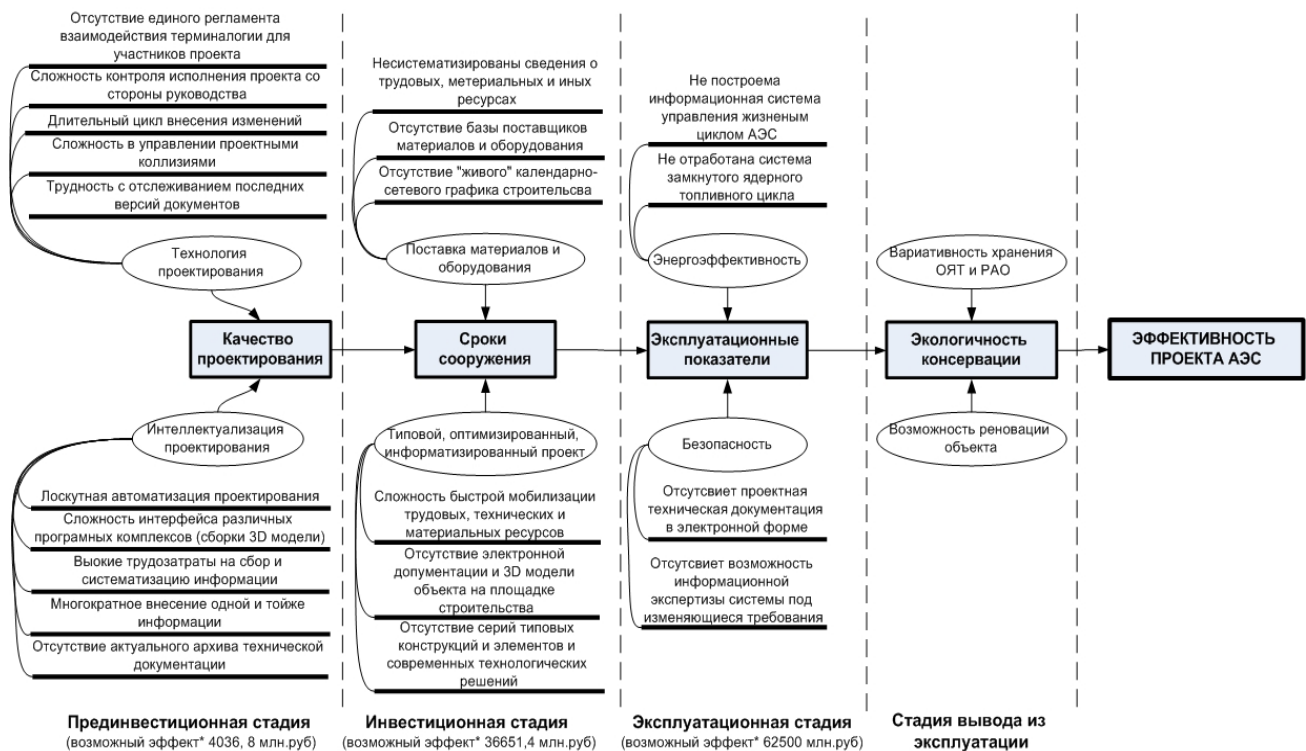
С целью улучшения управляемости процедура «Система описания задач» определяет, что для длительных задач должны быть описаны контрольные события, отвечающие требованию проверяемости выполнения и разделяющие задачу на менее длительные задачи.

Поскольку в выполнении задачи могут принимать участие несколько участников проекта, необходима координация деятельности. Полезным инструментом для определения прав и обязанностей участников по задаче является матрица ответственности. Матрица содержит список задач по одной оси и список исполнителей по другой. Элементами матрицы являются коды видов деятельности (исполнитель, контроль, приемка работ и т.д.). Должен быть определен порядок создания матриц ответственности в соответствии с иерархией задач и подзадач.

Перечисленные принципы являются фундаментом эффективного использования проектного обеспечения сложной технико-экономической системы, включая АЭС, на протяжении ее жизненного цикла.

В результате оптимизации основных производственных процессов и использование информационной системы управления проектированием сокращается общая продолжительность сооружения АЭС и приближается срок начала промышленной выработки электроэнергии – получения выручки. Эффективное управление проектированием позволяет экономить и на

последующих стадиях жизненного цикла АЭС за счет внедрения информационной системы управления проектированием на первой стадии (см. рис.5).



\* - возможный экономический эффект получен для АЭС из 2 энергоблоков с реакторами ВВЭР

Рис. 5. Схема экономической эффективности проекта АЭС от уровня информатизации на различных стадиях его жизненного цикла.

## 5. Предложена методика оценки экономического и социального эффекта использования информационной системы интеллектуального управления проектированием объектов атомной энергетики, позволяющей достигать поставленных целей.

Особенность в проведении оценки эффективности предложенной системы заключается в сложности выявления результатов от реализации комплекса функциональных задач системы управления информацией и подсистемы интеллектуального проектирования и выделения их из общего результата при реализации в условиях информационной поддержки процессов жизненного цикла проекта в компании в целом. Данная ситуация осложняется еще и тем, что не все результаты работы системы поддаются количественной оценке. Это в первую очередь связано с тем, что часть результатов носят производственный характер, т.е. не участвует непосредственно в выпуске проектно-сметной документации. Следовательно, полученные результаты могут быть оценены лишь качественно, что в значительной степени снижает суммарное значение получаемого эффекта.

Так как объектом инвестиций выступает проектная организация, которая разрабатывает и внедряет информационную систему управления проектами за счет собственных средств, то оценка эффективности использования системы производится для этого же предприятия и включает в себя следующие шаги:

Шаг 1. Оценка бизнеса. Определение проблем, важных для компании, что позволяет увязать информационные решения с проблемами важными для успеха предприятия (см. табл.1).

Таблица 1. Критические факторы успеха

№ п.п.	Критический фактор успеха	Стратегия	Ключевой показатель выполнения
1	Автоматизированный процесс обработки информации	Уменьшение количества времени на сбор и систематизацию информации. Отказ от необходимости многократно вносить и обрабатывать информацию	Сокращение сроков выполнения проекта
2	Контроль актуального состояния документации по проекту	Использование единой электронной системы документооборота и хранения документации по проекту	Возможность принятия правильных управленческих решений
3	Наличие единой информационной модели объекта	Разработка единого регламента применения САПР при проектировании	Удовлетворение требований Заказчика. Повышение качества ПСД
4	Управление изменениями	Использование единой информационной модели объекта с дефинированным доступом всех участников проекта	Снижение количества проектных коллизий

Шаг 2. Выбор решения. Для каждой работы, определенной на предыдущем шаге, необходимо найти с использованием каких информационных технологий можно улучшить ее результативность.

Шаг 3. Вычисление выручки и затрат. Стандартом «де-факто» при расчете стоимости ИТ-систем стал метод совокупной стоимости владения (ТСО), впервые предложенный компанией Gartner. результаты расчета представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Совокупная инвестиционная и текущая стоимость проектов

№ п.п.	Проект	Инвестиционные затраты, тыс.руб.	Тек-е затраты, тыс.руб/год
1	Создание корпоративной VPN с возможностью удаленного доступа к сети	1 618,0	609,0
2	Внедрение модуля ERP системы для работы со всеми участниками проекта	72 368,0	655,0
3	Внутрикорпоративная система формирования отчетов	1 152,0	300,0

Таблица 3. Эффекты внедрения системы управления проектированием

№ п.п.	Проект	Качественные выгоды	Экономический эффект, руб/год	Кол. результат, тыс.руб/год
1	Создание корпоративной VPN с возможностью удаленного доступа к сети	Повышение качества ПСД на 7%	Уменьшение операционных расходов	4 006,3
2	Внедрение модуля ERP системы для работы со всеми участниками проекта	20% сокращение нарушений договорных условий	Увеличение прибыли	2 620,2
3	Внутрикорпоративная система формирования отчетов	Повысилась скорость обработки и представления информации на 14%	Уменьшение накладных расходов	995,8



Прогноз количественного эффекта внедрения системы управления проектированием вычисляется на основе результатов внедрения подобных технологий в других отраслях народного хозяйства.

Шаг 4. Риски. На данном этапе исследования определяются и измеряются риски свойственные ИТ-проектам, а также неопределенности, возникающие непосредственно на этапе проведения оценки.

Шаг 5. Расчет финансовых показателей. В основе процесса принятия решений инвестиционного характера лежит оценка и сравнение объема предполагаемых инвестиций и будущих денежных поступлений.

На основе полученных дисконтированных денежных потоков, скорректированных с учетом рисков, рассчитываются финансовые показатели, принятые на данном предприятии. Этими показателями являются чистый приведенный доход ( $NPV$ ), внутренняя норма доходности ( $IRR$ ), индекс рентабельности ( $PI$ ) и сроки окупаемости ( $PB$ ,  $DPB$ ).

Чистый приведенный доход  $NPV$ : Рассчитывается как разница между текущими затратами денежного потока на протяжении жизни проекта и суммой первоначальных инвестиций по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{I_{t-1}}{(1+r)^{t-1}}, \quad (\text{руб./год}) \quad (1)$$

где  $CF$  — чистые поступления в конце периода  $t$ , руб.;  $r$  — ставка дисконтирования, %;  $t$  — длительность проекта, годы.

Индекс рентабельности проекта  $PI$ : Индекс рентабельности показывает, сколько единиц современного денежного потока приходится на единицу предполагаемых затрат, и имеет формулу:

$$PI = \frac{PV_n}{I_0} = \frac{NPV}{I_0 + 1}, \quad (\%) \quad (2)$$

Внутренняя норма доходности  $IRR$ : Это процентная ставка, при которой чистая стоимость инвестиций равна нулю.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^{t-1}} - I_0, \quad (\%) \quad (3)$$

$IRR$  позволяет найти граничное значение  $r$ , разделяющее инвестиции на окупаемые и не окупаемые. При анализе эффективности это значение сравнивают со ставкой дисконтирования, если  $IRR > r$ , то проект эффективный.

Период окупаемости инвестиций  $DPB$ : Дисконтированный период окупаемости показывает тот срок, который понадобится для возмещения первоначальных инвестиций с учетом ставки дисконта.

$$DPB = m + \frac{SI_m^D - SCF_m^D}{CF_{m+1}} \cdot (1+r)^{m+1}, \quad \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^{t-1}} - I_0, \quad (\text{годы}). \quad (4)$$

Поскольку информационные технологии динамично развиваются, примем срок использования системы управления проектированием в определенной аппаратно-программной конфигурации равным четырем годам. Полученные результаты приведены в таблице 4.



Таблица 4. Экономические показатели применения системы управления проектированием

Показатели	Значения
Чистая приведенная стоимость (NPV), млн.руб/год	556,84
Внутренняя норма доходности (IRR), %	158,24
Модифицированная норма доходности (MIRR), %	211
Индекс рентабельности инвестиций (PI), %	344
Срок окупаемости (PB), лет	0,01

Шаг 6. Определение трудоемкости и производительности. Рассматриваются трудоемкость выполнения операций и сравниваются два варианта обработки информации: *базовый* – так как это делается в настоящее время и *проектный* – с использованием информационной системы управления проектированием. Для сравнительного анализа проектного и базового вариантов были проведены расчеты производительности для годового объема работ, увеличенного в 2, 5, 10, 25, 50, 100, 120, 200 раз. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наибольшая экономическая эффективность от внедрения систем достигается при их массовой эксплуатации (см. рис. 6) и большом количестве обрабатываемой информации, т.е. чем сложнее и масштабнее проект, тем больше отдача от внедрения технологии 3D и выше экономический эффект.

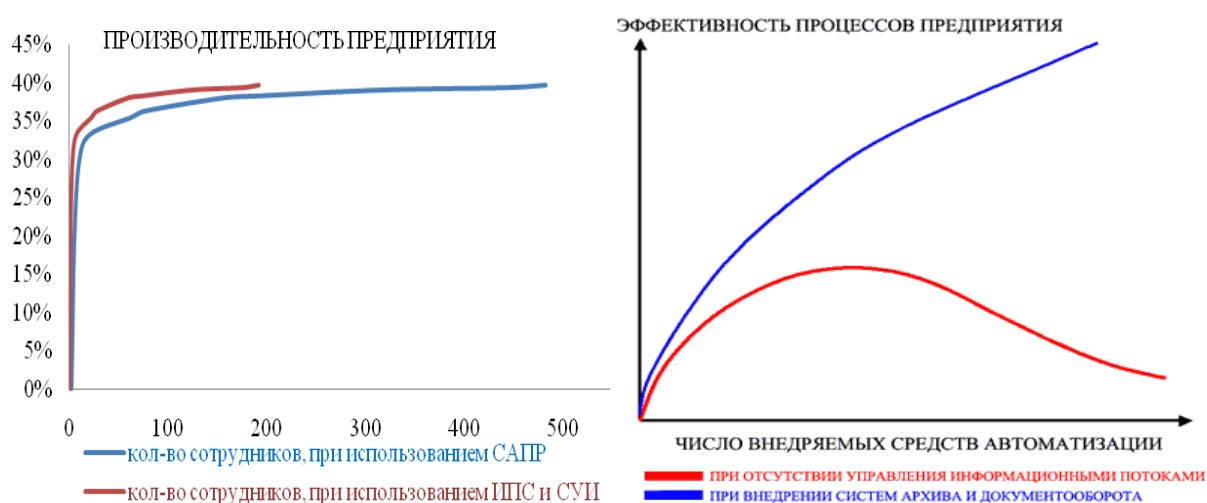


Рис. 6. Повышение производительности функционала компании при внедрении ИПС и СУИ

Выводы: проведенные расчеты показывают, что не смотря на высокую стоимость разработки и внедрения информационной системы управления проектами является выгодным инвестиционным проектом влекущим за собой не только очевидный экономический эффект, но и ряд косвенных социальных и производственных эффектов, которые представлены на рис 7.

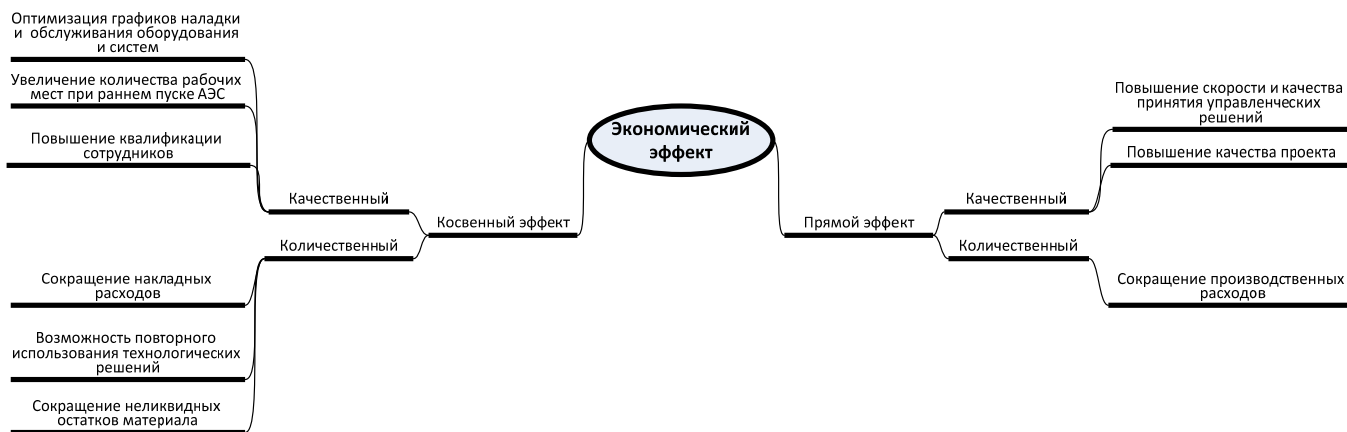


Рис. 7. Схема экономического эффекта использования информационной системы управления проектами.

## 6. Апробированы основные методологические и методические положения в практике инжиниринговой компании занятой проектированием конкретных объектов атомной энергетики.

Прорабатывается возможность связи трехмерной модели с подсистемой сетевого планирования для контроля процесса проектирования и моделирования строительства и монтажных работ до начала возведения АЭС с целью избежать ошибок и дополнительных затрат в ходе строительных работ.

На основании требований и ожидаемых результатов внедрения системы управления информацией разработано техническое задание к единой информационной системе в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602-89.

Эффективность внедрения предложенных систем определяется повышением уровня конкурентоспособности предприятия.

**Результаты внедрения интеллектуальной системы проектирования и системы управления информацией.** Центральной частью проекта является 3D модель АЭС, которая сопровождает объект на всех этапах жизненного цикла и обеспечивает повышение эффективности работ на каждом из них.

**Этап ТЭО (проект)** Общая стоимость проекта во многом определяется решениями, принятыми на этапе концептуального проектирования на стадии ТЭО. Основным преимуществом применения технологий 3D проектирования на данном этапе является возможность проводить всесторонний и точный экономический анализ альтернативных решений до окончательного утверждения ТЭО (проекта).

**Этап рабочего проектирования.** Главными преимуществами технологии 3D являются: интегрированность данных, стандартизация процесса проектирования, проведение анализа совместимости технологического оборудования, возможность повторного использования решений в будущих проектах, возможность внесения изменений в проект, основываясь на последних данных, полученных от заказчика или специалистов в области технологии, автоматическая проверка компоновки

оборудования, увеличение общей эффективности проектных работ благодаря автоматизированному созданию чертежей, спецификаций и другой технической документации. Все эти преимущества приобретают еще большее значение, если в проекте участвуют несколько географически удаленных друг от друга коллективов.

При многолетнем использовании технология 3D становится еще более эффективной за счет повторного использования уже существующих проектных решений и данных.

**Сооружение объекта.** Результатами использования этой технологии являются: сокращение сроков возведения объекта, сокращения случаев корректировки проекта на этапе монтажных работ благодаря мощным функциям проверки интерференции оборудования и систем инженерных коммуникаций, а также высококачественная документация на все этапы работ, оперативная проверка и отслеживание текущего состояния дел на объекте. Некоторые пользователи сообщают о 10% экономии на этапе монтажа оборудования и примерно 5% экономии за счет уменьшения неликвидных остатков, что выливается при типовом проекте в снижение стоимости этапа возведения на 5-10% и снижение доли переделок в общем объеме монтажных работ.

Возможность демонстрации Заказчику трехмерной модели будущего объекта со связанными схемами и атрибутивной информацией также является немаловажным фактором.

**Выводы и рекомендации.** Сложность внедрения интеллектуальных систем автоматизированного проектирования заключается в том, что эффективность решения каждой конкретной проблемы, как правило, определяется на завершающем этапе работы, когда вся или большая часть системы начинает функционировать. Это предопределяет сложность создания высокоэффективных программных комплексов при первоначальной разработке. Как правило, система становится эффективной в ходе сравнительно длительного процесса создания, испытаний, совершенствования и доводки.

Анализ существующих методов оценки эффекта взаимодействия показал, что они имеют достаточно высокую степень субъективной оценки, и, таким образом, существенно снижают точность расчетов экономического эффекта от внедрения комплекса функциональных задач интеллектуальной системы проектирования. Кроме того, они совсем не учитывают социальной составляющей эффективности инвестиций в интеллектуальные системы проектирования, что существенно влияет на получаемые результаты эффекта взаимодействия и комплекса функциональных задач интеллектуальных систем в целом.

Рекомендовано: для эффективной работы предприятия всю информацию по проектам создавать и хранить в системе управления информацией, внедрять эту систему поэтапно по направлениям деятельности предприятия и соответствующих им отделам.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ

1. М.Г.Кретов, Экономическая эффективность внедрения системы управления информацией при проектировании АЭС / М.Г. Кретов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 1 (114). С. 283–288.
2. М.Г.Кретов, Принципы и механизмы автоматизированного проектирования сложных технико-экономических систем / М.Г. Кретов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 4 (81). С. 29–33.
3. М.Г.Кретов, Параметры социально-экономического развития атомной электроэнергетики России / М.Г. Кретов // Академия энергетики. 2010. №5(37). С. 10–13.
4. М.Г.Кретов Принципы управления проектами при составлении учебного плана и образовательных программ [текст] / М.Г. Кретов // Высокие интеллектуальные технологии образования и науки. Сборник научных трудов Международной НМК, Изд-во Политехнического университета, 2011 г. – стр. 30-31
5. М.Г.Кретов Экономические показатели конкурентоспособности АЭС [текст] / М.Г. Кретов // Экономика, экология и общество России в 21-м веке. Сборник научных трудов 12-й Международной НПК, Изд-во Политехнического университета, 2010 г. – стр. 281-284.
6. М.Г.Кретов Интеллектуализация проектного сектора атомной энергетики как основа повышения конкурентоспособности АЭС [текст] / М.Г. Кретов // Фундаментальные исследования и инновации в национальных университетах. Материалы XIV Всероссийской конференции, Изд-во Политехнического университета, 2010 г. – том 1, стр. 174-176
7. М.Г.Кретов Информационная модель учебного проектирования для подготовки инженерно-технических специалистов [текст] / М.Г. Кретов, Ю.П.Черняев // СПбГПУ XXXIX Неделя науки. Материалы междунар. НПК 2010 г. – стр. 155-156
8. М.Г.Кретов О параметрах устойчивого развития электроэнергетического комплекса [текст] / М.Г. Кретов, В.Р.Окорочков // СПбГПУ XXXVIII Неделя науки. Материалы междунар. НПК 2009 г. – стр. 137
9. М.Г.Кретов Предложения по оптимизации процесса проектирования [текст] / М.Г. Кретов, М.В.Ельчищев // СПбГПУ XXXVII Неделя науки. Материалы всерос. НПК 2008 г. – стр. 112-114.
10. М.Г.Кретов Инновационный подход к проектированию энергетических объектов [текст] / М.Г. Кретов, М.В.Ельчищев // СПбГПУ XXXVI Неделя науки. Материалы всерос. НПК 2007 г. – стр. 147-148