

Мошкалёв Дмитрий Станиславович

Комплексная оценка эффективности проектов продления срока эксплуатации энергоблоков АЭС

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 – 2009

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель: доктор экономических наук, доцент
Макаров Василий Михайлович

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Окороков Василий Романович
кандидат экономических наук, доцент
Бахарев Андрей Анатольевич

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Московский энергетический институт (Технический университет)»

Защита состоится «29» октября 2009 г., в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 при ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, III учебный корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Автореферат разослан «28» сентября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д.212.229.23
доктор экономических наук, профессор

Сулоева С.Б.

I. Общая характеристика исследования

Актуальность темы исследования. Долгосрочные программы развития экономики России на ближайшие 10-15 лет предусматривают обеспечение экономического роста со средним темпом 6,4-6,5 % в год. Одним из необходимых факторов стабильного экономического развития России является опережающее развитие энергетики. В условиях ограниченных инвестиционных ресурсов необходим тщательный анализ конкурентоспособности различных направлений развития энергетики с учетом социально-экономических, экологических и других факторов. Одним из таких вариантов является развитие атомной энергетики.

В России сегодня эксплуатируется 31 энергоблок атомных электростанций (АЭС) общей установленной мощностью 23,24 ГВт с долей в общей выработке электроэнергии ~16 %. При этом большинство энергоблоков АЭС, введенных в эксплуатацию в 70-80-х гг. XX в., в ближайшие 10-15 лет исчерпают проектный 30-летний срок эксплуатации. Модернизация, реконструкция и продление срока эксплуатации (ПСЭ) энергоблоков АЭС обладает экономической привлекательностью, т.к. требует относительно небольшого объема инвестиций и обеспечивает высокие эксплуатационные показатели. По состоянию на 2008 г., в России уже был продлен на 15-20 лет срок эксплуатации 11 энергоблоков АЭС суммарной установленной мощностью 4808 МВт. ПСЭ потребовало комплексного обследования строительных и технологических конструкций энергоблоков с использованием современных научных методов исследования материалов, проведения модернизации основного оборудования и систем. В ближайшие 10-15 лет будет рассматриваться вопрос о ПСЭ еще 17 энергоблоков АЭС, введенных в эксплуатацию в 80-х гг. XX в.

ПСЭ энергоблоков АЭС является сложной и масштабной научно-практической задачей, предусматривающей модернизацию и подготовку энергоблоков к эксплуатации в течение дополнительного срока для обеспечения выполнения повышенных требований к их безопасности и надежности. При этом вопросы экономической эффективности являются ключевыми, т.к. затраты на повышение безопасности влекут за собой снижение конкурентоспособности АЭС, что приводит к необходимости анализа альтернативных вариантов ввода мощности в энергосистему. АЭС в большинстве случаев являются градообразующими предприятиями, поэтому реализация такого крупномасштабного проекта, как ПСЭ энергоблока АЭС, требует также исследования его социально-экономических и экологических последствий. Очевидно, что для решения этой проблемы необходимо наличие адекватной поставленной задаче концепции и методики оценки эффективности проектов ПСЭ.

Целью исследования является разработка концепции и методики комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблоков АЭС.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решены следующие научные и практические задачи:

– Исследовано современное состояние и основные тенденции развития атомной энергетики, а также особенности ПСЭ энергоблоков АЭС, как одного из направлений ее развития.

– Выполнен анализ существующего методического подхода к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов в атомной энергетике, применяющегося в т.ч. и при оценке эффективности ПСЭ энергоблоков АЭС.

– Разработана концепция и методические положения комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблоков АЭС, включающие оценку сравнительной эффективности альтернативных вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему с учетом последствий реализации вариантов и основных влияющих факторов.

– Обоснована совокупность критериев выбора наиболее предпочтительного варианта ввода замещающей мощности в энергосистему по результатам оценки сравнительной эффективности в условиях неопределенности исходной информации.

– Исследовано влияние факторов неопределенности, обусловленной большой продолжительностью расчетного периода и нестабильностью макроэкономической ситуации, на результаты реализации проекта.

– Выполнена апробация предложенной методики комплексной оценки эффективности проектов ПСЭ энергоблоков АЭС на примере энергоблока №4 Ленинградской АЭС (ЛИАЭС).

Теоретической и методологической основой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых по оценке эффективности технических решений в энергетике, а также современные методы инвестиционного анализа. Общей методологической основой исследования является методология оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, разработанная Организацией по промышленному развитию ООН (UNIDO), и основные положения системного подхода.

Предметом исследования являются теоретические и практические основы комплексной оценки эффективности модернизации и ПСЭ энергоблоков АЭС.

Объектом исследования является инвестиционный проект ПСЭ энергоблока АЭС, как один из альтернативных вариантов ввода мощности в энергосистему.

Научная новизна исследования и личный вклад автора состоит в следующем:

1) сформулированы принципы комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблоков АЭС, отличающиеся использованием элементов системного подхода для учёта взаимосвязей проекта с макроэкономической ситуацией в регионе, экологических и социальных последствий его реализации;

2) разработана методика комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблоков АЭС, включающая оценку абсолютной и сравнительной эффективности альтернативных вариантов

ввода замещающей мощности в энергосистему с учетом социально-экономических и экологических факторов;

3) обоснованы принципы выбора альтернативных ПСЭ энергоблока АЭС вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему и условия обеспечения их сопоставимости;

4) предложена система основных и дополнительных критериальных показателей, количественно и качественно характеризующих экономические, социальные и экологические последствия реализации вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему;

5) выполнено исследование условий, качественных и количественных последствий реализации проекта ПСЭ энергоблока АЭС;

6) исследована чувствительность показателей эффективности проекта ПСЭ (на примере энергоблока № 4 ЛАЭС) к изменению внешних и внутренних влияющих на его реализацию факторов, как основа учета неопределенности исходной информации.

Практическая значимость. Работа направлена на совершенствование методов комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблоков АЭС. Предложенные в работе методы и модель комплексной оценки эффективности ПСЭ были реализованы при оценке экономической эффективности энергоблока № 4 ЛАЭС и могут быть использованы при оценке эффективности проектов ПСЭ других энергоблоков АЭС России.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением современной методологии системных исследований и инвестиционного анализа, а также результатами апробации и внедрения полученных результатов.

Апробация и реализация результатов исследования. Основные методические положения и результаты исследования, выводы и рекомендации докладывались на международных и всероссийских научных конференциях и форумах в г. Санкт-Петербург в период 2006-2008 гг. Результаты исследований, проведенных в диссертационной работе, использованы при оценке экономической эффективности проекта ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС, выполненной ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ» с участием автора, а также для решения различных производственно-аналитических задач ЛАЭС.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 статей в отраслевых и межвузовских сборниках общим объемом 2,0 печатных листа, в том числе 4 статьи в издательствах, рекомендованных ВАК.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 98 наименований и приложений.

II. Основные положения и результаты исследования

1. Современная атомная энергетика и основные тенденции ее развития

Развитие атомной энергетики России позволяет диверсифицировать топливно-энергетический баланс, компенсировать истощение запасов углеводородного топлива и стабилизировать уровень тарифов на электрическую и тепловую энергию. Россия обладает крупным атомным энергопромышленным комплексом, основными направлениями развития которого на современном этапе являются:

- повышение уровня безопасности и эффективности эксплуатации действующих энергоблоков, в том числе доведение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) до ~ 75-82%;
- ПСЭ действующих энергоблоков;
- завершение строительства и ввод в действие энергоблоков высокой степени готовности;
- ввод в эксплуатацию до 2020 г. 10 новых энергоблоков АЭС.

Однако, учитывая сложившуюся в экономике России ситуацию, можно предположить, что в ближайшей перспективе одними из основных направлений развития отечественной атомной энергетики будут являться повышение эффективности и ПСЭ действующих энергоблоков АЭС.

Проектный срок эксплуатации отечественных энергоблоков АЭС I и II поколения (30 лет), введенных в эксплуатацию в 70-х–80-х гг. XX в., определялся исходя из предположений о сроках службы отдельных систем и конструкций энергоблока, принятых со значительной долей консерватизма. Накопленный в стране и за рубежом опыт эксплуатации, появление инновационных технологий и методов исследования материалов позволили рассмотреть возможность эксплуатации энергоблоков сверх проектного срока после проведения модернизации и реконструкции.

При этом безопасность АЭС и проблема обращения с радиоактивными отходами (РАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) на АЭС являются одними из ключевых аспектов развития атомной энергетики. В основе концепции безопасности энергоблоков отечественных АЭС I и II поколений лежат принципы, сформулированные в нормах и правилах, действовавших на момент начала проектирования (60-70-е гг. XX в.). За последние 15-20 лет на энергоблоках I и II поколений была проведена широкомасштабная модернизация, обеспечившая повышение их безопасности и позволившая продлить эксплуатационный ресурс основных систем и конструкций, что привело к увеличению инвестиционных и эксплуатационных затрат, и сказалось на конкурентоспособности АЭС.

Анализ современной отечественной и мировой атомной энергетики показал, что ПСЭ энергоблоков АЭС является одним из основных направлений ее развития. При этом необходимо тщательное исследование целесообразности ПСЭ и его экономической эффективности, особенно по сравнению с альтернативными вариантами ввода замещающей мощности в энергосистему.

2. Анализ существующего методического подхода к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов в атомной энергетике

Основными условиями реализации ПСЭ энергоблоков АЭС является техническая возможность обеспечения требуемого уровня безопасности и экономическая эффективность эксплуатации энергоблока в течение дополнительного срока (см. рис. 1).

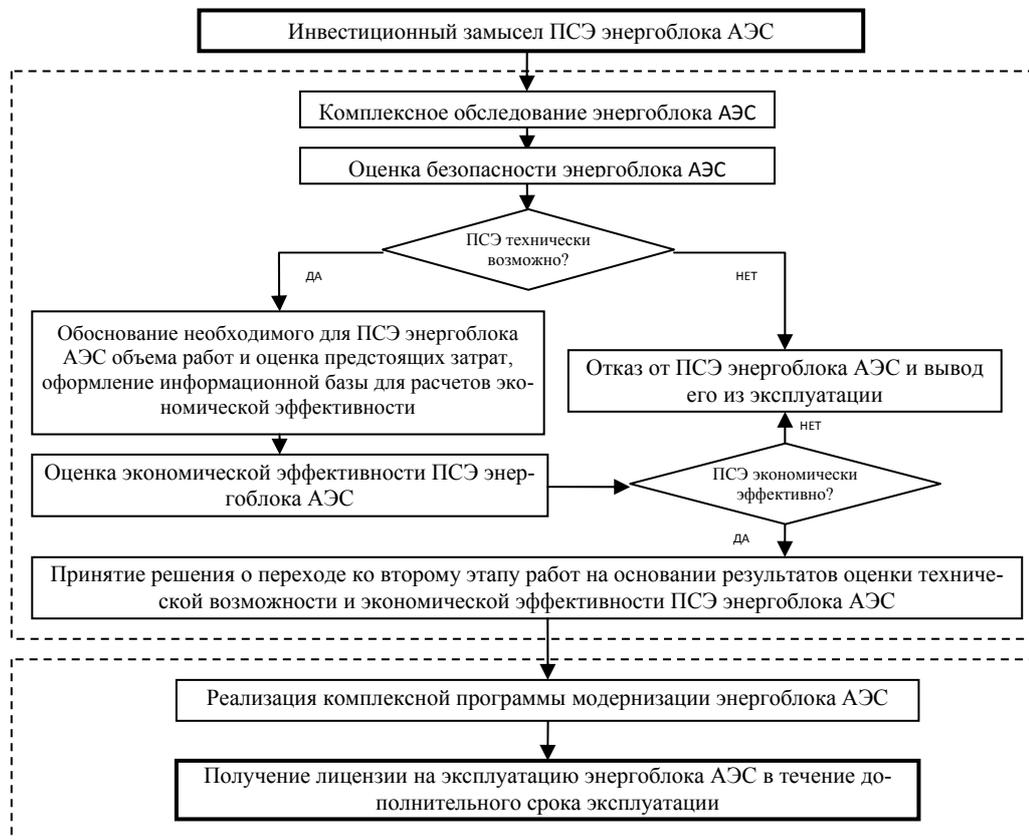


Рис. 1. Этапы реализации проекта ПСЭ энергоблока АЭС

Оценка экономической эффективности ПСЭ энергоблока АЭС является одним из основных этапов исследования. В настоящее время в отечественной атомной энергетике действует методика оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, которая применяется и для проектов ПСЭ энергоблоков АЭС (далее по тексту - отраслевая методика). Отраслевая методика – это комплексный документ, регламентирующий практически все аспекты обеспечения инвестиционной деятельности ОАО «Концерн «Энергоатом». В нем содержатся алгоритмы расчета показателей экономической эффективности, позволяющих количественно оценить результаты реализации проектов (чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности (ВНД), индекс доходности дисконтированных инвестиций (ИДД), срок окупаемости ($T_{ок}$)).

Анализ отраслевой методики показывает, что ее основные положения соответствуют международному методическому подходу к оценке коммерческой эффективности инвестиционных проектов. Оценка соотношения выгод и затрат, связанных с реализацией инвестиционного проекта, проводится с использованием достаточно широко распространенного метода дисконтированных денежных потоков.

Достоинства отраслевой методики заключаются в том, что она применима для различных видов инвестиционных проектов в области атомной энергетики (новое строительство, реконструкция, модернизация), т.е. является универсальной, и хорошо и легко применимой на практике.

К недостаткам отраслевой методики можно отнести следующее:

- инвестиционный проект рассматривается как независимый;
- не предусматривается оценка сравнительной эффективности альтернативных вариантов ввода мощности в энергосистему;
- при оценке не учитываются региональные приоритеты и перспективы развития энергосистем, а также социально-экономические и экологические проблемы развития региона размещения АЭС, которые в некоторых случаях могут оказывать существенное влияние на выбор того или иного проекта.

3. Концепция и методы комплексной оценки эффективности проектов продления срока эксплуатации энергоблоков АЭС

Концепцию оценки экономической эффективности инвестиционных проектов применительно к реализации проектов ПСЭ предлагается дополнить следующими положениями.

1. Необходимо определять сравнительную эффективность проекта ПСЭ и альтернативных вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему, включая:

- обоснование выбора проектов, альтернативных проекту ПСЭ энергоблока АЭС;
- обеспечение сопоставимости технически и экономически различных проектов;
- учет влияния внешних и внутренних факторов на реализацию проекта ПСЭ.

2. Необходим комплексный анализ основных условий и последствий реализации проекта ПСЭ, включая учет значимых социально-экономических и экологических факторов, которые не могут быть оценены на основе формализованных количественных методов, в условиях неопределенности исходной информации.

3. Необходим анализ влияния неопределенности макроэкономического окружения на реализацию проекта ПСЭ с учетом большой продолжительности расчетного периода.

Таким образом, в соответствии с предложенной концепцией, комплексная оценка эффективности ПСЭ энергоблока АЭС должна состоять из следующих этапов (см. рис. 2). На первом этапе оценивается целесообразность проекта ПСЭ энергоблока АЭС по сравнению с альтернативными вариантами ввода замещающей мощности в энергосистему. Кроме количественной оценки и анализа основных показателей эффективности, проводится также качественный анализ условий и последствий реализации каждого из выбранных альтернативных вариантов.

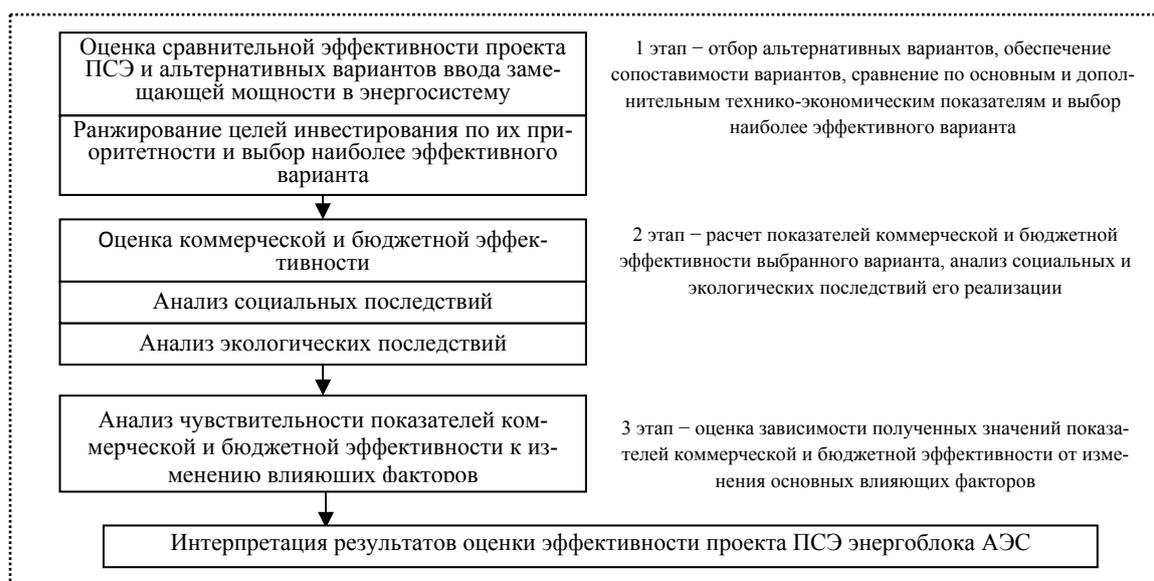


Рис. 2. Этапы комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблока АЭС

Оценка сравнительной эффективности проектов ПСЭ энергоблоков АЭС позволяет сопоставить технико-экономические показатели альтернативных вариантов с учетом особенностей макроэкономического окружения и экономико-географического положения рассматриваемого региона, а также социальных и экологических последствий реализации проектов.

При оценке сравнительной эффективности должны соблюдаться следующие принципы.

1. Обоснование выбора альтернативных вариантов ввода замещающей мощности должно учитывать:
 - государственные программы и стратегии развития отрасли и экономики региона;
 - экономико-географические особенности региона и региональной энергосистемы (уровень развития инфраструктуры, кадровый потенциал, наличие энергоресурсов);
 - современные тенденции научно-технического прогресса, региональные приоритеты развития энергосистемы (технические особенности вариантов, прогнозные балансы потребления и производства электроэнергии, потребность в мощности на рассматриваемый период).
 - условия и перспективы развития энергоустановок различных типов (изменение цен на природный газ, уголь, ядерное топливо, доступность рынков энергоресурсов);
 - экологические и социальные последствия реализации вариантов;
2. Обеспечение условий сопоставимости альтернативных вариантов должно предусматривать:
 - одинаковый энергетический эффект для потребителя;
 - учет социальных последствий реализации вариантов;
 - учет особенностей воздействия на окружающую среду энергоустановок;

- одинаковые макроэкономические условия расчетов;
 - учет сопряженных затрат по вариантам.
3. Должен проводиться количественный и качественный анализ технико-экономических, экологических и социальных показателей альтернативных проектов, включая показатели коммерческой и бюджетной эффективности.
 4. Ранжирование критериев сравнительной эффективности должно проводиться на основе экспертной оценки их значимости с учетом целей инвестирования и региональных приоритетов.

Оценка сравнительной эффективности проводится путем моделирования денежных потоков в соответствии с общепринятым подходом. Итогом оценки являются значения основных показателей эффективности вариантов (ЧДД, ВНД, ИДД, $T_{ок}$). В качестве показателя эффективности предлагается также использовать цену производства электроэнергии ($C_э$), руб./кВт.ч:

$$C_э = \frac{\sum_{t=0}^T (C_t + I_t) \times (1 + E)^{-t}}{\sum_{t=0}^T W_t}, \quad (1)$$

где: C_t – эксплуатационные затраты на t -ом шаге, млн. руб. в текущих ценах; I_t – инвестиционные затраты на t -ом шаге, млн. руб. в текущих ценах; W_t – отпуск электроэнергии на t -ом шаге, млн. кВт.ч; E – ставка дисконтирования; T – горизонт расчета; t – шаг расчета, год, $t=0,1,2,\dots,T$.

В результате оценки сравнительной эффективности вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему может возникнуть ситуация, когда разные проекты окажутся более эффективными по разным показателям, что создаст определенные трудности при выборе лучшего варианта. Для решения этой проблемы предлагается использовать метод ранжирования вариантов по степени их приоритетности для данного региона. В качестве показателей эффективности предлагается рассматривать ЧДД, $T_{ок}$, $C_э$, удельные капитальные вложения в расчете на 1 кВт установленной мощности ($K_{уд}$), а также показатели, характеризующие социальные (средняя заработная плата персонала, количество создаваемых рабочих мест) и экологические последствия реализации вариантов (величина выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду).

В первую очередь формируется матрица A_{ij} , где строкам соответствуют показатели эффективности, а столбцам – выбранные варианты. Далее значения показателей эффективности вариантов сравниваются со значениями аналогичных показателей условного «оптимального» варианта, который характеризуется наилучшими значениями каждого показателя. Показатели эффективности вариантов нормализуются по отношению к показателям «оптимального» варианта. Для максимизируемых показателей (например, ЧДД) нормализация проводится по формуле (2), для минимизируемых показателей (например, $T_{ок}$) – по формуле (3).

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_j a_{ij}} \quad (2)$$

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\min_j a_{ij}} \quad (3)$$

где: x_{ij} – нормализованный i -ый показатель эффективности j -го варианта, i – номер показателя ($i=1 \dots m$, m – количество показателей), j – номер варианта ($j=1 \dots n$, n – количество сравниваемых вариантов); a_{ij} – исходное значение i -ого показателя эффективности j -го варианта.

Для обеспечения корректности при проведении расчетов необходимо привести разные показатели в аддитивный вид (например, ЧДД $_j \rightarrow \max$, т.е. $1/\text{ЧДД}_j \rightarrow \min$).

Далее по формуле (4) находится значение интегрального показателя эффективности (R_j), с помощью которого проводится ранжирование вариантов по степени их соответствия «оптимальному» варианту.

$$R_j = \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij}, \quad (4)$$

где: ω_i – весовой коэффициент i -го показателя эффективности.

Весовые коэффициенты (значимость) показателей эффективности определяется экспертным путем исходя из региональных приоритетов и целей инвестирования.

В результате оценки сравнительной эффективности делается вывод о предпочтительности одного из сравниваемых вариантов, который подлежит более глубокому исследованию.

На втором этапе проводится детальный анализ выбранного варианта в соответствии с традиционными методами оценки эффективности инвестиционных проектов, включая оценку коммерческой и бюджетной эффективности (в т.ч. обоснование расчетной ставки дисконтирования, определение продолжительности расчетного периода, прогнозирование макроэкономической ситуации), и анализ социальных и экологических последствий его реализации для региона.

Например, положительные социальные последствия ПСЭ энергоблока АЭС заключаются:

- 1) в сохранении существующих и создании новых рабочих мест на период дополнительной эксплуатации;
- 2) в улучшении условий труда за счет проведения модернизации оборудования;
- 3) в эффективном использовании сложившейся за годы эксплуатации АЭС промышленной и транспортной инфраструктуры, а также научно-исследовательской и строительномонтажной базы;
- 4) в обеспечении стабильности социально-экономической ситуации в регионе;

В качестве негативных последствий ПСЭ энергоблока АЭС могут быть рассмотрены обеспокоенность общества вопросами безопасности и надежности АЭС.

На третьем этапе оценивается чувствительность полученных количественных показателей коммерческой и бюджетной эффективности рассматриваемого варианта к изменению основных факторов, влияющих на его реализацию, с целью учета неопределенности и неполноты исходных данных. В качестве основных факторов, влияющих на реализацию проекта ПСЭ, предлагается рассматривать:

- 1) изменение спроса на электроэнергию;
- 2) изменение величины тарифов на электроэнергию и тепловую энергию;
- 3) изменение стоимости строительства и, как следствие, изменение необходимого объема капитальных вложений;
- 4) изменение ставки дисконтирования на протяжении всего расчетного периода.

Заключительной частью комплексной оценки эффективности является интерпретация результатов оценки эффективности проекта ПСЭ и альтернативных вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему.

4. Комплексная оценка эффективности проекта продления срока эксплуатации энергоблока № 4 Ленинградской атомной электростанции

Практическое применение предложенной методики комплексной оценки эффективности ПСЭ энергоблока АЭС реализовано на примере энергоблока № 4 ЛАЭС, проектный срок эксплуатации которого истекает в 2011 г.

Анализ объединенной энергосистемы (ОЭС) Северо-Запада России, а также экономико-географических особенностей и конкурентных преимуществ рассматриваемого региона показал, что в качестве альтернативных ПСЭ вариантов ввода мощности в энергосистему могут рассматриваться проекты строительства новых АЭС и КЭС с парогазовыми установками. Оценка сравнительной эффективности ПСЭ была проведена для следующих вариантов:

- вариант 1: ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС на 20 лет с последующим вводом нового энергоблока АЭС (ВВЭР-1160);
- вариант 2: отказ от ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС и замещение его новым энергоблоком АЭС (ВВЭР-1160);
- вариант 3: отказ от ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС и ввод в эксплуатацию двух энергоблоков КЭС с ПГУ на природном газе (2хПГУ-450), с заменой технологического оборудования по мере выработки ресурса (~25 лет).

Выбор третьего варианта обусловлен перспективностью КЭС с ПГУ с точки зрения энергетической эффективности и экологических характеристик. При этом одним из ключевых факторов конкурентоспособности КЭС с ПГУ по сравнению с АЭС является цена природного газа. Поэтому показатели эффективности для варианта 3 рассчитаны для трех различных сценариев изменения цены на природный газ в зависимости от макроэкономической ситуации. Расчеты выполне-

ны в ценах января 2008 г. и в прогнозных ценах. Результаты оценки сравнительной эффективности вариантов представлены в табл. 1. Анализ данных этой таблицы позволяет сделать следующие выводы:

1) По показателям коммерческой эффективности наиболее предпочтительным является вариант 1, который позволяет, в том числе, отложить инвестиции в строительство нового энергоблока АЭС на 20 лет.

2) Относительно низкая эффективность варианта 2 обусловлена значительным объемом капитальных вложений, осуществляемых в начале расчетного периода.

3) Вариант 3 (КЭС с ПГУ) также является достаточно эффективным, однако по мере повышения цены на природный газ показатели эффективности данного варианта будут ухудшаться.

4) По дополнительным экономическим показателям (цена производства электроэнергии и себестоимость электроэнергии) наиболее эффективными являются варианты 1 и 2.

5) Результаты анализа показателей, характеризующих социальные и экологические последствия реализации вариантов, также свидетельствуют о преимуществах вариантов 1 и 2, что обусловлено возможностью сохранения значительного количества рабочих мест в регионе и минимизацией выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

В табл. 2 представлены результаты ранжирования альтернативных вариантов по определенным показателям эффективности, характеризующим экономические ($ЧДД \rightarrow \max$, $T_{ок} \rightarrow \min$, $C_3 \rightarrow \min$, $K_{уд} \rightarrow \min$), социальные и экологические (сокращение количества рабочих мест, необходимость переподготовки кадров, увеличение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и т.д.) последствия реализации вариантов. В качестве показателей, количественно характеризующих социальные и экологические последствия реализации вариантов, приняты экспертные оценки возможности минимизации негативных последствий (от 1 до 5, 1 – минимальные, 5 – максимальные негативные последствия).

В табл. 2 приведены значения показателей «оптимального» варианта, нормализованные по отношению к ним исходные показатели вариантов, а также весовые коэффициенты показателей ω_i , определенные экспертным путем с учетом региональных приоритетов развития Ленинградской области и целей инвестирования. На основании этих данных получены значения интегрального показателя эффективности (R_j) вариантов и определен их итоговый рейтинг.

Таким образом, ранжирование показало приоритетность варианта 1. Однако требуется его дальнейшее изучение на более коротком расчетном периоде (срок реализации проекта ПСЭ без учета ввода нового энергоблока АЭС - 20 лет), что позволит уменьшить уровень неопределенности исходной информации и повысить точность расчетов.

Табл. 1. Сравнительная эффективность альтернативных вариантов ввода замещающей мощности в ОЭС Северо-Запада

Наименование показателя	Единица измерения	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3		
				Изменение цены на природный газ		
				Пессим. сценарий	Баз. сценарий	Оптим. сценарий
Общие экономические показатели и условия проведения расчетов						
1 Ставка дисконтирования				5/10		
- реальная	%	5/10	5/10	5/10		
- номинальная	%	перем.	перем.	перем.		
2 Расчетный период	лет	58	58	58		
3 Объем капитальных вложений:						
- в ценах января 2008г.	млн. руб.	83039,1	70138,1	26163,2		
- в прогнозных ценах	млн. руб.	153615,2	99379,2	60003,3		
4 Удельные капитальные вложения в расчете на 1 кВт установленной мощности в ценах января 2008 г.	руб./кВт	$\frac{12901,0}{60463,9^*}$	60463,9	29070,2		
	\$/кВт	$\frac{516,0}{2418,6^*}$	2418,6	1162,8		
5 Доля топливной составляющей в эксплуатационных затратах	%	$\frac{\sim 17,0}{\sim 24,0^*}$	~24,0	~57,0		
Показатели экономической эффективности						
6 Чистый дисконтированный доход (интегральный экономический эффект)	млн. руб.	$\frac{46238,6}{16751,4^{**}}$	$\frac{26561,9}{-6566,5^{**}}$	$\frac{28942,8}{9571,0^{**}}$	$\frac{32264,6}{11344,1^{**}}$	$\frac{32906,3}{11465,0^{**}}$
7 Внутренняя норма доходности	%	26,2	11,0	23,7	25,8	26,5
8 Дисконтированный срок окупаемости	лет	$\frac{6,8}{7,4^{**}}$	$\frac{24,9}{-^{**}}$	$\frac{8,9}{9,7^{**}}$	$\frac{8,2}{8,7^{**}}$	$\frac{8,0}{8,6^{**}}$
9 Индекс доходности дисконтированных инвестиций	-	$\frac{3,53}{2,45^{**}}$	$\frac{1,44}{0,86^{**}}$	$\frac{2,64}{1,91^{**}}$	$\frac{2,83}{2,08^{**}}$	$\frac{2,86}{2,09^{**}}$
10 Себестоимость электроэнергии (средняя за расчетный период)	руб./кВт.ч	$\frac{0,34}{0,13^{**}}$	$\frac{0,34}{0,12^{**}}$	$\frac{0,42}{0,16^{**}}$	$\frac{0,40}{0,15^{**}}$	$\frac{0,39}{0,15^{**}}$
11 Цена производства электроэнергии (средняя за расчетный период)	руб./кВт.ч	$\frac{0,48}{0,19^{**}}$	$\frac{0,51}{0,25^{**}}$	$\frac{0,52}{0,21^{**}}$	$\frac{0,50}{0,20^{**}}$	$\frac{0,49}{0,20^{**}}$
Показатели, характеризующие социальные и экологические последствия реализации вариантов						
12 Количество создаваемых (сохраняемых) рабочих мест	-	$\frac{1300}{1000^*}$	1000	550	550	550
13 Выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду:						
- углекислый газ	тыс.т/год	-	-	2000,0	2000,0	2000,0
- окислы азота	тыс.т/год	-	-	12,2	12,2	12,2
- сернистые газы	тыс.т/год	-	-	13,6	13,6	13,6

* - в числителе: для первых 20 лет дополнительного срока эксплуатации энергоблока АЭС (ПСЭ энергоблока РБМК-1000), в знаменателе – для следующих 38 лет (новый энергоблок ВВЭР-1160).

** - в числителе: при ставке дисконтирования 5 %, в знаменателе - при ставке 10 %.

Табл. 2. Результаты ранжирования вариантов ввода замещающей мощности в ОЭС Северо-Запада

Показатели эффективности	Нормализованные значения показателей эффективности					Показатели эффективности «оптимального» варианта	Вес показателя, ω_i
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3				
			Пессим. сценарий	Баз. сценарий	Оптим. сценарий		
1/ЧДД	1,00	1,74	1,60	1,43	1,41	1/46238,6 млн. руб.	0,2
$T_{ок}$	1,00	3,66	1,31	1,21	1,18	6,8 лет	0,2
$C_{э}$	1,00	1,06	1,08	1,04	1,02	0,48 руб./кВт.ч	0,15
$K_{уд}$	2,53	2,09	1,00	1,00	1,00	29070,2 руб.	0,25
Негативные социальные последствия	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,0	0,1
Негативные экологические последствия	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,0	0,1
R_i	1,382	4,487	1,888	1,790	1,764	-	-
Итоговый рейтинг вариантов	1,00	5,00	4,00	3,00	2,00	-	-

Полученные результаты оценки коммерческой и бюджетной эффективности представлены в табл. 3.

Табл. 3. Показатели коммерческой и бюджетной эффективности ПСЭ энергоблока №4 ЛАЭС

Наименование показателей	Ед. измер.	Значения показателей при расчете в текущих ценах	Значения показателей при расчете в прогнозных ценах
<i>Без учета дисконтирования</i>			
Чистый доход	млн. руб.	75102,9	116617,4
Срок окупаемости	лет	7,3	6,2
Внутренняя норма доходности	%	21,9	26,6
Суммарные налоговые поступления	млн. руб.	31096,6	100248,1
<i>С учетом дисконтирования</i>			
Ставка дисконтирования	%	10	переменная (10-25)
Чистый дисконтированный доход	млн. руб.	15407,1	15860,3
Дисконтированный срок окупаемости	лет	9,0	7,5
Индекс доходности дисконтированных инвестиций	-	2,35	2,94
Суммарные налоговые поступления	млн. руб.	9201,0	16798,2

Помимо достижения высоких показателей коммерческой и бюджетной эффективности, проект ПСЭ энергоблока №4 ЛАЭС позволит обеспечить решение ряда насущных для региона социально-экономических и экологических задач. В частности, в рамках ПСЭ предусматривается строительство комплексов по переработке и хранению ОЯТ и РАО, что позволит оптимизировать действующую схему обращения с РАО и ОЯТ на Ленинградской АЭС и увеличить емкости хранилищ РАО и ОЯТ на площадке станции. Кроме того, ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС предусматривает проведение масштабной программы модернизации и реконструкции основных систем и конструкций, а также продление ресурса и замену оборудования энергоблока (см. табл. 4).

Табл. 4. Капитальные вложения в ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС (в прогнозных ценах)

Наименование статьи затрат	Подлежит финансированию, млн. руб.					Всего, млн. руб.	% к итогу
	2007	2008	2009	2010	2011		
Затраты на продление ресурса и замену оборудования	143,1	1662,0	1659,4	1362,0	254,9	5081,4	33,0
Затраты на модернизацию в целях повышения безопасности	652,5	2308,6	3529,7	500,4	36,2	7027,4	45,5
Затраты на лицензирование	-	-	-	-	0,5	0,5	0,0
Дополнительные затраты на обращение с РАО и ОЯТ, порождаемые ПСЭ	1920,4	1403,5	-	-	-	3323,9	21,5
Всего капитальных вложений в ПСЭ	2716,0	5374,1	5189,1	1862,4	291,6	15443,2	100,0

Результаты анализа чувствительности полученных показателей коммерческой эффективности к изменению влияющих факторов показали, что наибольшее влияние на показатели коммерческой эффективности проекта оказывают тариф на электроэнергию и увеличение стоимости строительства (см. рис. 3).

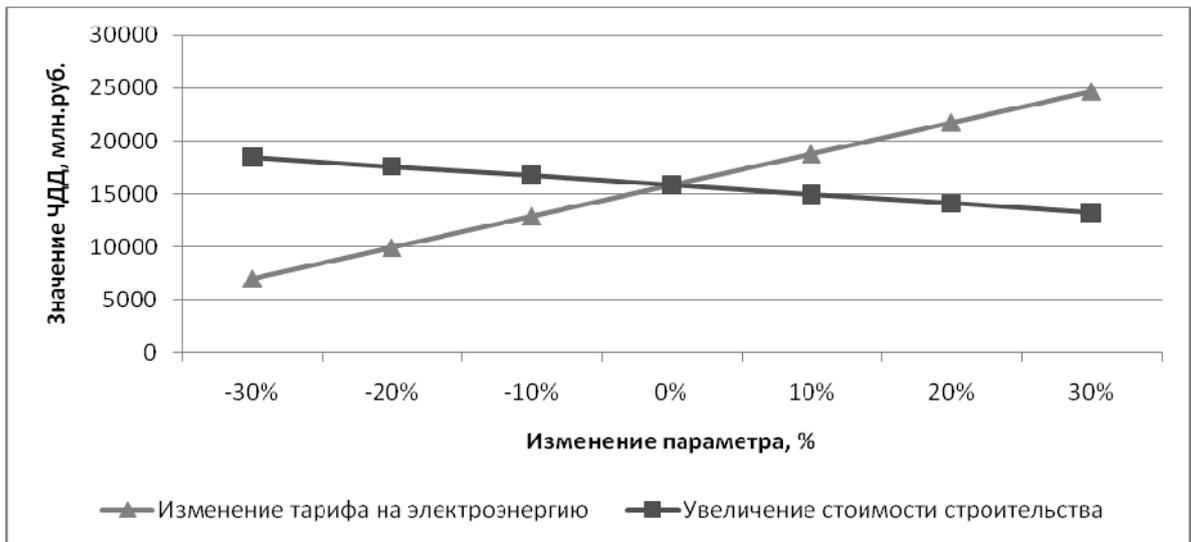


Рис. 3. Чувствительность ЧДД к изменению влияющих факторов

Анализ чувствительности показал, что даже при значительном изменении основных параметров макроэкономического окружения и высокой степени неопределенности исходной информации, показатели коммерческой эффективности проекта ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС сохраняют положительную динамику, что говорит о значительном запасе финансовой прочности проекта.

Еще одним влияющим фактором в средне- и долгосрочной перспективе является прогнозируемое увеличение спроса на электроэнергию, вызванное общим экономическим ростом экономики региона и повышением уровня жизни населения (см. рис. 4).

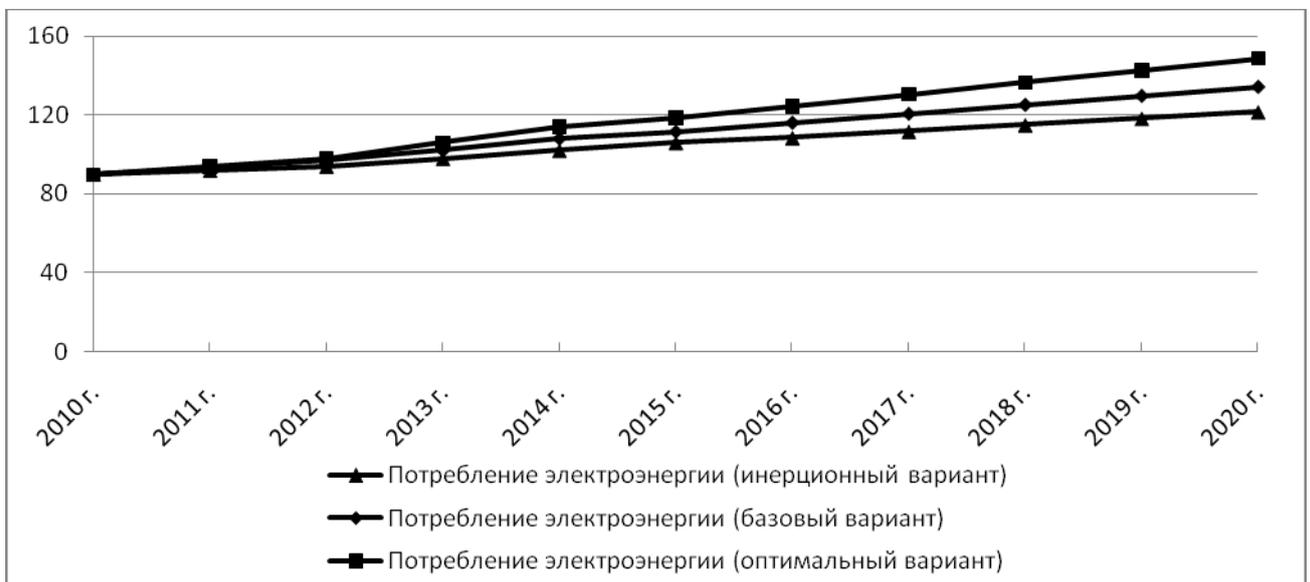


Рис. 4. Потребление электроэнергии в ОЭС Северо-Запада в 2010-2020 гг.

Комплексная оценка эффективности проекта ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС показала целесообразность реализации проекта, исходя из результатов оценки сравнительной эффективности проекта ПСЭ и альтернативных вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему, коммерческой и бюджетной эффективности, анализа основных условий и последствий его реализа-

ции, а также анализа устойчивости рассчитанных показателей проекта к изменению основных влияющих на его реализацию факторов.

Заключение

В соответствии с поставленной целью, в диссертационной работе предложены концепция и методика комплексной оценки ПСЭ энергоблоков АЭС, как одного из основных направлений развития атомной энергетики России и мира на современном этапе. Методика комплексной оценки эффективности проектов ПСЭ энергоблоков АЭС включает в себя оценку сравнительной эффективности альтернативных вариантов ввода замещающей мощности в энергосистему и детальный анализ условий и последствий реализации наиболее эффективного среди них. В данном случае проект ПСЭ рассматривается не как независимый, а как один из альтернативных вариантов ввода замещающей мощности. При этом оценка проводится не только по количественным показателям коммерческой и бюджетной эффективности, но и по качественным показателям, не поддающимся формализованному описанию, характеризующим социальные, экологические и другие последствия реализации вариантов. Это реализуется благодаря применению метода ранжирования вариантов в зависимости от целей инвестирования и региональных приоритетов.

Учет неопределенности макроэкономической информации обеспечивается путем проведения анализа чувствительности показателей коммерческой эффективности выбранного варианта к изменению влияющих на его реализацию факторов.

На основе предложенной в диссертационной работе методики комплексной оценки эффективности проектов ПСЭ энергоблоков АЭС выполнен расчет эффективности ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС, предусматривающего модернизацию и реконструкцию основных систем и элементов энергоблока с целью обеспечения безопасной эксплуатации в течение дополнительных 20 лет. Расчеты показали целесообразность ПСЭ энергоблока № 4 ЛАЭС, на основании количественной и качественной оценки различных сторон его реализации и результатов оценки сравнительной эффективности проекта ПСЭ с альтернативными вариантами ввода мощности в энергосистему. Предложенная методика комплексной оценки эффективности может быть использована при разработке проектов ПСЭ других энергоблоков АЭС России.

По теме диссертационного исследования опубликованы следующие работы:

- 1) Мошкалёв Д.С. Экономические аспекты обеспечения безопасности продления сроков эксплуатации АЭС с реакторами типа РБМК-1000 / Д.С. Мошкалёв, М.И. Завадский, В.Х. Тохтаров, Н.П. Шафрова // Девятая международная студенческая научная конференция «Полярное сияние - 2006. Ядерное будущее: безопасность, экономика и право»: Сборник тезисов докладов. – М.: МИФИ, 2006. – С. 136-139.
- 2) Мошкалёв Д.С. Особенности методики ТЭО проектов продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС / Д.С. Мошкалёв // Атомная стратегия. – 2007. – № 31. – С. 31-32.

- 3) **Мошкaлёв Д.С. Основы комплексной оценки эффективности проектов продления срока эксплуатации энергоблоков АЭС / В.М. Макаров, И.М. Артюгина, Д.С. Мошкaлёв // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – №3-2 (58). – С. 134-139.**
- 4) **Мошкaлёв Д.С. Сравнительная экономическая эффективность проектов продления срока эксплуатации атомных энергоблоков / Д.С. Мошкaлёв // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – №4 (61). – С. 125-130.**
- 5) Мошкaлёв Д.С. Нормативно-правовое обеспечение условий продления срока эксплуатации энергоблоков АЭС / Д.С.Мошкaлёв // Наука и инновации в технических университетах: Материалы Всероссийского форум студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С. 128-130.
- 6) **Мошкaлёв Д.С. Эффективность инвестиций проекта продления срока эксплуатации энергоблока АЭС / Д.С.Мошкaлёв // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – №5 (64), С. 142-148.**
- 7) **Мошкaлёв Д.С. Экономическая эффективность продления срока эксплуатации энергоблока № 4 Ленинградской АЭС / Д.С. Мошкaлёв // Региональная экономика. Теория и практика. – 2009. – № 5. – С. 49-54.**