Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»»

Коптелов Матвей Викторович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ ЗА РУБЕЖОМ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ РИСКОВ

Специальность: 08.00.13 – Математические и инструментальные методы в экономике;

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

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени кандидата экономических наук

15 МАР 2017

Научный руководитель:
д.т.н., профессор
Гусева Анна Ивановна

Автор:

Москва – 2017

006653943

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ «МИФИ»)

Научный руководитель: **Гусева Анна Ивановна,**
д.т.н., профессор кафедры экономики и менеджмента в промышленности
ФГАОУ ВО «НИЯУ «МИФИ»

Официальные оппоненты: **Тельнов Юрий Филиппович,**
д.э.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики и информационной безопасности
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Иванов Владимир Викторович,
д.э.н., к.т.н., профессор, заместитель президента РАН, член-корреспондент

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук»

Защита диссертации состоится 22 марта 2017 года в 15.00 на заседании диссертационного совета Д212.130.12 на базе НИЯУ «МИФИ» по адресу: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д.31.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте НИЯУ «МИФИ» http://ods.mephi.ru/dissertations

Автореферат разослан 21.02.2017

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ А.В. Пудиков

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В настоящее время атомная энергетика является одной из наиболее масштабных отраслей: по состоянию на середину 2016 года в мире работают 446 ядерных энергоблоков, еще 63 находятся в стадии строительства. Успешная реализация крупных инвестиционных проектов строительства атомных электростанций предоставляет возможности динамичного развития атомной индустрии. Госкорпорация «Росатом» является мировым поставщиком реакторных технологий, десятилетний портфель зарубежных заказов которого в 2015 году превысил 110 млрд. долларов. Огромный масштаб и разнообразие проектов в атомной сфере сопряжены с неизбежным возникновением рисков при их реализации. В связи с этим принципиальное значение имеет вопрос о снижении рисков в каждом проекте.

Существовавшее длительное время геополитическое разделение сфер влияния на мировом рынке сооружения АЭС начинает меняться в сторону формирования конкурентных отношений. В последнее десятилетие мировой рынок строительства атомных станций, как объектов использования атомной энергии, сместился в страны «третьего мира». Стоит отметить, что развивающиеся страны, как правило, испытывают недостаток собственных средств на строительство атомных энергоблоков. Это требует от компаний-поставщиков разработки и реализации новых схем финансирования международных проектов строительства АЭС, внедрения современных механизмов государственно-частного партнерства, диверсификации источников финансирования, привлечения крупных инвестиций в проекты строительства объектов использования атомной энергии.

Российским компаниям наравне с зарубежными конкурентами требуется предлагать не просто технически конкурентоспособный проект сооружения атомных электростанций, но целый комплексный пакет для покупателя, включающий также современные технологии управления и организацию финансирования проекта. Учитывая специфику международных требований в связи со вступлением РФ в ВТО, предполагающим либерализацию торговых отношений и снижение протекционистских торговых барьеров, важнейшей задачей российских поставщиков является повышение экономической эффективности реализуемых проектов, а также обеспечение высокой прозрачности сделок.

Важным элементом процедуры принятия решения о выборе предпочтительного проекта АЭС является определение экономической эффективности инвестиционных проектов, включающая оценку рисков, порождаемых несогласованностью нормативно-правовой базы, недостаточно развитой инфраструктурой, неопределенностью макроэкономических условий при реализации. Атомные проекты имеют много общего с проектами, осуществляемыми в традиционной энергетике. Однако они имеют ряд особенностей, которые обуславливают повышенные риски при их реализации.

Общие методы оценки рисков и принципы построения системы менеджмента рисков описаны в Международном стандарте ISO 31000:2009 и Примечании к нему ISO/IEC 31010:2009. При этом стоит отметить специфику реализации проектов в атомной сфере. Риски, которые необходимо учитывать при расчетах экономической эффективности строительства АЭС, можно классифицировать по различным параметрам. При этом их следует рассматривать как сочетание инвестиционных рисков, проектных рисков, характерных для

реализации традиционных энергетических проектов, а также специализированных рисков, присущих атомной энергетике.

В этой связи, особо актуальной является задача развития методов определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии в разных странах, а также исследование системы рисков при реализации этих проектов с учетом национальных условий, определяемых экономическими, политическими, правовыми, институциональными и прочими факторами.

Степень разработанности научной проблемы. Теме экономической эффективности инвестиционных проектов посвящено значительное количество исследований российских и зарубежных специалистов, среди которых можно выделить публикации Александера Г.Дж., Астахова А.А., Бэйли В.Дж., Браилова В.П., Ван Хорна Дж., Виленского П.Л., Гитмана Л.Дж., Дамодарана А., Джонка М., Джоскоу П., Колба Р.В., Косова В.В., Мертенса А., Лившица В.Н., Синадского В.А., Смоляка С.А., Тельнова Ю.Ф., Шарпа У.Ф. и др.

Проблематика анализа рисков в инвестиционном проектировании описана в трудах Арслановой З.Л., Астахова А.М., Бирмана Г., Грачевой М.В., Карякина М.Ю., Кобрина С., Ковалева В.В., Когденко В.Г., Мана Дж., Мидоу Р., Осика Л.К., Петракова Н.Я., Пискуновой Н.Г., Смоляка С.А., Тихомирова Н.П., Шмидта С. и др.

Вопросы специфики экономической эффективности в атомной сфере рассматриваются в публикациях Артемовой Н.А., Архангельской А.И., Батова В.В., Бронз П.В., Веселова Ф.В., Волковой Е.А., Ду Я., Кархова А.Н., Ковалишиной Г.В., Корольковой Н.Н., Парсонса Дж., Путилова А.В., Томаса С., Харитонова В.В. и др.

Несмотря на достаточно высокий уровень проработанности вопросов определения экономической эффективности инвестиционных проектов в целом, исследования проектов в области атомной энергетики уделяют недостаточное внимание вопросам оценки рисков, связанным с их долгосрочной реализацией, крупным объемом инвестирования, созданием особой нормативно-правовой базы, решением политических задач и т.п.

В международной практике отсутствует унифицированный подход к определению экономической эффективности проектов строительства атомных электростанций. Существуют два основных типа рекомендаций, а также несколько методик проектных компаний, основывающихся на международных рекомендациях. Стоит отметить, что в данных подходах недостаточно полно учитывается система рисков, которые возникают в процессе реализации проектов. Это приводит к несоответствию между реальными и планируемыми значениями денежных потоков.

Сложность и долгосрочность проектов сооружения атомных электростанций порождает разветвленную систему рисков, которые необходимо учитывать. Вопросы риск-менеджмента в условиях осуществления атомного проекта недостаточным образом учитываются при определении их экономической эффективности. Поэтому задачи учета широкого спектра различных рисков и совершенствования методики определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства атомных электростанций носят весьма актуальный и практический характер.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационного исследования заключается в решении важнейшей научной задачи - совершенствовании методики определения экономической эффективности инвестиционных проектов

строительства объектов использования атомной энергии за рубежом с учетом оценки всего комплекса рисков.

Для достижения цели исследования были поставлены и решены следующие задачи:

1. провести анализ экономических отношений, возникающих при реализации инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии;
2. провести анализ и систематизацию современного опыта оценки рисков и определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии за рубежом, предложить авторский реестр рисков;
3. предложить математическую модель оценки рисков, которые необходимо учитывать при реализации инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии для выявления направлений минимизации экономических потерь в общей системе управления рисками Госкорпорации «Росатом»;
4. разработать комплексную методику определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии с учетом модели оценки различных групп рисков для получения более точной оценки экономических параметров при реализации зарубежных инвестиционных проектов;
5. разработать инструментарий определения экономической эффективности согласно предложенной методике для применения в комплексной системе поддержки принятия управленческих решений руководства Госкорпорации «Росатом» при решении задач анализа и планирования зарубежных проектов;
6. апробировать предложенную методику на реальных данных по инвестиционным проектам в сфере строительства объектов использования атомной энергии.

Объектом исследования являются предприятия (объекты использования атомной энергии) различных форм собственности топливно-энергетического комплекса и экономические отношения, возникающие в ходе реализации проектов строительства объектов использования атомной энергии.

Предметом исследования являются планируемые и реальные денежные потоки, возникающие при формировании экономических отношений в процессе строительства объектов использования атомной энергии.

Теоретической базой исследования являются фундаментальные научные труды российских и зарубежных авторов, посвященные проблеме определения эффективности инвестиционных проектов, стратегического управления, оценки рисков в инвестиционном проектировании.

Методологическая база исследования. В работе учтены международные рекомендации по определению экономической эффективности инвестиционных проектов строительства АЭС UNIDO (Организация Объединённых Наций по промышленному развитию) и МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии), подходы к определению экономической эффективности энергетических проектов МЭА/ЯЭА при ОЭСР (Международное энергетическое агентство и Ядерное энергетическое агентство), отраслевые методические рекомендации Госкорпорации «Росатом», нормативная документация в атомной отрасли России, свод знаний по управлению проектами PMBOK, а также требования

международных стандартов ISO 31000:2009, ISO/IEC 31010:2009, ISO GUIDE 73:2009 и национального стандарта ГОСТ Р 51897-2011 в части оценки рисков. В процессе работы активно применялись методы экспертных оценок, сценарного анализа, экономико-математического моделирования и др.

Информационную базу исследования составили официальные нормативно-справочные, статистические материалы, публикуемые Группой Всемирного банка, Центральным банком РФ, МАГАТЭ, отчеты об эксплуатации АЭС Госкорпорации «Росатом» и ее предприятий, основные нормативные и регламентные документы Госкорпорации «Росатом», материалы отраслевых и международных конференций, статистические, финансовые и аналитические статьи и отчеты, размещенные в СМИ, сети Интернет.

Научная новизна исследования. В результате исследования получены следующие результаты, определившие его научную новизну:

1. Предложена модель оценки информационного риска проектов строительства объектов использования атомной энергии на основе анализа информационного пространства в части отношения к строительству, позволяющая определить влияние данного типа рисков на ход реализации проектов;
2. Предложена математическая модель комплексной оценки рисков проектов строительства объектов использования атомной энергии путем учета технологических, рыночных, нормативных, финансовых, страновых, политических, информационных рисков проекта и метод определения эффективной ставки дисконтирования, учитывающий описанную модель, позволяющие уточнить данные для определения денежных потоков в ходе строительства и эксплуатации объектов использования атомной энергии;
3. Предложена оригинальная модель оценки риска неполной выработки электроэнергии на атомных станциях с реакторами типа ВВЭР-1000 вследствие необходимости проведения планово-предупредительных ремонтов и возникновения нештатных ситуаций, позволяющая уточнить данные об объеме производимой электроэнергии в ходе эксплуатации объектов использования атомной энергии;
4. Предложена усовершенствованная комплексная методика определения экономической эффективности инвестиционных проектов при строительстве объектов использования атомной энергии, учитывающая представленные модели и метод, позволяющая уменьшить несоответствие планируемых и реальных денежных потоков в ходе реализации проектов сооружения объектов использования атомной энергии.

Научные результаты, полученные лично автором и выносимые на защиту:

1. Содержательные результаты анализа экономических отношений, возникающих в процессе реализации проектов строительства объектов использования атомной энергии за рубежом, участниками которых являются правительства стран, крупные промышленные компании, международные и национальные финансовые институты; выявление и систематизация основных рисков реализации данных проектов, построение авторского реестра рисков;
2. Математическая модель комплексной оценки рисков проектов строительства объектов использования атомной энергии в различных странах путем учета технологических, рыночных, нормативных, финансовых, страновых, политических, информационных рисков проекта;

3. Оригинальная модель оценки информационного риска проектов строительства объектов использования атомной энергии на основе анализа информационного пространства;

4. Оригинальная модель оценки риска неполной выработки электроэнергии на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 вследствие необходимости проведения ремонтов и возникновения нештатных ситуаций;

5. Разработанный метод определения эффективной ставки дисконтирования, учитывающий математическую модель комплексной оценки рисков, основанный на методе моделирования ценообразования на рынке капиталовложений (CAPM);

6. Усовершенствованная комплексная методика определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии с учетом математической модели комплексной оценки рисков, модели оценки риска неполной выработки электроэнергии, метода определения эффективной ставки дисконтирования;

7. Разработанный инструментарий для определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии в различных странах на основе комплексной методики;

8. Содержательные результаты использования комплексной методики определения экономической эффективности инвестиционных проектов на примере нескольких реальных проектов строительства атомных электростанций Госкорпорацией «Росатом» за рубежом.

Достоверность полученных результатов. Научные положения и выводы, полученные в диссертационной работе, являются достоверными и обоснованными, что подтверждается проведенными в работе численными экспериментами, сравнительным анализом полученных результатов с опубликованными результатами исследований, сопоставлением с другими моделями, соответствующим актом о внедрении, представлением основных результатов диссертации на международных конференциях.

Теоретическая и практическая значимость исследования определяются следующими возможностями:

1. Проведены систематизация и анализ данных о возникновении нештатных ситуаций на объектах использования атомной энергии российского производства (тип ВВЭР-1000), на основе которых разработана модель оценки риска неполной выработки электроэнергии на объектах использования атомной энергии;

2. Разработанная база данных «Возможные экономические риски при возникновении экологических инцидентов на энергетических объектах» была внедрена во ФГУП «Ситуационно-кризисный центр Росатома» (предприятие Госкорпорации «Росатом»), что подтверждается соответствующим актом об использовании. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620630 от 21.05.2013;

3. Проведен анализ информационного пространства в регионах строительства АЭС. Разработано программное приложение для оценки тональности информационных ресурсов о реализации проектов в атомной отрасли. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015610216 от 12.01.2015;

4. Разработано программное приложение для определения экономической эффективности инвестиционных проектов при строительстве объектов

использования атомной энергии на основе комплексной методики с учетом модели комплексной оценки рисков, модели оценки риска неполной выработки электроэнергии, метода определения эффективной ставки дисконтирования. Данное приложение может быть использовано в комплексной системе поддержки принятия решений в Госкорпорации «Росатом» при решении задач анализа и планирования зарубежных проектов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014612235 от 21.02.2014.

Результаты диссертационного исследования могут быть применены при формировании стратегии развития российского атомного энергопромышленного комплекса и повышения конкурентоспособности на глобальном рынке атомных электростанций, они также могут быть использованы в качестве рекомендаций при решении задач по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов в смежных секторах топливно-энергетического комплекса.

Область исследования. Область диссертационного исследования соответствует по своему содержанию Паспорту научных специальностей ВАК Министерства образования РФ и науки РФ по специальностям: 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики» в рамках: п. 1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений»; п. 1.10 «Разработка и развитие математических моделей и методов управления информационными рисками»; 08.00.05 - «Экономика и управление народным хозяйством» в рамках: п. 1.1.1 «Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности»; п. 1.1.11 «Оценки и страхование рисков хозяйствующих субъектов».

Апробация результатов исследования. Результаты работы были изложены автором на международной заочной научно-практической конференции «Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы» (Тамбов, 2012 год), XV международной телекоммуникационной конференции молодых ученых и студентов (Москва, 2012 год), международной заочной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и образования: прошлое, настоящее, будущее» (Тамбов, 2012 год), XVI международной телекоммуникационной конференции молодых ученых и студентов (Москва, 2013 год), XV международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике» (Санкт-Петербург, 2013 год), научной сессии НИЯУ МИФИ (Москва, 2013 год), международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные экономические исследования: новое слово в науке» (Москва, 2013 год), XVII международной телекоммуникационной конференции молодых ученых и студентов (Москва, 2013 год).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 18 работ, 6 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований, в том числе 2 в изданиях, входящих в базу данных Scopus, и 4 являются работами, приравненными к публикациям.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Общий объем работы составляет 161 страницу. Текст исследования иллюстрирован 38 рисунками, 48 таблицами. Библиографический список включает в себя 150 источников. Диссертация содержит 5 приложений.

II. ОСНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Анализ экономических отношений, возникающих в процессе реализации проектов строительства объектов использования атомной энергии. Выявление и систематизация основных рисков.

Согласно данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) по состоянию на середину 2016 года в мире работают 446 ядерных энергоблоков, общая установленная мощность которых составляет 388 ГВт. Еще 63 энергоблока с общей установленной мощностью 62 ГВт находятся в стадии строительства. В докладе от 2015 года МАГАТЭ прогнозирует прирост атомной генерации в мире к 2035 году в пессимистическом сценарии — 2,5%, в оптимистическом — 68%. В среднем рост составит 10-20%.

В последнее десятилетие мировой рынок сооружения АЭС сместился в сторону развивающихся стран. По данным МАГАТЭ на начало 2016 г. наиболее перспективными регионами в плане строительства объектов атомной энергетики являются Восточная и Юго-Восточная Азия, Ближний Восток и Центральная и Восточная Европа (рис. 1).

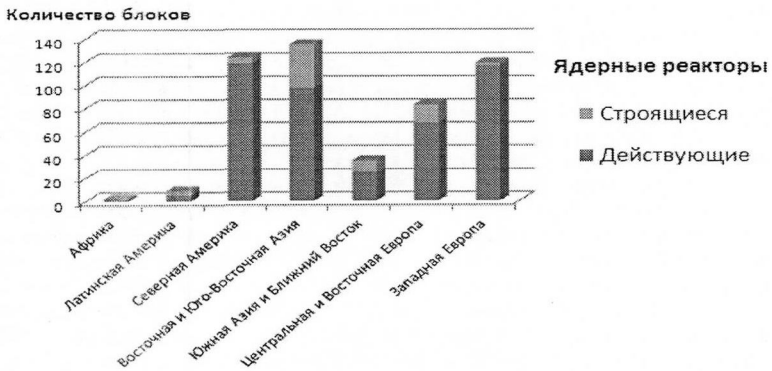

Рис. 1. Распределение количества ядерных реакторов по регионам

Основными участниками экономических отношений, возникающих в процессе реализации проектов строительства объектов использования атомной энергии за рубежом выступают правительства стран-заказчиков, крупные компании – поставщики технологий, правительства стран-поставщиков, международные и национальные финансовые институты.

В связи с возросшей конкуренцией на мировом атомном рынке, покупатели технологий выдвигают новые требования, а поставщики предлагают новые опции. К дополнительным опциям следует отнести помощь в выстраивании институциональной инфраструктуры атомной отрасли, включая подготовку кадров, что в той или иной мере предусматривают проекты в Турции, Бангладеш, ОАЭ;

определенную степень и график локализации части производства оборудования для проектов, а также передачу прав интеллектуальной собственности, как в Китае, Южной Корее. Кроме того, поставщик технологии все чаще организует не только финансирование проекта, а также поставку топлива или его компонентов в течение иногда десятков лет, но и эксплуатацию будущей станции.

На этом фоне происходит усложнение схем реализации проектов и самих контрактов. Ранее основное преимущество имели контракты «под-ключ» (EPC-контракты). При этом основным критерием выбора конкретного проекта являлась стоимость единицы установленной мощности (кВт), рассчитанной по капитальным затратам.

Теперь на мировом рынке строительства АЭС происходит переход к следующему основному критерию выбора поставщика ядерных технологий. Экономическая эффективность проекта оценивается на основе единицы произведенной электроэнергии (кВт*ч), рассчитанной на полном жизненном цикле АЭС. Соответственно требуется пересмотр методик оценки экономической эффективности проектов.

Кроме того, происходит развитие более активной формы участия поставщика в инвестициях - контрактов Build-Own-Operate (BOO). Схема предполагает участие поставщика ядерных технологий в качестве инвестора или соинвестора проекта сооружения АЭС, поэтому на него ложатся и риски реализации проекта. В связи с этим повышается необходимость определения экономической эффективности инвестиционных проектов с учетом оценки рисков.

Развивающиеся страны в своем большинстве не располагают достаточными средствами для реализации атомных проектов. Это требует от компаний-поставщиков разработки и реализации новых схем финансирования международных проектов строительства АЭС. Поэтому одним из важнейших критериев выбора инвестиционного проекта сооружения АЭС является возможность получения экспортного кредита.

В настоящее время при строительстве атомных станций зачастую привлекаются государственные деньги, либо финансы международных институтов под государственные гарантии. В связи с нехваткой собственных средств для реализации проекта сооружения АЭС используются финансовые услуги государственных экспортных кредитных агентств.

Стоимость финансирования проекта через экспортные кредитные агентства складывается из ставки привлечения средств на мировых рынках (LIBOR), страховой премии агентства, а также маржи банков, и зависит от срока, на который предоставляется заем. Размер страховой премии зависит от уровня макро-рисков конкретной страны-импортера и условий контракта. В настоящее время ставки по проектам сооружения АЭС варьируются в диапазоне 3-6%. Поэтому в расчетах экономической эффективности инвестиционных проектов сооружения АЭС следует проводить расчеты с учетом использования экспортных кредитов.

Однако подобная постановка вопроса порождает увеличение рисков при реализации проектов. Поэтому весьма важным и необходимым элементом процедуры принятий решения о выборе проекта является проведение расчетов по определению экономической эффективности рассматриваемых инвестиционных проектов с учетом оценки рисков.

В данном исследовании проведен анализ и систематизация различных факторов, влияющих на процесс реализации проекта, и связанных с ними рисков.

Поскольку проекты строительства АЭС рассматриваются как инвестиционный проект, соответственно он подвержен инвестиционным рискам. К ним можно отнести риски упущенной выгоды, снижения доходности, прямых финансовых потерь, а также связанные с покупательной способностью денег.

Также можно выделить группы рисков, которые присущи энергетике: риски объемов выработки и продажи электроэнергии в течение всего инвестиционного периода; риски прогноза цен на электроэнергию.

Проекты строительства АЭС имеют много общих граней с проектами в сфере традиционной энергетики. В то же время они имеют особенности, которые обусловливают повышенные риски при их реализации. Относительно высокие риски при реализации проектов в ядерной энергетике определяются прежде всего следующим: сооружение АЭС требует больших капитальных вложений; длительный срок возврата инвестиций увеличивает риск, связанный с неопределенностью цен на рынке электроэнергии; переменчивое отношение в обществе к ядерной энергетике повышает политические и социальные риски; существуют сложные процедуры получения лицензий на строительство и эксплуатацию АЭС.

Таким образом, риски, которые необходимо учитывать при расчете эффективности строительства АЭС, следует рассматривать как квинтэссенцию общих и инвестиционных, проектных энергетических и присущих ядерной энергетике.

В работе представлен реестр рисков, которые необходимо учитывать при расчетах экономической эффективности проектов строительства объектов использования атомной энергии (табл. 1):

Таблица 1. Реестр рисков для учета в методике

Группа рисков	Виды рисков
Проектные риски	• технологический • рыночный • контрагентский • правовой • финансовый
Систематические	• страновой
Внешнего воздействия	• форс-мажорный • информационный
Специфические	• риск неполной выработки электроэнергии на атомных станциях с реакторами типа ВВЭР-1000

2. Математическая модель комплексной оценки рисков проектов строительства объектов использования атомной энергии в различных странах

Согласно международному стандарту ISO 31010:2009 риск — это влияние неопределенности на цели, причем влияние рассматривается как отклонение от ожидаемого результата - с позитивными или негативными последствиями. В литературе по управлению проектами под риском проекта понимается неопределенное событие или условие, наступление которого отрицательно или положительно сказывается на целях проекта, таких как содержание, расписание, стоимость и качество.

Согласно международному стандарту ISO 31010:2009 оценка рисков включает идентификацию, анализ и оценивание риска. Аналогичный подход описан и в PMBOK, который разделяет анализ риска на качественный и количественный.

В работе представлена математическая модель комплексной оценки рисков, которая основана на описанном походе. Идентификация и качественный анализ рисков проводятся методом экспертных оценок с учетом специфики реализации проектов в атомной энергетике. При оценке информационного риска использовался Байесовский анализ. Переход к количественному оцениванию величины риска согласуется с методом индексов риска, описанным в ISO 31010:2009.

Сначала проводится оценка проектного риска методом экспертных оценок. При этом предложено использовать подход международной рейтинговой компании Standard & Poor's, адаптированный для атомной энергетики. Выделяются пять основных групп рисков, по которым отдельно определяются виды рисков: технологический анализ проекта; рыночный анализ проекта; анализ контрагентских рисков; анализ нормативно-правовой структуры; финансовый анализ. Каждому из описанных видов ставится в соответствие индекс риска - мера риска, представляющая собой количественную оценку риска, полученную с применением балльных оценок на основе порядковых шкал. Величина каждого индекса риска варьируется в интервале от 0 до 1, в зависимости от проработки проекта по каждому направлению. Таким образом, определяются индексы по всем пяти видам проектных рисков $Rта$ (на основе технологического анализа), $Rра$ (на основе рыночного анализа), $Rак$ (на основе анализа контрагентов), $Rнп$ (на основе анализа нормативно-правовой структуры) и $Rфа$ (на основе финансового анализа). Затем также методом экспертных оценок определяются относительные веса этих индексов, сумма которых должна быть нормирована на единицу. По формуле средневзвешенного значения рассчитывается величина индекса проектного риска:

$$Rпр = Rта \times Wта + Rра \times Wра + Rак \times Wак + Rнп \times Wнп + Rфа \times Wфа, \quad (1)$$

при этом $Wта + Wра + Wак + Wнп + Wфа = 1$

Далее проводится оценка систематического риска Rст, который учитывает совокупность политических и макроэкономических условий. Для стран третьего мира, в которых прогнозируется наибольший спрос на использование атомной энергетики, данный риск может иметь определяющее значение. В данной модели предлагается в качестве систематического риска использовать понятие странового риска. Его часто связывают с возможностью наступления непредвиденных изменений в политической и экономической сферах, ухудшением инвестиционного климата. Такой риск не привязан к какому-либо конкретному проекту, а является интегральной инвестиционной характеристикой определенной страны либо региона. Данный подход позволяет достаточно объективно оценить уровень устойчивости внутренней ситуации в стране реализации проекта и помогает на ранней стадии проекта при необходимости обратить внимание на обеспечение запаса финансовой прочности, либо выявит потребность тщательной проработки системы управления стоимостью проекта и его страхованием.

Исследованием подобных вопросов занимаются международные аналитические компании, которые периодически выпускают рейтинги. Для стран и регионов регулярно обновляются различные индексы, учитывающие инвестиционный климат, кредитоспособность банковской системы и т.д. В представленной модели рассматриваются следующие рейтинги: кредитный рейтинг стран (Country Credit Rating/CCR), рейтинг стран по степени экономической

свободы (Index of Economic Freedom/IEF), рейтинг стран по степени политического риска (International Country Risk/ICR). Рейтинги находятся в открытом доступе в сети Интернет, обновляются регулярно, охватывают большинство стран мира.

Используя данные указанных международных рейтингов, предлагается для каждой страны определить индексы рисков по этим трем показателям. Таким образом, определяются значения индексов риска *Rccr* (согласно рейтингу CCR), *Rief* (согласно рейтингу IEF) и *Ricr* (согласно рейтингу ICR). Относительные веса этих индексов предлагается принять равными 0,33, поскольку все три рейтинга являются объективными в равной степени. В общем случае, если принять их неравными, то необходимо численно определить каждый из них, причем сумма должна быть равна единице. Индекс систематического риска предлагается оценить для конкретной страны как средневзвешенное значение:

$$Rcm = Rccr \times Wccr + Rief \times Wief + Ricr \times Wicr, \quad (2)$$

при этом $Wccr + Wief + Wicr = 1$

На следующем этапе проводится оценка риска внешнего воздействия - *Rвв*. К данной группе относится риск возникновения форс-мажорных ситуаций. При реализации инвестиционного проекта строительства АЭС роль форс-мажорных рисков играет более существенную роль по сравнению с краткосрочными проектами. Исследование таких ситуаций является критическим в проектном финансировании, так как подобные события могут оказать весомое значение на оценку рисков, значит, и на финансирование проекта. Используя экспертные данные, определяется сложность проекта строительства АЭС по шкале от 0 до 1, а затем определяется индекс риска форс-мажорной ситуации – *Rфм*, численно равный установленной сложности проекта.

Как было отмечено, строительство АЭС предполагает достаточно длительные сроки строительства и период эксплуатации. В течение этого времени помимо непосредственно форс-мажорных ситуаций существенную роль играет социально-экономическая обстановка в районе размещения АЭС. Поэтому наряду с форс-мажорным риском следует учитывать информационный риск, который в эпоху развития информационных технологий начинает играть возрастающую роль.

Методом экспертных оценок определяются относительные веса индексов риска данной группы, сумма которых должна быть нормирована на единицу. По формуле средневзвешенного значения рассчитывается индекс риска внешнего воздействия:

$$Rвв = Rфм \times Wфм + Rинф \times Wинф, \quad (3)$$

при этом $Wфм + Wинф = 1$

Когда определены три составляющие индекса общего риска проекта, а именно: индекс проектного риска (*Rпр*), индекс систематического риска (*Rcm*) и индекс риска внешнего воздействия (*Rвв*), проводится определение индекса общего риска проекта путем суммирования полученных значений для разных типов рисков с соответствующими весами:

$$R = Rпр \times Wпр + Rcm \times Wcm + Rвв \times Wвв, \quad (4)$$

при этом $Wпр + Wcm + Wвв = 1$

Учитывая международные экспертные данные, при расчете индекса общего риска проекта предлагается выбрать следующие коэффициенты:

$$Wпр = 0{,}5,\ Wcm = 0{,}3,\ Wвв = 0{,}2$$

При проведении данных расчетов численные значения коэффициентов могут быть выбраны отличными от указанных, если поставщик владеет дополнительной информацией о перспективах реализации проекта. Зачастую такая информация является внутренней и закрыта для общего доступа.

3. Модель оценки информационного риска проектов строительства объектов использования атомной энергии

В исследовании впервые предложена модель оценки информационного риска проекта строительства АЭС на основе анализа информационной среды в регионе сооружения станции.

В течение периода сооружения и эксплуатации атомной станции заметную роль играет социально-экономическая обстановка в районе размещения АЭС. Зачастую еще на стадии планирования проекта и проведения изыскательских работ на площадке проводятся различные акции, призванные не допустить сооружение объекта использования атомной энергии. Как правило, проведение подобных социальных кампаний приводит к задержке строительства и смещению плана реализации проекта. Причем сроки могут смещаться от нескольких месяцев до нескольких лет.

В Индии сооружается АЭС "Куданкулам" при техническом содействии России. Строительство объекта началось в 2002 году. Первый энергоблок должен был быть введен в эксплуатацию в конце 2011 года. Однако осенью того года в штате Тамилнад начались акции блокады строительства АЭС "Куданкулам". Лишь в марте 2013 года правительство штата приняло решение возобновить строительство, несмотря на протесты. Таким образом, сроки сооружения АЭС "Куданкулам" были смещены почти на 2 года, что повлекло за собой экономические потери.

Поэтому следует учитывать информационный риск, который в эпоху развития информационных технологий начинает играть возрастающую роль. Любые акции протеста, приводящие к нарушению планов реализации атомных проектов, независимо от причин и организаторов, сопровождаются информационным вбросом с целью получения поддержки местным населением.

В общем смысле под информационным риском понимается возможность возникновения убытков или ущерба в результате применения информационных технологий. Зачастую в понятие информационного риска вкладывают смысл риска информационной безопасности. В данной работе рассматривалась социально-экономическая составляющая информационного риска, т.е. возможность влияния на ход реализации проекта путем изменения социально-экономического состояния общества через информационные технологии.

Существует несколько основных методов для анализа текста: подход на основе правил, подход на основе весов, метод наивного байесовского классификатора. В представленной работе использовалась система, основанная на наивном байесовском классификаторе, так как процесс обучения классификатора весьма эффективен при высокой точности получения результата.

Наивный байесовский классификатор (НБК) – простой вероятностный классификатор, основанный на применении теоремы Байеса со строгими (наивными) предположениями о независимости. Для реализации НБК необходима обучающая выборка, в которой проставлены соответствия между основными фрагментами текстовых материалов и их классами. Совокупность информации называется моделью классификатора.

Данный подход позволяет в достаточно сжатые сроки проводить оценку тональности интернет ресурсов. Возможно использование специализированных аналитических программ, которые позволяют определять тональность информационных материалов, таких как Интегрум, Медиалогия, IQBuzz и др.

В рамках данной модели предложено классифицировать все информационные сообщения по определенной шкале и присваивать соответствующее значение рискового параметра (табл. 2).

Таблица 2. Шкала соответствия тональности сообщения и рискового параметра

Тональность сообщения	Вероятность вхождения положительных слов	Значение рискового параметра Ri
Положительно	0,6 - 1	0
Нейтрально	0,4 - 0,6	0,3
Отрицательно	0 - 0,4	0,9

В результате анализа тональности ***N*** сообщений индекс информационного риска проекта рассчитывается по формуле:

$$Rинф = \sum_{i=1}^{N} Ri \Big/ N \qquad (5)$$

В формуле 5: *Rинф* – индекс информационного риска проекта, *Ri* – значение параметра для i-го информационного сообщения, *N* – полное количество сообщений.

4. Метод определения эффективной ставки дисконтирования

Одним из основных параметров для определения характеристик любого инвестиционного проекта, а в особенности долгосрочного, является ставка дисконтирования, используемая для перерасчета будущих доходов и расходов в стоимость на настоящий момент. С экономической точки зрения ставка дисконтирования — это норма доходности, которая могла быть получена при альтернативном инвестировании с учетом рисков вложения, но без учета нормы возмещения суммы вложенного капитала.

На рынке ценных бумаг, характеризующих стабильность развития компаний в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и в энергетике, часто применяется метод моделирования ценообразования на рынке капиталовложений (Capital Asset Pricing Model, метод CAPM). Данная модель обосновывает линейную зависимость премии инвестора от рисковости вложения:

$$\boldsymbol{Er = Rf + \beta \times (Mr - Rf)} \qquad (6)$$

В формуле 6: *Er* – ожидаемая доходность в расчете на одну акцию, *Rf* – безрисковая ставка, *Mr* - ожидаемая доходность рыночного портфеля. Коэффициент β есть мера риска ценной бумаги, учитывающего корреляцию и волатильность данной ценной бумаги относительно более широкого рынка.

В соответствии с линейным уравнением рынка ценных бумаг, ожидаемая доходность любой ценной бумаги пропорциональна ее риску. В дальнейшем метод CAPM нашел широкое распространение в мире как способ обоснования требуемого уровня доходности на собственный капитал при оценке эффективности инвестиционных проектов. Метод CAPM основан на предположении, что инвесторы требуют более высокого дохода при повышенном риске.

Ставка дисконтирования для инвестиционного проекта также является мерой его доходности. Она отражает требования инвестора по желаемой доходности инвестиций или доходность альтернативных вложений. Поэтому в данной работе предлагается использование следующей формулы:

$$d\text{эф} = Rf + \beta \times (d0 - Rf) \quad (7)$$

В формуле 7: *дэф* – эффективная ставка дисконтирования, *d0* – ожидаемая по проекту ставка дисконтирования, *Rf* - безрисковая ставка. Коэффициент β как раз должен учитывать риски, связанные с проектом.

В классическом CAPM методе коэффициент β рассчитывается через ковариацию величин *Er* и *Mr* по формуле:

$$\beta = cov\,(Er, Mr) / \sigma^2(Mr) \quad (8)$$

В формуле 8: $\sigma^2\ (Mr)$ –дисперсия ожидаемой ставки доходности рыночного портфеля.

В рассматриваемом случае коэффициент пропорционален величине *cov (дэф, d0)*, при этом он имеет зависимость от индекса общего риска проекта. В работе проведен численный эксперимент по определению зависимости $\beta(R)$.

В качестве расчетных вариантов рассматривались реализованные проекты строительства атомных станций Госкорпорацией «Росатом» за рубежом. Это АЭС «Куданкулам» (2 блока ВВЭР-1000) в Индии; АЭС «Бушер» (1 блок ВВЭР-1000) в Иране и АЭС «Тяньвань» (2 блока ВВЭР-1000) в Китае. Для каждого проекта с учетом представленной математической модели комплексной оценки рисков выполнялся расчет на реальных данных.

В результате проведенных расчетов определена зависимость коэффициента $\beta(R)$:

$$\beta(R) = R^2 + 0{,}76 * R + 1 \quad (9)$$

В формуле 9: *R* – индекс общего риска проекта, определяемый в соответствие с комплексной моделью.

На основании значения эффективной ставки дисконтирования (*дэф*), рассчитанной по предложенному методу на основе CAPM, определяются такие основные характеристики инвестиционного проекта, как чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности и т.д. Полученные значения более точно описывают проект, чем на начальной стадии его разработки, поскольку учитывают риски при его реализации.

5. Модель оценки риска неполной выработки электроэнергии на атомных станциях с реакторами ВВЭР-1000

Одним из ключевых условий эффективности проекта строительства энергетического объекта является полнота выработки электроэнергии. Электричество, вырабатываемое на АЭС, в дальнейшем поступает на рынок электроэнергии и продается. Таким образом, операционная выручка зависит от объема и регулярности поставок электроэнергии, а значит и выработки.

В процессе эксплуатации объектов использования атомной энергии существуют риски неполной выработки электроэнергии. Специфика режима эксплуатации АЭС заключается в необходимости регулярного проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР). Помимо этого, станции подвержены возникновению нештатных ситуаций. Такие ситуации могут приводить к

остановкам блока, снижению его мощности либо проходить без помех для процесса выработки электроэнергии.

Учитывая описанные выше условия неполной выработки электроэнергии в течение срока эксплуатации, была поставлена и решена задача разработки модели оценки риска неполной выработки электроэнергии.

Годовая выручка от продажи электроэнергии вычисляется:

$$P_t = Сээ_t \times E_t \quad (10)$$

В формуле 10: E_t – электроэнергия, произведенная за год (МВт-ч); $Сээ_t$ – стоимость единицы электроэнергии.

В настоящее время используются два основных показателя для оценки эффективности использования мощности АЭС. Это коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) и коэффициент технического использования (КТИ). Показатели основаны на двух параметрах эксплуатации – выработка электроэнергии и время работы. В методиках, использующих данные коэффициенты, годовая выработка электроэнергии рассчитывается:

$$E_t = W_{пр} \times K \times 8760 \quad (11)$$

В формуле 11: E_t – электроэнергия, произведенная за год (МВт-ч); $W_{пр}$ – проектная мощность АЭС (МВт); K – коэффициент (КИУМ или КТИ); 8760 – полное количество часов в году.

Для учета всех возможных потерь выработки электроэнергии при работе АЭС в данном исследовании был проведен статистический анализ результатов эксплуатации 24 энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 (серия 320) и 2 энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 (серия 428). Это современные действующие серии типового проекта реакторов, которые по своим параметрам наиболее схожи с предлагаемыми на мировом рынке новейшими российскими проектами АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ. При анализе учитывались проектные данные о выработке электроэнергии, а также реальные ежегодные данные, получаемые с АЭС.

Все действующие энергоблоки с реакторами ВВЭР-1000 были разделены на две группы: эксплуатируемые менее 15 лет (относительно новые блоки) и эксплуатируемые свыше 15 лет. Для каждой группы энергоблоков были построены средние кривые отклонений реальной выработки от проектной, которые в дальнейшем были экстраполированы до значений 3% (для блоков с периодом эксплуатации свыше 15 лет) и 1% (для блоков с периодом эксплуатации менее 15 лет) с расчетным периодом 60 лет. Затем проводилась аппроксимация полученных кривых на различных временных интервалах для выбранных групп энергоблоков на основе экспоненциальной зависимости (рис. 2).

В результате анализа полученных расчетных данных методом аппроксимации была получена функция отклонения реального объема генерации электроэнергии от проектного с учетом КИУМ для всего периода эксплуатации АЭС:

$$f(t) = \begin{cases} 18 \cdot exp\,(-0.15t)\,, при & 0 < t <= 12 \\ 5 \cdot exp\,(-0.04t)\,, при & 12 < t <= 40 \\ 1 \qquad\qquad , при & t > 40 \end{cases} \quad (12)$$

В формуле 12 значение функции выражено в процентах, а значение аргумента t в годах эксплуатации.

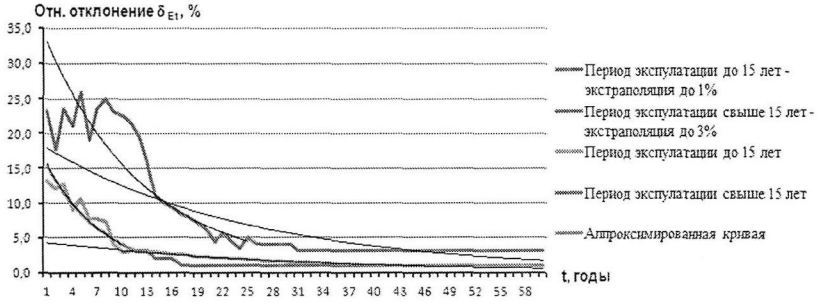

Рис. 2. Относительное отклонение реального объема генерации электроэнергии от проектного с учетом КИУМ для двух групп энергоблоков

В данном исследовании предложена новая методика расчета планируемой выработки электроэнергии на АЭС, учитывающая риски неполной выработки электроэнергии вследствие технологических мероприятий и нештатных ситуаций во время эксплуатации.

$$E_t = W_{пр} \times КИУМ_{пр} \times 8760 \times (1 - f(t)/100) \quad (13)$$

В формуле 13: E_t – электроэнергия, произведенная за год (МВт-ч); $W_{пр}$ – проектная мощность АЭС (МВт); $КИУМ_{пр}$ – проектный коэффициент использования установленной мощности; 8760 – полное количество часов в году; $f(t)$ – функция, характеризующая отклонение реального объема генерации электроэнергии от проектного.

6. Усовершенствованная комплексная методика определения экономической эффективности проектов строительства объектов использования атомной энергии в различных странах

В настоящее время основными методиками определения экономической эффективности инвестиционных проектов в сфере строительства АЭС считаются рекомендации Организации Объединённых Наций по промышленному развитию (UNIDO), МАГАТЭ и МЭА/ЯЭА при ОЭСР. Инвестиционные проекты описываются финансовыми потоками затрат и доходов.

Для сравнения доходности проектов методика UNIDO рассматривает три критерия: чистый дисконтированный доход (*NPV*), дисконтированный период окупаемости (*DPP*) и внутреннюю норму доходности (*IRR*). *NPV* - приведенная стоимость будущих денежных потоков за вычетом издержек. *IRR* - такая ставка дисконтирования, при которой $NPV = 0$. *DPP* - время, необходимое для покрытия издержек за счет дохода. Они определяются следующими условиями:

$$\mathrm{NPV} = \sum_{t=T_Б}^{T_L} \frac{P_t - C_t}{(1+d)^{t-T_Б}} \qquad \sum_{t=T_Б}^{T_L} \frac{P_t - C_t}{(1+IRR)^{t-T_Б}} = 0 \qquad \sum_{t=T_Б}^{DPP} (P_t - C_t) = 0 \quad (14\text{-}16)$$

В формулах 14-16: P_t – доходы в году t; C_t – издержки инвестирования за год t; d – ставка дисконтирования; T_B – дата дисконтирования, обычно это начало проекта; T_L – окончание экономического срока службы.

Данный подход ориентирован на инвестора, поскольку основным параметром является *NPV*, который не учитывает определенный тариф на

электроэнергию. Наиболее привлекательным признается проект, *NPV* которого больше.

В методике МАГАТЭ, которая рекомендуется для выбора поставщика строительства АЭС, ключевым является понятие приведенной стоимости электроэнергии $C_{пр}$ – такого тарифа, который следует взымать за каждую единицу электроэнергии, чтобы покрыть расходы на протяжении жизненного цикла АЭС, с учетом ставки дисконтирования. Основное условие — сумма расходов за время жизненного цикла АЭС равна сумме доходов от продажи электроэнергии с учетом дисконтирования:

$$\sum_{t=T_0}^{T_L} \frac{C_{пр} \cdot E_t}{(1+d)^{t-T_B}} = \sum_{t=T_B}^{T_L} \frac{C_t}{(1+d)^{t-T_B}} \qquad (17)$$

В формуле 17: E_t – электроэнергия, произведенная за год t; C_t – затраты в году t (включая затраты на топливо и эксплуатацию); d – ставка дисконтирования; T_B – дата дисконтирования; T_0 – дата начала коммерческой выработки электроэнергии; T_L – дата вывода из эксплуатации.

Этот критерий ориентирован на потребителя. Показатель $C_{пр}$ часто трактуется как минимальные удельные дисконтированные затраты на производство энергии. При сравнении проектов АЭС предпочтение отдается тому, в котором приведенная стоимость электроэнергии ниже. Однако данный критерий не позволяет определять другие экономические характеристики инвестиционных проектов. По существу методика МАГАТЭ конкретизирует методологию UNIDO применительно к энергетическим установкам.

Еще одним распространенным подходом является методика, используемая МЭА/ЯЭА при ОЭСР для оценки экономической эффективности проектов сооружения различных видов генерации (угольные, газовые, атомные, солнечные, ветровые и др. электростанции). Основным критерием, по которому сравниваются проекты в энергетической сфере является приведенная стоимость производства электроэнергии (levelised cost of electricity, LCOE). Данные стоимости рассчитываются на полном жизненном цикле энергетических объектов со своими особенностями. А затем приводятся к единому моменту путем дисконтирования.

Описанные выше методики являются довольно приближенными. Основным инструментом, позволяющим определить динамику реализации проекта в будущем и, соответственно, его экономический результат является процесс дисконтирования. В расчетах не учитывается реальная выработка электроэнергии за срок эксплуатации АЭС. Кроме того, представленные методики в явном виде не учитывают риски, характерные для инвестиционных проектов сооружения АЭС.

В данном исследовании предложена усовершенствованная комплексная методика оценки инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии в различных странах.

На первом этапе согласно математической модели комплексной оценки рисков на основе экспертных данных определяется индекс проектного риска *Rпр*. Затем, используя рейтинговые данные международных аналитических компаний, определяется индекс систематического риска *Rст*. После этого рассчитывается индекс риска внешнего воздействия *Rвв*. Для этого на основе экспертных данных определяется индекс форс-мажорного риска *Rфм*, а согласно представленной модели оценки информационного риска проектов находится значение индекса

Rинф. Затем вычисляется значение индекса общего риска проекта *R* с учетом соответствующих весовых коэффициентов.

На следующем этапе определяется эффективная ставка дисконтирования *dэф* согласно представленному методу. Коэффициент β рассчитывается на основе полученного значения индекса общего риска проекта *R*.

Далее проводится расчет инвестиционных характеристик проекта. На этом этапе учитываются основные технико-экономические показатели проекта АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000. Рассчитываются параметры инвестиционного проекта: чистый дисконтированный доход (*NPV*), дисконтированный период окупаемости (*DPP*), внутренняя норма доходности (*IRR*). При этом в формулах используется не проектная, а эффективная ставка дисконтирования. Кроме того, ежегодные денежные потоки дохода вычисляются согласно предложенной модели оценки риска неполной выработки электроэнергии на АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000.

Также многие авторы рекомендуют в дополнение к основным параметрам рассчитывать и вспомогательные. Одним из наиболее используемых является индекс рентабельности (*PI*). *PI* является относительным показателем, благодаря чему, его удобно использовать при выборе одного из ряда альтернативных, имеющих одинаковые значения *NPV*.

$$PI = \frac{\sum_{t=T_B}^{T_L} \frac{P_t}{(1+d)^{t-T_B}}}{I} \qquad (18)$$

В формуле 18: P_t – доходы в году *t*; *I* – полная сумма инвестиций; *d* – ставка дисконтирования; T_B – дата дисконтирования; T_L – окончание экономического срока службы.

Проект считается устойчивым, если при всех сценариях он оказывается эффективным и финансово реализуемым. В качестве основных показателей экономической эффективности при оценке устойчивости проекта принимаются *NPV, IRR, DPP*, а также индекс рентабельности (*PI*). Результат проекта считается положительным, если выполняются условия: *NPVэф* > 0; *DPPэф* < ($T_L - T_B$).

Под устойчивостью инвестиционного проекта понимается его эффективность при реализации альтернативных сценариев. В данном случае следует использовать критерии: *IRR* > *dэф* и *PIэф* > 1. При этом инвестиционный проект считается тем устойчивее, чем большее значение имеют разности (*IRR* – *dэф*) и (*PIэф* - 1). На основании полученных значений принимается решение о целесообразности инвестиционного проекта.

7. Инструментарий для оценки инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии

На основании комплексной методики определения экономической эффективности проектов строительства объектов использования атомной энергии с учетом модели комплексной оценки рисков, модели оценки риска неполной выработки электроэнергии и метода определения эффективной ставки дисконтирования разработано программное приложение, реализованное в Microsoft Excel.

Первый лист содержит три раздела, позволяющие определить индексы каждого из трех типов риска: проектный, систематический и внешнего воздействия.

Второй лист содержит два раздела. В первом из них программно проводится расчет индекса общего риска проекта с учетом определенных ранее значений рисков и вводом соответствующих весовых значений. Второй раздел позволяет определить эффективную ставку дисконтирования.

Третий лист содержит также несколько разделов. В первом проводится расчет стоимости топлива для первичной загрузки и для перегрузки, а также поля ввода дополнительных параметров: курсы валют, затраты на природный уран, конверсию, обогащение и производство ядерного топлива, технико-экономические показатели энергоблока, распределение затрат по стадиям реализации проекта, цены на электроэнергию и т.д.

Во втором разделе проводится расчет инвестиционных характеристик проекта. Строится таблица денежных потоков с распределением по годам, где подробно отражаются доходная часть (от продажи электроэнергии) и расходная часть (включая капитальные, топливные, эксплуатационные и др. затраты) с учетом дисконтирования. По результатам расчета определяются характеристики инвестиционного проекта: *NPV, DPP, IRR, PI*. При этом расчеты проводятся для двух ставок дисконтирования: проектной (*d0*) и эффективной (*dэф*).

Итогом всех проведенных процедур является сводная таблица (табл.3) и графическое представление *NPV* для каждого варианта ставки дисконтирования (рис. 3). В представленной таблице приведены значения по абстрактному проекту.

Таблица 3. Результаты расчета характеристик инвестиционного проекта

Характеристика	Значение
Проектная ставка дисконтирования d0	9,00%
Эффективная ставка дисконтирования dэф	10,95%
NPV с проектной ставкой дисконтирования, млн. $	1378,52
NPV с эффективной ставкой дисконтирования, млн. $	300,28
IRR, %	11,67%
(IRR – d0), %	2,67%
(IRR – dэф), %	0,71%
DPP0, лет	19
DPPэф, лет	27
PI при проектной ставке дисконтирования	2,24
PI при эффективной ставке дисконтирования	1,78

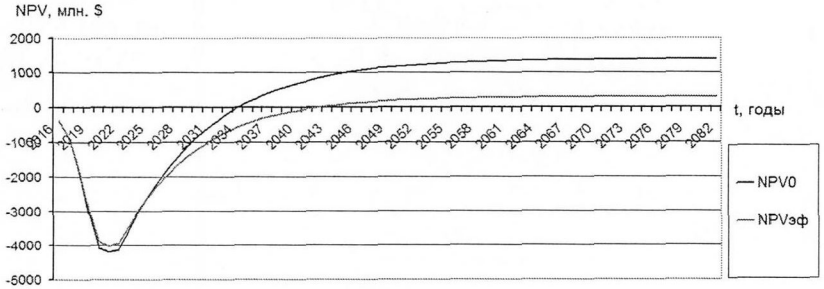

Рис. 3. Результирующий график NPV проекта

8. Апробация методики на реальных данных

Предложенная математическая модель комплексной оценки рисков позволяет определить величины индексов различных рисков, которые необходимо учитывать при реализации инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии за рубежом. Для выявления наиболее значимых видов риска в работе был проведен анализ чувствительности величины чистого дисконтированного дохода по отношению к каждому индексу риска. Сводный график, полученный в результате исследования, представлен на рис. 4.

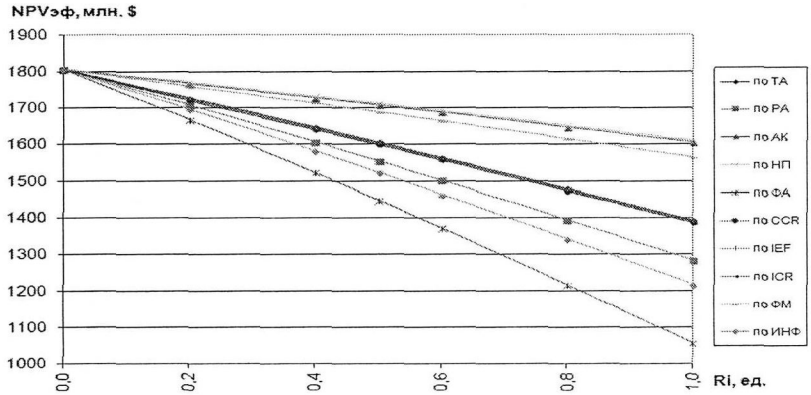

Рис. 4. Графики зависимости величины чистого дисконтированного дохода (NPVэф) от разных индексов риска

Кроме того, для величины *NPVэф* была рассчитана эластичность по различным варьируемым переменным вида (100 - *Ri*), где *Ri* - описанные выше индексы риска. Эластичность рассчитывалась следующим образом:

$$E_i = \left| \frac{(NPV_i - NPV_0) / NPV_0}{R_i / 100} \right| \qquad (19)$$

В формуле 19: NPV_i – чистый дисконтированный доход при значении варьируемого индекса R_i; NPV_0 – чистый дисконтированный доход при значении варьируемого индекса равном 0.

На рис. 5 приведены графики расчета эластичности проекта по *NPVэф* в зависимости от различных варьируемых переменных.

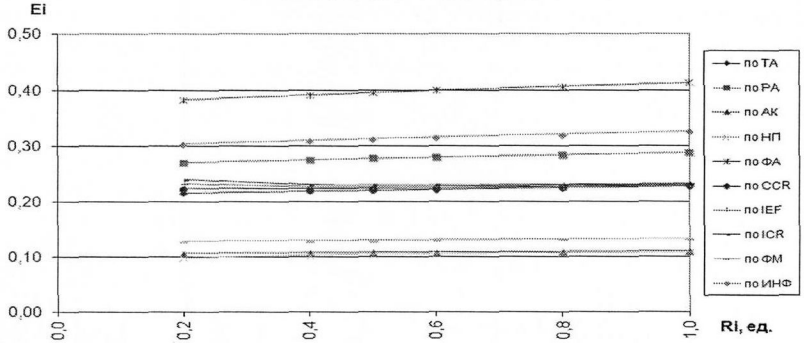

Рис. 5. Графики зависимости величины эластичности по NPVэф от разных индексов риска

Проведенный анализ чувствительности показывает, что наиболее заметное влияние на эффективное значение чистого дисконтированного дохода проекта имеют индексы *Rфа*, *Rинф* и *Rра*, наиболее слабое воздействие оказывают индексы *Rак*, *Rнп* и *Rфм*. Таким образом, можно сделать вывод, что при реализации инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии за рубежом наибольшее влияние оказывают риски проекта, связанные с финансовым анализом (кредитные, валютные, инфляционные риски и т.п.), рыночным анализом (перспективы развития отрасли, ценовой анализ, анализ прогноза рыночного спроса и т.п.) и состояния информационного поля вокруг проекта.

Также был рассмотрен предельный сценарий с максимальным риском, в котором все индексы риска были приняты равными 1. Результаты расчета характеристик проекта при данном сценарии представлены в табл. 4.

Таблица 4. Характеристики инвестиционного проекта с максимальными рисками

Характеристика	Значение
Проектная ставка дисконтирования d0	10,00%
Эффективная ставка дисконтирования dэф	18,80%
NPV с проектной ставкой дисконтирования, млн. $	1806,27
NPV с эффективной ставкой дисконтирования, млн. $	-1998,12
IRR, %	12,35%
DPP0, лет	2,35%
DPPэф, лет	-6,45%
PI при проектной ставке дисконтирования	23
PI при эффективной ставке дисконтирования	0

Анализ результатов данного сценария показывает, что проект кардинальным образом меняет инвестиционную привлекательность. Значение *NPV* становится отрицательным, разность между *IRR* и ставкой дисконтирования *d* приобретает отрицательное значение, а *DPP* становится равным 0. То есть, при данном сценарии проект не окупается, и не может быть принят к реализации.

Проведенный сравнительный анализ результатов расчета с использованием модели оценки риска неполной выработки электроэнергии на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и без ее использования (при этом индексы всех видов риска были приняты равными 0) показывает, что уточнение достигает примерно 30% для чистого дисконтированного дохода и 30% для дисконтированного периода окупаемости. Результаты анализа приведены в табл. 5.

Таблица 5. Характеристики инвестиционного проекта с учетом и без учета модели оценки риска неполной выработки электроэнергии

Характеристика	Значение без МНВЭ	Значение с МНВЭ	Отн. изменение	Отн. изменение
NPVэф., млн. $	2680,36	1806,27	-874,09	-32,6%
IRR, %	13,62	12,35	-1,27	-9,3%
DPPэф, лет	18	23	5,00	27,8%
PI эф.	2,89	2,67	-0,22	-7,6%

Результаты расчета характеристик инвестиционного проекта строительства двухблочной АЭС по проекту АЭС-2006 с реакторами ВВЭР-1200 в Бангладеш согласно предложенной комплексной методики определения экономической эффективности проектов с учетом математической модели комплексной оценки рисков, модели оценки риска неполной выработки электроэнергии и метода определения эффективной ставки дисконтирования приведены в табл. 6.

Таблица 6. Характеристики инвестиционного проекта на реальных данных для проекта строительства АЭС в Бангладеш

Характеристика	Значение	Отн. изменение
Проектная ставка дисконтирования d0	10,5%	37,1%
Эффективная ставка дисконтирования dэф	14,4%	
NPV с пр. ставкой дисконтирования, млн. ;$	3653,9	-50,4%
NPV с эфф. ставкой дисконтирования, млн. $	1810,4	
IRR, %	29,0%	-
DPP0, лет	8	12,5%
DPPэф, лет	9	
PI при пр. ставке дисконтирования	2,35	-40,0%
PI при эфф. ставке дисконтирования	1,41	

Анализ результатов данного проекта показывает, что с учетом всех видов рисков его инвестиционная привлекательность значительно снизилась. При этом в относительных величинах значение чистого дисконтированного дохода уменьшилось на 50%, а в абсолютных величинах – уменьшилось на примерно $1,8 млрд. При этом дисконтированный период окупаемости увеличился на 1 год (или 12,5% в относительных величинах). Эффективная ставка дисконтирования возросла по отношению к проектной на 3,9% (или 37% в относительных величинах).

Значение индекса рентабельности также значительно снизилось – на 0,94 ед. (или 40% в относительных величинах).

Таким образом, использование предложенной в исследовании комплексной методики оценки экономической эффективности проектов строительства объектов использования атомной энергии в различных странах с учетом представленных моделей в значительной степени уточняет результаты существующих подходов, что позволяет руководству Госкорпорации «Росатом» принимать управленческие решения в процессе анализа и планирования зарубежных проектов с более высокой степенью точности прогнозирования.

Выводы и результаты

1. Проведен анализ экономических отношений, возникающих при реализации инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии. В последние десятилетие рынок строительства атомных станций претерпел серьезные изменения. В настоящее время расширяется сеть участников экономических отношений при реализации проектов, формируются новые контракты сооружения атомных мощностей, изменяются схемы финансирования проектов, широко применяются услуги экспортных кредитных агентств. Поэтому необходимым элементом процедуры принятия решений о выборе проекта является определение экономической эффективности инвестиционных проектов.

2. Проведенный анализ используемых методик оценки инвестиционных проектов в сфере строительства объектов использования атомной энергии показал, что они являются довольно приближенными, слабо учитывающими риски проектов, которые могут быть связаны с политическими, правовыми, институциональными, техническими и прочими факторами. С этой целью были разработаны авторский реестр рисков, а также математическая модель комплексной оценки рисков, позволяющая определить влияние различных видов риска на инвестиционную привлекательность проекта. Анализ чувствительности показал, что NPV проекта в зависимости от видов риска снижается примерно на 10 – 40%. В предельном сценарии с максимальным риском эффективный проект, может поменять инвестиционную привлекательность кардинальным образом, когда NPV приобретает отрицательное значение.

3. Предложен усовершенствованный метод определения эффективной ставки дисконтирования для промышленных проектов, учитывающий модель комплексной оценки рисков, основанный на моделировании ценообразования на рынке капиталовложений (CAPM). Значение эффективной ставки дисконтирования позволяет уточнить данные для определения денежных потоков в ходе строительства и эксплуатации объектов использования атомной энергии, используется в расчетах характеристик инвестиционного проекта. Значение эффективной ставки превосходит значение изначально предлагаемой ставки в проекте примерно на 10 – 50% в относительных величинах.

4. Разработана оригинальная модель оценки риска неполной выработки электроэнергии на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 вследствие технологических мероприятий и нештатных ситуаций во время эксплуатации, позволяющая уточнить данные об объеме производимой электроэнергии в ходе эксплуатации объектов использования атомной энергии. Представлена соответствующая функция отклонения реального объема генерации электроэнергии от проектного. Уточнение достигает примерно 30% для NPV и 30% для DPP.

5. Предложена усовершенствованная комплексная методика определения экономической эффективности инвестиционных проектов строительства объектов использования атомной энергии с учетом математической модели комплексной оценки рисков, модели оценки риска рисков неполной выработки электроэнергии, метода определения эффективной ставки дисконтирования. Позволяет получить более точную оценку инвестиционных характеристик при реализации зарубежных проектов. Анализ результатов расчета проекта, основанного на реальных данных для Бангладеш, показал, что в относительных величинах значение NPV уменьшилось на 50%, а в абсолютных величинах – уменьшилось примерно на $1,8 млрд. При этом DPP увеличился на 1 года (или 12,5% в относительных величинах).

6. Разработан инструментарий для определения экономической эффективности проектов согласно предложенной комплексной методике, которая уточняет результаты существующих подходов. Использование подтверждается актом о внедрении. Это позволит руководству Госкорпорации «Росатом» принимать управленческие решения в процессе анализа и планирования зарубежных проектов с более высокой степенью точности прогнозирования. (Свидетельства о государственной регистрации РФ программ для ЭВМ № 2013620630, № 2014612235, № 2014662548, № 2015610216).

III. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ АВТОРА

Публикации в ведущих рецензируемых изданиях (перечень ВАК РФ):

1. Коптелов М.В. Особенности определения риска в инвестиционных проектах строительства АЭС / Коптелов М.В., Гусева А.И. // Атомная энергия. – 2013. Том 115, вып. 3, – с. 170-176. (***Scopus, Web of Science***)

2. Коптелов М.В. Повышение устойчивости инвестиционных проектов в атомной энергетике / Гусева А.И., Коптелов М.В., Святов А.С. // Цветные металлы. – 2015. – № 2. – с. 8-13. (***Scopus***)

3. Коптелов М.В. Методика и инструментарий для определения оценки эффективности инвестиционных проектов строительства АЭС с учетом пофакторного определения рисков / Коптелов М.В., Гусева А.И. // Аудит и финансовый анализ. – 2014. – №4.- с. 200-205. (***ВАК***)

4. Коптелов М.В. Разработка базы данных для оценки возможных экономических рисков при возникновении нештатных ситуаций на АЭС / Коптелов М.В., Гусева А.И., Варданян А.А. // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (часть 2). – с. 256-260. (***ВАК***)

5. Коптелов М.В. Перспективы развития мирового рынка строительства АЭС // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – с. 174-178 (***ВАК***)

6. Коптелов М.В. Подходы и их реализация при анализе данных общественного мнения о развитии атомного промышленного комплекса / Кузнецов И.А., Коптелов М.В. // Научное обозрение. – 2014. – № 6. – с. 112-114. (***ВАК***)

7. Коптелов М.В. База данных «Возможные экономические риски при возникновении нештатных ситуаций на энергетических объектах» / Гусева А.И., Коптелов М.В., Варданян А.А. // М.: РОСПАТЕНТ, свидетельство о государственной регистрации базы данных РФ №2013620630 от 21.05.2013 г.

8. Коптелов М.В. Программа для ЭВМ «Программное приложение для расчета экономической эффективности инвестиционных проектов строительства АЭС с применением кумулятивного подхода оценки рисков» / Коптелов М.В., Гусева А.И., Варданян А.А. // М.: РОСПАТЕНТ, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014612235 от 21.02.2014 г.

9. Коптелов М.В. Программа для ЭВМ «Автоматизированная система мониторинга общественного мнения для определения информационных рисков реализации проектов в атомной отрасли» / Лошаков М.И., Коптелов М.В. // М.: РОСПАТЕНТ, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662548 от 02.12.2014 г.

10. Коптелов М.В. Программа для ЭВМ «Автоматизированная система оценки тональности информационных ресурсов о реализации проектов в атомной отрасли» / Кузнецов И.А., Коптелов М.В. // М.: РОСПАТЕНТ, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015610216 от 12.01.2015 г.

Другие издания:

1. Коптелов М.В. Оценка эффективности проектов в условиях современного рынка сооружения АЭС / Коптелов М.В., Паншин А.А., Гусева А.И. // Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции 26 декабря 2011 г.: в 7 частях. Часть 2 М-во образования и науки Рос. Федерации. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2012. с. 76-77.

2. Коптелов М.В. Перспективы совершенствования оценки эффективности проектов в условиях современного развития рынка сооружения АЭС / Коптелов М.В., Гусева А.И. // Актуальные проблемы науки и образования: прошлое, настоящее, будущее: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции 29 марта 2012 г.: в 7 частях. Часть 4; Мин. образования и науки Рос. Федерации. Тамбов: Изд-во ТРОО "Бизнес-Наука-Общество", 2012. с. 63.

3. Коптелов М.В. Развитие подходов к проведению оценки эффективности проектов сооружения АЭС // Научная сессия НИЯУ МИФИ. XVI международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов «Молодежь и наука - 2012». Тезисы докладов. Москва, 2013. с. 87-88.

4. Коптелов М.В. Риски инвестиционных проектов строительства АЭС / Коптелов М.В., Гусева А.И. // Высокие технологии, исследования, финансы. Т. 2: сборник статей XV международной научно-практической конференции "Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике". 25-26 апреля 2013 года, Санкт-Петербург, Россия / под ред. А.П. Кудинова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. с. 47-49.

5. Коптелов М.В. Риск-менеджмент в инвестиционных проектах использования ядерных энергоресурсов / Коптелов М.В., Гусева А.И. // Региональная экономика, инвестиции, инновации, социально-экономическое развитие: теория, методология и концепция модернизации: сборник материалов Международной научно-практической конференции 4 ноября 2013 г., Москва, Россия – М.: АНО Издательский дом "Научное обозрение", 2013. с. 138-147.

6. Коптелов М.В. Разработка базы данных для оценки экономических рисков при возникновении инцидентов на АЭС / Варданян А.А., Коптелов М.В. // Научная сессия НИЯУ МИФИ. XVII международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов «Молодежь и наука - 2013». Тезисы докладов. Москва, 2014. с. 93-94.

7. Коптелов М.В. Программные средства для анализа данных общественного мнения о развитии атомного промышленного комплекса / Кузнецов И.А., Коптелов М.В. // Научная сессия НИЯУ МИФИ. XVII международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов «Молодежь и наука - 2013». Тезисы докладов. Москва, 2014. с. 124-125.

8. Коптелов М.В. Оценка конкурентной среды на рынке строительства АЭС на примере тендера «Темелин» в Чехии / Ярмышев Д.В., Коптелов М.В. // Научная сессия НИЯУ МИФИ. XVIII международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов «Молодежь и наука – 2014», Москва, 2015. с. 34-35.

Подписано в печать 13.02.2017
Тираж 80 экз. Заказ № 55
Отпечатано в типографии «Реглет»
г. Москва, Маросейка, д.4/2
+7(495)979-98-99, www.reglet.ru