

На правах рукописи



Климовец Ольга Васильевна

**МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В СИСТЕМУ
СОБСТВЕННОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы
экономики (экономические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2017

Работа выполнена на кафедре «Математические методы в экономике» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», г. Москва.

Научный руководитель: доктор экономических наук
Зубакин Василий Александрович

Официальные оппоненты: **Орлов Александр Иванович**
доктор экономических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский институт)»,
профессор кафедры ИБМ2 «Экономика и
организация производства»

Попов Георгий Эдуардович
кандидат экономических наук, Министерство
энергетики Российской Федерации, начальник
отдела нормирования технико-экономических
показателей Департамента развития
электроэнергетики

Ведущая организация: федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего образования
«Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации»

Защита диссертации состоится «28» декабря 2017 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.196.15 на базе ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, Стремянный пер., д. 36, корпус 3, ауд. 353.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научно-информационном библиотечном центре имени академика Л. И. Абалкина ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Зацепа, д. 43 и на сайте организации: <http://ords.rea.ru/>.

Автореферат разослан «__» _____ 201_ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.196.15
кандидат технических наук, доцент



Мастяева Ирина Николаевна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Устойчивое развитие экономики страны неразрывно связано со стабильным и экономически обоснованным энергообеспечением промышленных предприятий, которое практически во всех регионах страны в основном осуществляется из единой энергосистемы. В современных условиях для этого процесса характерны значительные изменения в сфере тарифного регулирования, волатильность цен на электроэнергию и на топливо, сбои в поставках электроэнергии, что вынуждает промышленные предприятия с высоким уровнем энергопотребления искать альтернативные, более надежные и выгодные варианты энергоснабжения. Одним из них является использование собственных источников энергии.

Генерация энергии на промышленном предприятии при определенных условиях способствует не только экономии энергетических издержек, но имеет также социальную значимость, выражающуюся в возможности обеспечения электрической и тепловой энергией близлежащих социальных объектов и населения. Особенно актуальна такая стратегия энергообеспечения для энергодефицитных районов страны (Республика Крым, Калининградская область, Республика Саха (Якутия) и др).

Вместе с тем организация собственной генерации электроэнергии на предприятии требует значительных инвестиционных вложений в основное и вспомогательное оборудование, проектно-изыскательские работы, строительномонтажные работы, целесообразность которых не всегда является очевидной.

Все это порождает проблему обоснования наиболее рациональной стратегии энергообеспечения промышленного предприятия. На наш взгляд, это обоснование должно базироваться на сопоставительных оценках эффективности альтернативных вариантов энергообеспечения, различающихся по параметрам издержек, выгод и рисков. Вместе с тем в научной литературе подходы и методы проведения такого сопоставительного анализа еще не получили должного

освещения, что и предопределяет актуальность тематики диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования. Различные аспекты энергообеспечения промышленных предприятий достаточно подробно рассматривались в целом ряде научных публикаций. В частности, экономические проблемы электроснабжения промышленных предприятий освещены в работах А.К. Бурцева, А.В. Гудкова, Л.Д. Гительмана, В.И. Денисова, И.М. Завадского, Б.И. Кудрина, Л.А. Мелентьева, С.Л. Прузнера, Б.Е. Ратникова, Н.Н. Сергеева, С.Ф. Шершова, Е.О. Штейнгауза, Е.Д. Щетининой и др.

Вопросы оценки экономической эффективности строительства собственных источников энергии отражены в работах А.В. Кирпикова, И.Л. Кирпиковой, В.П. Обоскалова, Т.Ю. Паниковской, Д.И. Померанца и некоторых других. Результаты этих исследований в значительной мере базируются на фундаментальных трудах в области инвестиционного проектирования ряда российских и зарубежных авторов: П. Беренса, Ю. Бригхэма, П.Л. Виленского, А. Дамодарана, В.Н. Лившица, А.А. Лобанова, С.А. Смоляка, А.В. Чугунова, М.П. Хавранека, Дж. Хьюстона, М. Эрхардта и др.

В работах В.М. Гранатурова, С.А. Дзюбы, А.С. Долматова, Ю.А. Зака, В.А. Зубакина, И.В. Журавковой, Э.И. Крылова, Л.В. Мади, Я.В. Мочалиной, А.О. Недосекина, А.В. Проскрякова, В.А. Сергеева, Е.М. Четыркина и др. особое внимание уделяется учету рисков при оценке эффективности и обосновании инвестиционных проектов. Эти труды в значительной мере опираются на результаты общетеоретических и прикладных исследований в сфере «экономического» риск-анализа, опубликованные в работах российских и зарубежных ученых, среди которых следует выделить труды А. Kaufmann, J. Gil Aluja, Б.А. Матвеева, А.В. Мельникова, Ф.Х. Найта, Н.П. Тихомирова и др.

Вместе с тем вопросы оценки эффективности инвестиций в энергообеспечение промышленных предприятий в условиях существования альтернативных вариантов их энергоснабжения и характерных для них рисков, а

также в условиях недостаточных объемов исходной информации остаются проработанными не в полной мере.

Необходимость совершенствования методологических подходов и методов оценки и обоснования рациональных вариантов энергообеспечения промышленных предприятий на основе сопоставительных оценок экономической эффективности внедрения собственной генерации энергии на промышленном предприятии и централизованного (внешнего) энергоснабжения с учетом специфических для них рисков и характерных особенностей каждого варианта определили выбор цели, задач, объекта и предмета диссертационного исследования.

Цель и задачи исследования.

Целью диссертационного исследования является разработка моделей и методов оценки эффективности инвестиций в создание собственных источников энергии на промышленном предприятии на основе сопоставления издержек и рисков альтернативных вариантов его энергоснабжения в условиях значительной неопределенности исходной информации.

Достижение поставленной цели диссертационной работы предполагает решение следующих основных задач:

1. Обосновать возможные варианты энергообеспечения промышленного предприятия;
2. Выявить риски, характерные для альтернативных вариантов энергоснабжения промышленного предприятия;
3. Сформировать систему показателей эффективности инвестиций в создание собственных генерирующих установок на промышленном предприятии;
4. Разработать экономико-математическую модель оценки эффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии, основанную на сопоставлении издержек альтернативных вариантов энергоснабжения;

5. Разработать метод оценки риска неэффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии в условиях неопределенности исходной информации;

6. На основе предложенной модели оценить целесообразность строительства электростанции на нефтеперерабатывающем заводе.

Объект исследования – промышленное предприятие как потребитель энергии.

Предмет исследования – методы и модели оценки эффективности инвестиций в систему локального энергоснабжения промышленного предприятия.

Область исследования. Тематика диссертационного исследования соответствует пункту 1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов 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» паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики.

Теоретической и методологической основой исследования являются фундаментальные разработки отечественных и зарубежных специалистов по проблемам обоснования вариантов энергоснабжения промышленных предприятий, оценки и анализа рисков, теории и практики инвестиционной деятельности. В процессе решения поставленных в диссертационном исследовании задач использовались методы регрессионного анализа, методы теории риска, методы теории нечетких множеств, методы математического анализа, методы сопоставительного экономического анализа. Расчеты проводились с использованием пакетов прикладных программ MS Excel, StatGraphics Plus, Deductor.

Информационно-эмпирическую базу настоящего исследования составили данные Федеральной службы государственной статистики,

Минэкономразвития России, АО «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии», аналитическая и финансовая отчетность промышленных предприятий, результаты энергетических обследований предприятий, а также собственные расчеты автора.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке подходов, моделей и методов оценки эффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии на основе сопоставления издержек альтернативных вариантов его энергоснабжения в условиях специфических для них рисков и неопределенности исходной информации.

Основные научные результаты, полученные лично диссертантом, обладающие научной новизной, выносимые на защиту:

1. Обоснована целесообразность использования системы собственного энергообеспечения как способа повышения экономической эффективности производственно-хозяйственной деятельности промышленного предприятия в условиях роста стоимости электроэнергии и уровня рисков сбоев в ее поставке вследствие возрастающего износа электрических сетей и объектов электросетевого хозяйства единой энергетической системы.

2. Выявлены и обоснованы риски возможных вариантов энергоснабжения промышленного предприятия, среди которых выделены как риски централизованного энергоснабжения, связанные с перебоями в подаче энергии из единой энергосистемы и волатильностью стоимости энергии, так и риски собственной генерации энергии, к основным из которых относится технологический риск выхода из строя локального источника энергии.

3. Разработана экономико-математическая модель оценки эффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии, базирующаяся на сопоставлении издержек альтернативных вариантов энергоснабжения. В основе модели лежит оценка экономического эффекта, характеризующего накопленную сумму экономии издержек энергоснабжения промышленного предприятия за период реализации

проекта за счет использования энергии, произведенной на собственной энергоустановке.

Модель учитывает специфические особенности структур денежных потоков рассматриваемых вариантов в течение расчетного периода реализации инвестиционного проекта (в период строительства энергоисточника, в год его ввода в эксплуатацию и в течение дальнейшей эксплуатации), предусматривает непрерывное дисконтирование денежных потоков, что способствует повышению точности результатов, и не учитывает амортизационные отчисления с целью устранения двойного учета инвестиционных затрат.

4. Разработан метод оценки оптимальной мощности возводимой энергоустановки, базирующийся на решении оптимизационной задачи максимизации экономического эффекта от собственной генерации энергии на промышленном предприятии, оцениваемого по величине накопленной экономии энергетических издержек за период реализации инвестиционного проекта, с ограничениями по уровню приемлемого для инвестора экономического эффекта и потребности предприятия в энергии.

5. Предложен модифицированный метод оценки риска неэффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии с использованием аппарата теории нечетких множеств.

6. Получено решение задачи оценки целесообразности инвестиций в строительство электростанции на нефтеперерабатывающем заводе, свидетельствующее, что в условиях роста цен на электроэнергию для промышленных потребителей и рисков перебоев в энергоснабжении из единой энергосистемы создание системы собственного энергообеспечения нефтеперерабатывающего завода не только приносит финансовый эффект в размере 3,2 млрд рублей (накопленная экономия издержек на энергоснабжение за весь период реализации проекта), но также обеспечивает снижение удельного веса затрат на энергоресурсы в составе себестоимости производимой продукции и способствует повышению надежности энергоснабжения предприятия.

Теоретическая значимость исследования. Теоретическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании и развитии теоретических подходов к оценке эффективности инвестиций в систему собственного энергообеспечения промышленного предприятия на основе сопоставления издержек альтернативных вариантов энергоснабжения с учетом специфических для проектов в электроэнергетике факторов, рисков и т.д.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их применения при принятии обоснованных управленческих решений в области рационализации энергоснабжения промышленного предприятия на основе сопоставительной оценки эффективности системы собственного энергообеспечения и централизованного энергоснабжения.

Внедрение и апробация результатов работы. Результаты диссертационной работы были доложены и получили положительные оценки на следующих международных конференциях: XXVII Международные Плехановские чтения (РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Москва, 6 февраля 2014 г), XXIX Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд» (г. Новосибирск, 20 ноября 2014 г), II Международная научная конференция «Общество, наука, инновации» (г. Москва, 29-30 октября 2014 г), VI International research and practice conference «Science, Technology and Higher Education» (Westwood, Canada, 12-13 ноября 2014 г), XXVIII Международные Плехановские чтения (РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Москва, 10 февраля 2015 г), XI Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе» (г. Пенза, 23 апреля 2016 г). Разработанные подходы к оценке экономической эффективности энергоснабжения на основе использования собственных источников энергии были использованы при принятии инвестиционного решения о создании собственной электростанции на нефтеперерабатывающем заводе.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 11 печатных работ общим объемом 4,0 п.л., в том числе 5 печатных работ в

рекомендованных ВАК при Минобрнауки России рецензируемых научных изданиях общим объемом 2,6 п.л. (из них личный вклад автора – 2,3 п.л.).

Структура, объем и содержание диссертации. Диссертация включает введение, 3 главы, заключение, перечень сокращений и условных обозначений, список литературы и приложения. Работа изложена на 172 страницах основного текста, содержит 25 рисунков, 7 таблиц и 3 приложения. Список использованной литературы включает 147 источников.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Обоснована целесообразность использования системы собственного энергообеспечения как способа повышения экономической эффективности производственно-хозяйственной деятельности промышленного предприятия в условиях роста стоимости электроэнергии и уровня рисков сбоев в ее поставке вследствие возрастающего износа электрических сетей и объектов электросетевого хозяйства единой энергетической системы.

В работе отмечено, что промышленный сектор российской экономики является крупнейшим потребителем электроэнергии (рисунок 1), которая в основном поставляется из единой энергетической системы.

Высокая стоимость продаваемой промышленным потребителям электроэнергии, в том числе за счет так называемого перекрестного субсидирования (промышленный потребитель платит за электроэнергию выше экономически обоснованного тарифа, «субсидируя» население), возрастающий износ электроэнергетического оборудования (например, общий износ распределительных электрических сетей достиг 70 %, при этом доля распределительных электрических сетей, выработавших свой нормативный срок, составила 50 %, а 7 % электрических сетей выработало 2 нормативных срока), приводящий к росту аварий и, как следствие, увеличивающий экономический

ущерб от перерывов в энергоснабжении (убытки от снижения объема выпускаемой продукции, затраты на восстановление оборудования и т.д.), вынуждает промышленные предприятия искать альтернативные, более выгодные варианты их энергоснабжения.

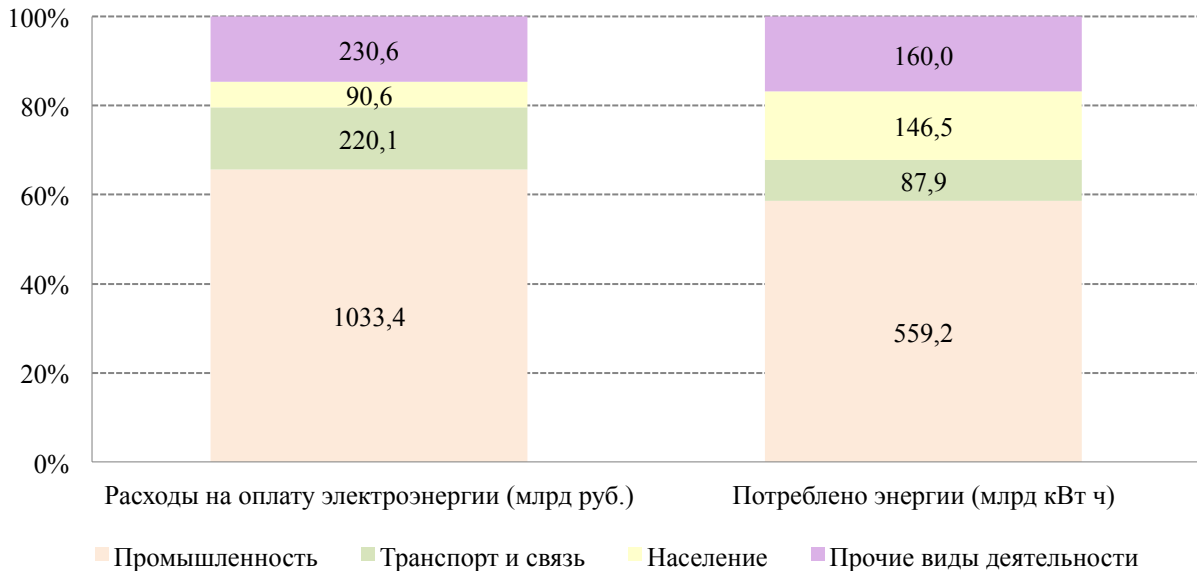


Рисунок 1 – Потребление энергии и оплата электроэнергии в России по секторам экономики, 2015 г.

В работе выделены три возможных варианта энергоснабжения промышленного предприятия:

- централизованное энергоснабжение;
- автономное энергоснабжение (локальная генерация энергии);
- энергоснабжение с использованием собственных энергоисточников, интегрированных в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть (ЕНЭС).

Каждый из них характеризуется специфическими издержками. В варианте централизованного энергоснабжения издержки в основном определяются ценами и тарифами на электроэнергию и тепловую энергию. В варианте использования локальных источников энергии, к основным типам которых относятся газопоршневые агрегаты, парогазовые и газотурбинные установки, существенную долю издержек составляет стоимость природного газа, а также

капитальные вложения в энергоустановки. Третий вариант энергоснабжения (сочетание автономного и централизованного энергоснабжения) включает в себя денежные потоки, характерные для обоих вариантов энергоснабжения.

В диссертационном исследовании показано, что в соответствии с прогнозом Минэкономразвития России рост оптовых цен на электроэнергию опережает рост цен на природный газ (рисунок 2).

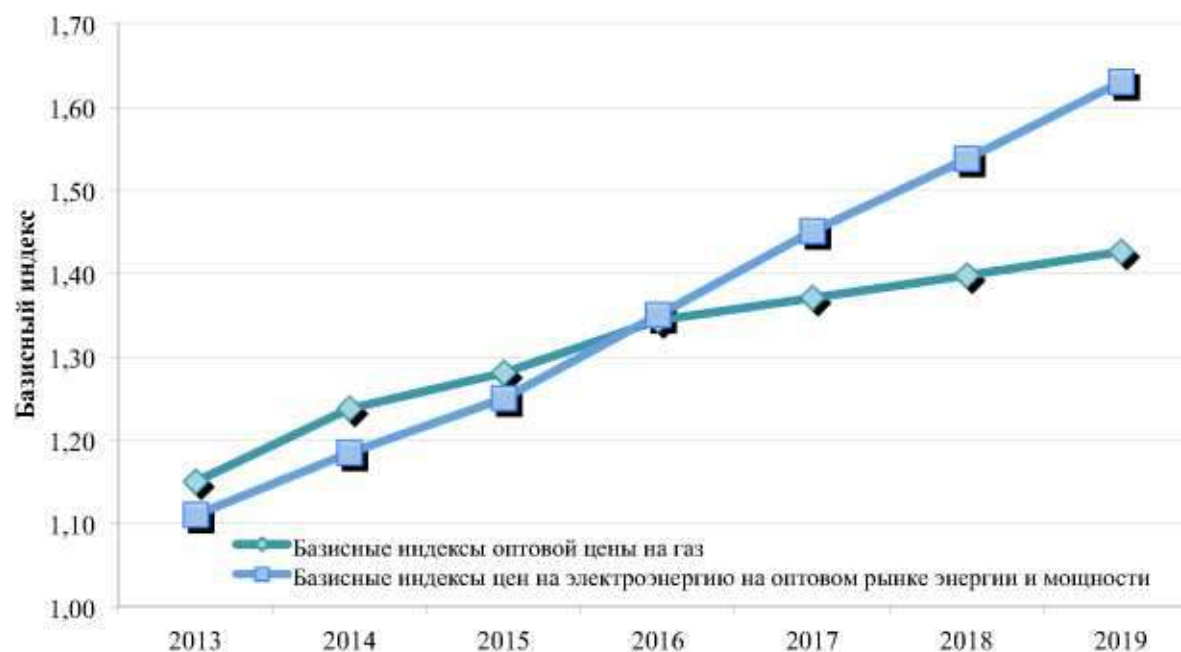


Рисунок 2 – Прогноз оптовых цен на природный газ и электроэнергию (в среднем за год к базисному году – 2012 г)

Эта динамика свидетельствует о потенциальном росте экономии затрат на электроэнергию за счет автономного энергоснабжения по сравнению с использованием электроэнергии из единой энергосистемы. В таких условиях более предпочтительным представляется вариант локальной генерации энергии на промышленном предприятии.

Кроме экономии затрат на электроэнергию и более надежного энергоснабжения использование собственных энергоустановок может обеспечить промышленному предприятию дополнительный доход за счет продажи избыточной энергии сторонним потребителям в пиковые часы, когда стоимость производства энергии становится ниже рыночной цены.

Все это может не только принести финансовый эффект от инвестиций, но и снизить долю энергетических издержек в себестоимости произведенной продукции и тем самым способствовать повышению экономической эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

2. Выявлены и обоснованы риски возможных вариантов энергоснабжения промышленного предприятия.

В работе отмечено, что каждый вариант энергоснабжения связан с определенными рисками, общая совокупность которых разделена на 4 группы: технологические риски, ценовые риски, риски государственного регулирования и риски террористических атак.

Основными рисками варианта централизованного энергоснабжения, на наш взгляд, являются технологические риски, которые выражаются в возможных потерях производства от перебоев в энергоснабжении, обусловленных в основном повреждениями в электросетевом оборудовании. Кроме того, централизованное энергоснабжение предприятия характеризуется ценовыми рисками, связанными с изменением законодательства в сфере тарифного регулирования, а для случая, когда промышленное предприятие приобретает энергию на энергетических рынках – также волатильностью цен на энергию.

В случае автономного энергоснабжения основными рисками, на наш взгляд, являются риски выхода из строя энергетической установки, а также возможных срывов в поставках топлива.

Варианту энергоснабжения с использованием собственных энергоисточников, интегрированных в ЕНЭС, присущи риски, характерные для первых двух вариантов энергоснабжения, но их уровень ниже за счет интеграции энергоустановки в ЕНЭС. Так, например, при выходе из строя энергетической установки промышленное предприятие может получать энергию из энергосистемы, а на случай аварии в энергосистеме источником энергии служит собственный генератор энергии. Аналогично снижаются и ценовые риски за счет возможности выбора более выгодного варианта энергообеспечения.

3. Разработана экономико-математическая модель оценки эффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии, базирующаяся на сопоставлении издержек альтернативных вариантов энергоснабжения.

Модель разработана в соответствии с известным принципом сопоставительной оценки эффективности инвестиционного проекта, согласно которому этот показатель определяется на основе сопоставления последствий реализации инвестиционного проекта с последствиями отказа от него, т.е. сравнения ситуаций «с проектом» и «без проекта». В работе ситуации «без проекта» соответствует централизованное энергоснабжение предприятия (вариант 1), а ситуации «с проектом» – энергоснабжение с использованием собственной генерации (вариант 2) (рисунок 3).

В основе модели лежит оценка экономического эффекта F , характеризующего накопленную сумму экономии издержек энергоснабжения промышленного предприятия за период реализации проекта за счет использования энергии, произведенной на собственной энергоустановке. Эта оценка базируется на сопоставлении издержек, возникающих при реализации инвестиционного проекта (C_2), с издержками, характерными для централизованного энергоснабжения промышленного предприятия (C_1).

Положительное значение экономического эффекта F свидетельствует о целесообразности реализации инвестиционного проекта по установке собственного источника энергии.

Преимущества предлагаемой модели:

- использование непрерывного дисконтирования денежных потоков, что обеспечивает более точные результаты оценки суммарных дисконтированных затрат;
- учет специфических особенностей денежных потоков, возникающих в течение расчетного периода (в период строительства энергоисточника, в год его ввода в эксплуатацию и в течение дальнейшей эксплуатации);

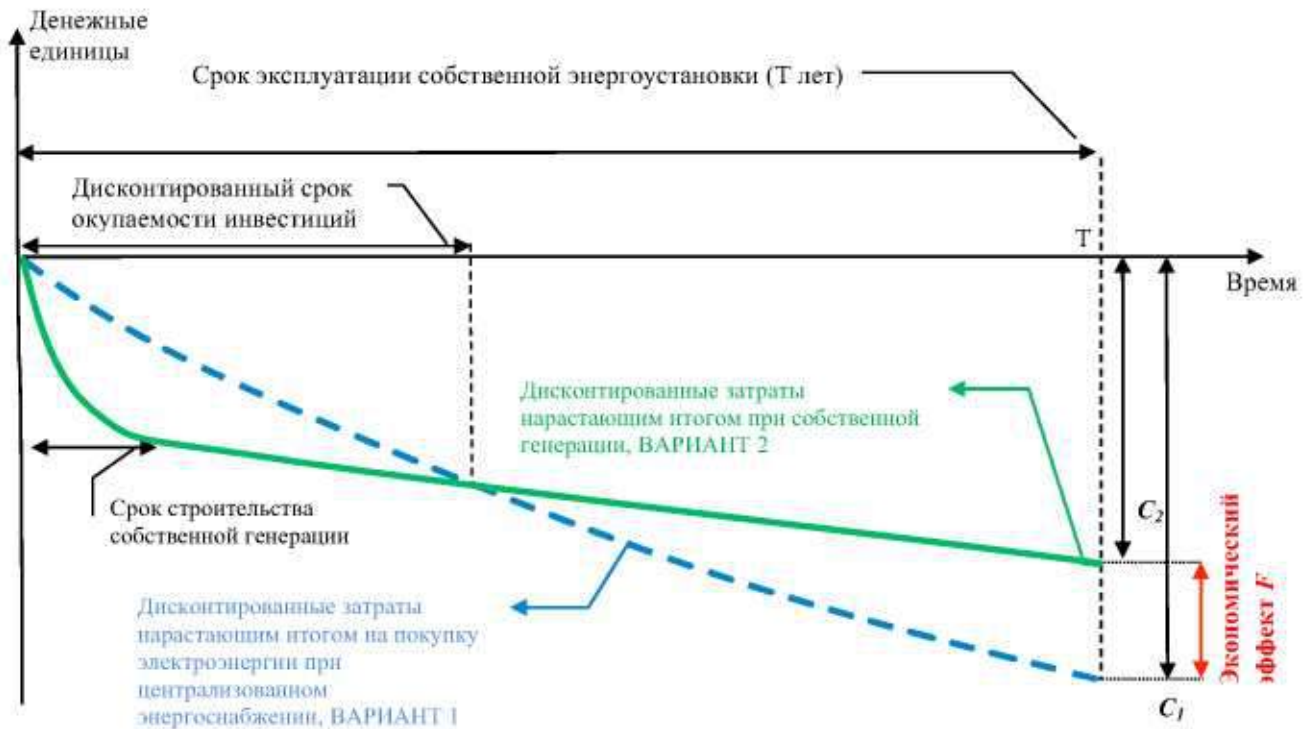


Рисунок 3 – Графическое отображение дисконтированных затрат на электроэнергию по двум вариантам электроснабжения

- отказ от учета амортизационных отчислений как элементов денежных потоков, возникающих в ходе реализации инвестиционного проекта в связи с тем, что амортизация является экономической категорией и не влечет реальных финансовых оттоков, а ее учет в инвестиционном моделировании приводит к двойному счету инвестиционных затрат.

Экономический эффект F предлагается оценивать по формуле:

$$F = C_2 - C_1 = -(k_1 P_s^2 + k_2 P_s + k_3) \beta + P_s \theta + \gamma, \quad (1)$$

где C_2 – суммарное значение дисконтированных издержек на производство энергии на собственной энергоустановке за расчетный период T , приведенных к началу расчетного периода; C_1 – суммарное значение дисконтированных издержек на оплату электроэнергии и тепловой энергии, получаемой из ЕНЭС, за расчетный период T , приведенных к началу расчетного периода; k_1, k_2, k_3 – коэффициенты аппроксимации капитальных вложений в собственный источник энергии; β – обобщенный коэффициент дисконтирования; P_s – мощность собственного источника энергии; θ – множитель, представляющий собой сумму

удельных в расчете на единицу установленной мощности энергоустановки элементов денежных потоков; γ – параметр, характеризующий экономию затрат на оплату электрической энергии и мощности внешнему поставщику в год завершения строительства электростанции t_n .

Параметры β , θ и γ рассчитываются по следующим выражениям:

$$\beta = 2 \sum_{t=0}^{t_n} p_t \varepsilon_t \left(\sum_{t=0}^{t_n} p_t = 1 \right), \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \theta = & -\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} T'_{t_n} b_{ge} c_{g,0} (1 + \alpha_g^*)^{-t_n} - & \left. \begin{array}{l} \text{Затраты на топливо в год} \\ \text{завершения строительства} \\ \text{электростанции } t_n \end{array} \right\} \\ & -\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} k_h T'_{t_n} b_{gh} c_{g,0} (1 + \alpha_g^*)^{-t_n} + \\ & +\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} k_h T'_{t_n} c_{h,0} (1 + \alpha_e^*)^{-t_n} - & \left. \begin{array}{l} \text{Экономия затрат на оплату} \\ \text{тепловой энергии в год } t_n \end{array} \right\} \\ & -\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} T_{max} b_{ge} c_{g,0} (\widehat{\alpha}_g^* - \widehat{\alpha}_g^{*,t_n}) - & \left. \begin{array}{l} \text{Затраты на топливо в} \\ \text{период эксплуатации} \\ \text{энергоустановки} \end{array} \right\} \\ & -\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} k_h T_{max} b_{gh} c_{g,0} (\widehat{\alpha}_g^* - \widehat{\alpha}_g^{*,t_n}) + & \left. \begin{array}{l} \text{Затраты на топливо в} \\ \text{период эксплуатации} \\ \text{энергоустановки} \end{array} \right\} \\ & +\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} (1 - k_s) T_{max} c_{e,0} (\widehat{\alpha}_e^* - \widehat{\alpha}_e^{*,t_n}) + & \left. \begin{array}{l} \text{Экономия затрат на оплату} \\ \text{электроэнергии, мощности и} \\ \text{тепловой энергии внешнему} \\ \text{поставщику за счет выработки} \\ \text{энергии на собственной} \\ \text{энергоустановке в период} \\ \text{эксплуатации энергоустановки} \end{array} \right\} \\ & +\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} 12(1 - k_s) c_{p,0} (\widehat{\alpha}_e^* - \widehat{\alpha}_e^{*,t_n}) + \\ & +\frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} k_h T_{max} c_{h,0} (\widehat{\alpha}_e^* - \widehat{\alpha}_e^{*,t_n}) - & \left. \begin{array}{l} \text{Экономия затрат на оплату} \\ \text{тепловой энергии внешнему} \\ \text{поставщику за счет выработки} \\ \text{энергии на собственной} \\ \text{энергоустановке в период} \\ \text{эксплуатации энергоустановки} \end{array} \right\} \\ & -WC' - & \left. \begin{array}{l} \text{Удельное значение} \\ \text{дисконтированного оборотного} \\ \text{капитала накопленным итогом} \\ \text{за расчетный период} \end{array} \right\} \\ & -CFC', & \left. \begin{array}{l} \text{Удельное значение условно-} \\ \text{постоянных затрат на} \\ \text{производство энергии на} \\ \text{собственной электростанции} \\ \text{накопленным итогом} \end{array} \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{1 - (1 + E)^{-1}}{\ln(1 + E)} (P_m T'_{t_n} c_{e,0} (1 + \alpha_e^*)^{-t_n} + 12 P_m c_{p,0} (1 + \alpha_e^*)^{-t_n}), \quad (4)$$

где t_n – номер года, в котором заканчивается осуществление капитальных вложений (может совпадать с номером года ввода в эксплуатацию собственной энергоустановки) ($t_n \leq T$); p_t – доля капитальных вложений, осуществляемых в год t , от всего объема капитальных вложений; ε_t – коэффициент дисконтирования; T'_{t_n} – число часов использования максимальной мощности собственной энергоустановки в год t_n ; b_{ge} – расход газа на выработку 1 кВт·ч электроэнергии; $c_{g,0}$ – цена на газ в начале расчетного периода ($t=0$) (руб./м³); α_g^* – реальный коэффициент дисконтирования затрат на оплату газа (выражение (5)); k_h – коэффициент, отражающий долю выработанной тепловой энергии от выработанной электрической энергии; b_{gh} – расход газа на выработку 1 Гкал тепловой энергии; $c_{h,0}$ – среднегодовой тариф за каждую потребленную Гкал тепловой энергии в начале расчетного периода ($t=0$); α_e^* – реальный коэффициент дисконтирования затрат на оплату электрической энергии, мощности и тепловой энергии (выражение (6)); T_{max} – число часов использования максимальной электрической мощности; $\widehat{\alpha}_g^*$ – коэффициент, равный сумме коэффициентов дисконтирования затрат на оплату газа за весь период реализации проекта T (выражение (7)); $\widehat{\alpha}_g^{*,t_n}$ – коэффициент, равный сумме коэффициентов дисконтирования затрат на оплату газа за период t_n (выражение (8)); k_s – коэффициент расхода электроэнергии на собственные нужды электростанции; $c_{e,0}$ – среднегодовая ставка за каждый потребленный кВт·ч электроэнергии в начале расчетного периода ($t=0$); $\widehat{\alpha}_e^*$ – коэффициент, равный сумме коэффициентов дисконтирования затрат на оплату электрической энергии, мощности и тепловой энергии за весь период реализации проекта T (выражение (9)); $\widehat{\alpha}_e^{*,t_n}$ – коэффициент, представляющий собой сумму коэффициентов дисконтирования затрат на электрическую энергию, мощность и тепловую энергию за период t_n (выражение (10)); $c_{p,0}$ – среднемесячная плата за

МВт заявленной максимальной мощности, участвующей в максимальной нагрузке энергосистемы, в начале расчетного периода ($t=0$); P_m – максимальная мощность, потребляемая предприятием; WC' – удельное значение дисконтированного оборотного капитала накопленным итогом за расчетный период; CFC' – удельное значение условно-постоянных затрат на производство энергии на собственной электростанции накопленным итогом.

Коэффициенты α_g^* , α_e^* , $\widehat{\alpha}_g^*$, $\widehat{\alpha}_g^{*,t_n}$, $\widehat{\alpha}_e^*$ и $\widehat{\alpha}_e^{*,t_n}$ определяются на основе следующих выражений соответственно:

$$\alpha_g^* = \frac{E - \alpha_g}{1 + \alpha_g}, \quad (5)$$

$$\alpha_e^* = \frac{E - \alpha_e}{1 + \alpha_e}, \quad (6)$$

$$\widehat{\alpha}_g^* = \sum_{t=1}^T (1 + \alpha_g^*)^{-t} = \begin{cases} T, E = \alpha_g \\ \frac{1 - (1 + \alpha_g^*)^{-T}}{\alpha_g^*}, E \neq \alpha_g, \end{cases} \quad (7)$$

$$\widehat{\alpha}_g^{*,t_n} = \sum_{t=1}^{t_n} (1 + \alpha_g^*)^{-t} = \begin{cases} t_n, E = \alpha_g \\ \frac{1 - (1 + \alpha_g^*)^{-t_n}}{\alpha_g^*}, E \neq \alpha_g, \end{cases} \quad (8)$$

$$\widehat{\alpha}_e^* = \sum_{t=1}^T (1 + \alpha_e^*)^{-t} = \begin{cases} T, E = \alpha_e \\ \frac{1 - (1 + \alpha_e^*)^{-T}}{\alpha_e^*}, E \neq \alpha_e, \end{cases} \quad (9)$$

$$\widehat{\alpha}_e^{*,t_n} = \sum_{t=1}^{t_n} (1 + \alpha_e^*)^{-t} = \begin{cases} t_n, E = \alpha_e \\ \frac{1 - (1 + \alpha_e^*)^{-t_n}}{\alpha_e^*}, E \neq \alpha_e, \end{cases} \quad (10)$$

где E – ставка дисконтирования; α_g – темп роста цены на газ; α_e – темп роста цены на электроэнергию; T – период реализации проекта.

4. Разработан метод оценки оптимальной мощности возводимой энергоустановки, базирующийся на решении оптимизационной задачи максимизации экономического эффекта от собственной генерации энергии на промышленном предприятии, оцениваемого по величине накопленной экономии энергетических издержек за период реализации инвестиционного

проекта, с ограничениями по уровню приемлемого для инвестора экономического эффекта и потребности предприятия в энергии.

При постоянном общем объеме потребляемой энергии и мощности на протяжении всего расчетного периода можно утверждать, что на величину экономического эффекта F от реализации инвестиционного проекта по установке собственного источника энергии существенное влияние оказывает мощность источника (P_s).

С одной стороны, увеличение мощности установки собственной генерации энергии при определенных условиях приводит к возрастанию экономии затрат на электроэнергию по сравнению с приобретением электроэнергии у поставщика. С другой стороны, инвестиционные затраты, связанные с покупкой, монтажом, наладкой и пуском в эксплуатацию энергоустановки, а также операционные затраты возрастают с увеличением мощности установки.

В общем случае взаимосвязь между экономическим эффектом от внедрения собственной генерации энергии и мощностью энергоустановки характеризует график на рисунке 4.

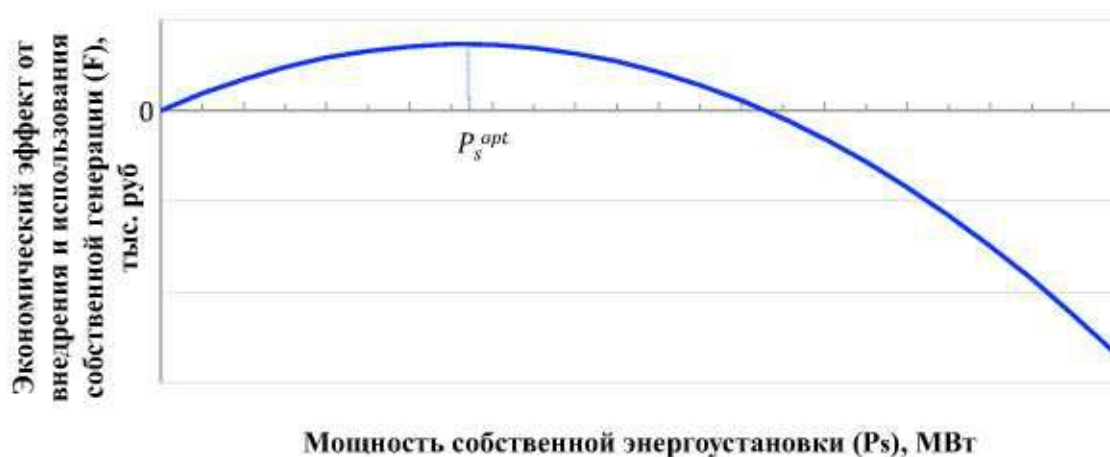


Рисунок 4 – Вид зависимости экономической эффективности собственной генерации от мощности собственного источника электроэнергии

Согласно этой зависимости существует такое значение мощности энергоустановки P_s^{opt} , при которой экономический эффект будет максимальным.

Однако решение о реализации инвестиционного проекта может быть принято только в случае, если значение экономического эффекта F попадает в зону приемлемых для инвестора значений. При этом мощность энергоустановки не должна превышать потребность предприятия в энергии с учетом расхода энергии на собственные нужды электростанции (рассматривается случай строительства электростанции собственных нужд).

С учетом этого задачу оценки оптимальной мощности можно представить в следующем виде:

$$F \rightarrow \max, \quad (11)$$

$$F > G, \quad (12)$$

$$0 < P_s^{opt} \leq \frac{P_m}{1 - k_s}, \quad (13)$$

где F – экономический эффект, рассчитываемый по формуле (1), представляющий собой размер накопленной экономии издержек энергоснабжения за период реализации проекта за счет использования энергии, произведенной на собственной энергоустановке;

G – значение приемлемого для инвестора экономического эффекта;

P_s^{opt} – оптимальная мощность собственной электростанции;

P_m – максимальная мощность, потребляемая предприятием;

k_s – коэффициент расхода электроэнергии на собственные нужды электростанции.

Функция F определена и дифференцируема на всей действительной оси. В соответствии с необходимым условием экстремума, если точка P_s – точка экстремума функции F , а функция F дифференцируема в P_s , то $f'(P_s) = 0$. Несложно показать, что функция F достигает максимума в точке

$$P_s^{opt} = \frac{\theta - k_2\beta}{2k_1\beta}. \quad (14)$$

То есть выгода от внедрения и использования собственной генерации энергии максимальна при оптимальной мощности энергоустановки $P_s^{opt} = \frac{\theta - k_2\beta}{2k_1\beta}$. Значение оптимальной мощности должно удовлетворять условиям (12) и (13).

5. Предложен модифицированный метод оценки риска неэффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии с использованием аппарата теории нечетких множеств.

Под риском неэффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на промышленном предприятии в работе понимается вероятность того, что значение экономического эффекта F (выражение (1)), характеризующего размер накопленной экономии издержек энергоснабжения за период реализации проекта за счет использования произведенной на собственной энергоустановке энергии, окажется ниже установленного инвестором приемлемого значения.

В работе показано, что ключевыми факторами, определяющими риски снижения эффективности рассматриваемых инвестиционных проектов, являются прогнозные оценки цен (тарифов) на электрическую энергию и природный газ, которые используются при расчете параметров θ и γ разработанной модели оценки экономического эффекта F (выражения (3) и (4) соответственно).

Эти оценки в работе определены на основе их базовых значений и прогнозов ежегодных темпов роста цен. При этом в отсутствие достаточной статистической базы исторических значений цен на электроэнергию и на природный газ темпы роста цен предложено задавать экспертным путем в виде нечетких чисел, определенных треугольными функциями принадлежности (рисунок 5). Согласно такой функции темпы роста цен на электроэнергию и природный газ представлены в следующем виде: $\underline{\alpha}_e = (\alpha_{e_{min}}, \bar{\alpha}_e, \alpha_{e_{max}})$ и $\underline{\alpha}_g = (\alpha_{g_{min}}, \bar{\alpha}_g, \alpha_{g_{max}})$ соответственно, где диапазоны $[\alpha_{e_{min}}, \alpha_{e_{max}}]$ и

$[\alpha_{g_{min}}, \alpha_{g_{max}}]$ определяют области существования этих показателей, а $\bar{\alpha}_e$ и $\bar{\alpha}_g$ – их наиболее вероятные значения.

В такой ситуации величина экономического эффекта F , рассчитываемая по формуле (1), также является нечетким числом с треугольной функцией принадлежности, определяемой по правилам нечеткой арифметики с использованием как функций принадлежности нечетких треугольных чисел $\underline{\alpha}_e$ и $\underline{\alpha}_g$, так и действительных чисел, характеризующих значения остальных переменных, входящих в выражение (1).

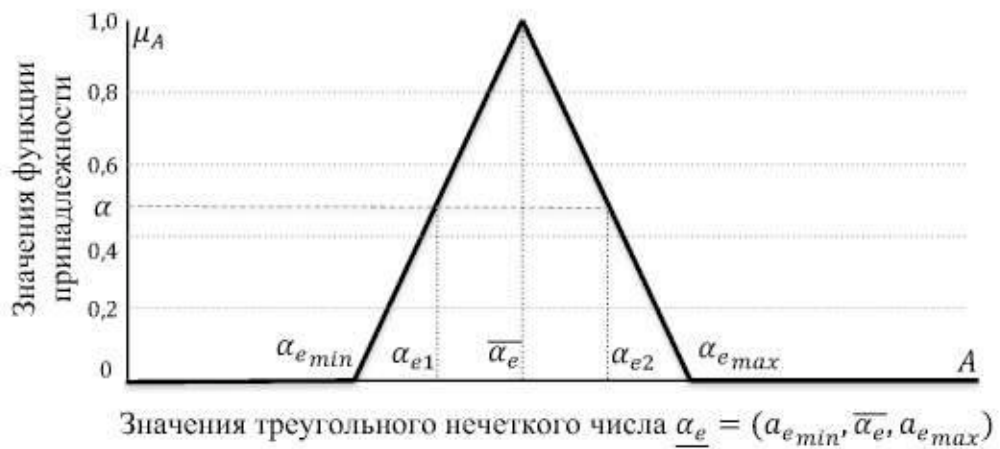


Рисунок 5 – Вид функции принадлежности треугольного числа $\underline{\alpha}_e$

В работе рассчитаны значения границ интервалов достоверности нечеткого треугольного числа \underline{F} , характеризующего экономический эффект от строительства электростанции собственных производственных нужд на нефтеперерабатывающем заводе, для различных уровней принадлежности α (таблица 1).

Таким образом, треугольная функция принадлежности нечеткого треугольного числа \underline{F} в нашем примере определяется следующими тремя числами: $F_{min} = -6\,223\,149,67$, $F_{max} = 12\,962\,858,84$, $\bar{F} = 3\,212\,016,07$.

Таблица 1 – Результаты расчета интервалов достоверности нечеткого треугольного числа \underline{F}

Уровень принадлежности α	Интервалы достоверности $[F_1, F_2]$ нечеткого числа \underline{F}
1	3 212 016,07
0,75	[946 150,62; 5 685 569,90]
0,5	[-1 427 170,27; 8 087 731,71]
0,25	[-3 816 444,74; 10 512 969,49]
0	[-6 223 149,67; 12 962 858,84]

С учетом этого степень риска инвестиционного проекта оценена согласно выражению, приведенному в диссертации А.О. Недосекина¹:

$$Risk(G) = \frac{-F_{min}}{F_{max} - F_{min}} + \frac{\bar{F}}{F_{max} - F_{min}} \ln \frac{\bar{F}}{\bar{F} - F_{min}}, \quad (15)$$

где F_{min} , F_{max} , \bar{F} – минимальное, максимальное и наиболее вероятное значение показателя эффективности F соответственно.

Степень риска неэффективности инвестиций $Risk(G)$ находится в интервале от 0 до 1, где 0 соответствует отсутствию риска, а 1 – предельно высокому риску. С учетом данных таблицы 1 рассчитанный по формуле (15) уровень риска неэффективности инвестиционного проекта строительства собственной электростанции на нефтеперерабатывающем заводе (в качестве критерия эффективности выступает условие $F > 0$) составляет 0,144. На рисунке 6 приведена риск-функция $Risk(G)$, отражающая зависимость величины степени риска от значения границы эффективности G .

В работе показано, что граничным значением, разделяющим области условно-приемлемых и неприемлемых значений риска инвестиционного проекта, является уровень 0,28.

¹ Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний [Текст]: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / Недосекин Алексей Олегович. – СПб., 2003. – 302 с., с. 82-83.

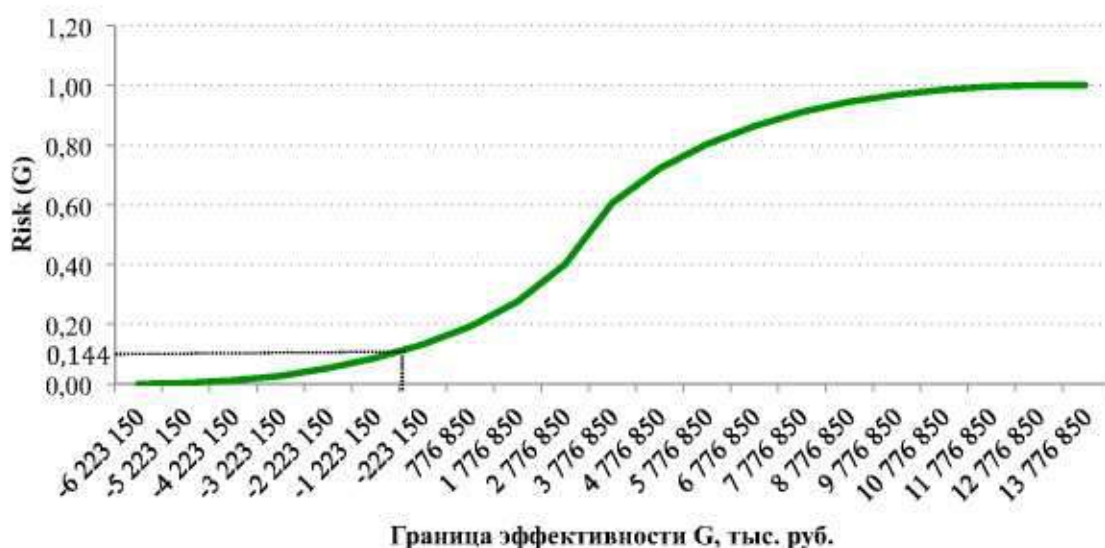


Рисунок 6 – Риск-функция Risk(G)

Значение риска неэффективности инвестиций в создание системы собственного энергообеспечения на нефтеперерабатывающем заводе $Risk(G) = 0,144$ лежит в области условно-приемлемых значений, и, таким образом, проект может быть рекомендован к реализации.

6. Решена практическая задача оценки целесообразности инвестиций в строительство электростанции на нефтеперерабатывающем заводе, по результатам которой принято соответствующее решение о создании системы собственного энергообеспечения на предприятии.

Разработанные в диссертации подходы к оценке экономической эффективности энергоснабжения на основе использования собственных источников энергии были использованы при принятии инвестиционного решения о создании собственной электростанции на нефтеперерабатывающем заводе.

Моделирование проведено на основании следующих общих допущений.

Горизонт расчета проекта принят равным сумме срока строительства электростанции (4 года) и срока службы применяемого основного оборудования (25 лет с момента выхода на проектную мощность) и составляет 29 лет.

За базовую цену на электроэнергию принята среднегодовая цена на электроэнергию, приобретенную предприятием в 2011 году, равная

2 110 руб./МВт·ч (НПЗ оплачивает электроэнергию по одноставочному тарифу). Темп роста принят равным 4,5 % (оценка произведена на основе данных Минэкономразвития России).

В качестве базовой стоимости топлива (природного газа) на 2011 год принята нетто-цена на природный газ в Российской Федерации для промышленных потребителей региона, в котором расположен нефтеперерабатывающий завод, добываемый ПАО «Газпром», увеличенная на 25 % для учета затрат на снабженческо-сбытовые услуги и транспортировку (составляет 3 141,08 руб./м³), с последующей индексацией в соответствии с прогнозом, сделанным на основе данных Минэкономразвития России (среднегодовой темп роста принят равным 4 %).

В качестве базового тарифа на тепловую энергию принята среднегодовая стоимость тепловой энергии (пар свыше 13 кг/см²) для рассматриваемого предприятия в 2011 году, равная 682,1 руб./Гкал. Индексация проведена по среднегодовому темпу роста, равному среднегодовому темпу роста цены на электроэнергию (4,5 %).

Финансирование на протяжении всего срока реализации проекта осуществляется за счет собственных средств. Ставка дисконтирования денежных потоков принята равной стоимости собственного капитала нефтеперерабатывающего завода и составляет 15 %. Расчет эффективности инвестиций выполнен в рублях в номинальных ценах.

Результаты расчетов показали целесообразность строительства электростанции мощностью 200 МВт в целях полного удовлетворения потребности предприятия в энергии.

Определено, что реализация инвестиционного проекта создания системы собственного энергообеспечения нефтеперерабатывающего завода не только приносит экономический эффект в размере 3,2 млрд рублей (накопленная экономия денежных средств на оплату энергоснабжения, возникшая в результате замещения энергии, приобретаемой у внешнего поставщика, энергией, выработанной на собственной электростанции, за расчетный период), но также

обеспечивает снижение удельного веса затрат на энергоресурсы в составе себестоимости производимой продукции и способствует повышению надежности энергоснабжения предприятия. Результаты расчета показателей эффективности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения показателей эффективности инвестиций в строительство электростанции на нефтеперерабатывающем заводе

Наименование показателя	Значение показателя
Экономический эффект (F)	3 212 016,1 тыс. руб.
Внутренняя норма доходности (IRR)	18,74 %
Дисконтированный срок окупаемости (DPP)	16 лет
Индекс доходности (PI)	1,1
Снижение доли энергетических издержек в себестоимости «корзины» нефтепродуктов, производимых предприятием	снижение с 24,3 % до 15,7 %
Сокращение ущерба потребителей от перерывов в энергоснабжении	800-900 млн руб./год

С учетом результатов расчета показателей эффективности инвестиций и оценки инвестиционного риска в работе сделан вывод о рекомендации проекта строительства электростанции собственных нужд нефтеперерабатывающего завода к реализации.

В заключении диссертации изложены наиболее важные положения исследования, полученные результаты и вытекающие из них основные выводы и рекомендации.

III. СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при
Министерстве образования и науки Российской Федерации:

1. Климовец О.В. Экономико-технологические преимущества использования распределенной генерации // Вопросы экономики и права. – 2015. – № 10. – С. 86-90. – 0,5 п.л.

2. Климовец О.В. Оценка экономической эффективности энергоснабжения промышленного предприятия с использованием распределенной генерации // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова, № 2 (86). – М.: ГОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2016 г. – С. 140-144. – 0,3 п.л.

3. Зубакин В.А., Климовец О.В. Методы оценки эффективности инвестиций в собственную генерацию в условиях риска // Эффективное антикризисное управление. – 2016. – № 2. – С. 78-84. – 0,8 п.л. (авт. – 0,5 п.л.)

4. Климовец О.В. Экономическая эффективность использования вторичных энергетических ресурсов в промышленности // Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. – 2016. – № 9 (91). – 0,5 п.л.

5. Климовец О.В. Экономико-математическое моделирование эффективности инвестиций в сооружение собственной энергоустановки на промышленном предприятии // Проблемы современной экономики. Евразийский международный научно-аналитический журнал. – 2016. – № 3 (59). – С. 111-115. – 0,5 п.л.

Публикации в других изданиях:

6. Климовец О.В. Экономическая оценка преимуществ инвестиций в распределенную генерацию // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы: Сборник науч. статей студентов, магистров и аспирантов. Вып. 2 /Под ред. Доцента О.Ю. Челноковой. – Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2013. – С. 20-23. – 0,2 п.л.

7. Климовец О.В. Методика выбора оптимальной схемы энергоснабжения промышленного предприятия // Тезисы докладов аспирантов 27-х Международных Плехановских чтений (6 февраля 2014 г). – Москва: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2014. – С. 184-185. – 0,1 п.л.

8. Климовец О.В. Виртуальные электростанции как экономически эффективный способ управления производством электроэнергии // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд: сборник материалов XXIX Международной научно-практической конференции / Под общ. ред.

С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. – № 29. – С. 175-180. – 0,3 п.л.

9. Климовец О.В. Препятствия для развития распределенной генерации в России // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук / Москва: Издательство Научно-информационный издательский центр и редакция журнала «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук». – 2014. – № 11 (70). – С. 67-70. – 0,3 п.л.

10. Klimovets O.V. Reliability of power supply as an economic category // Science, Technology and Higher Education: materials of the VI International research and practice conference, Westwood, Canada, November 12-13, 2014 / publishing office Accent Graphics communications. – 2014. – P. 137-140. – 0,3 п.л.

11. Климовец О.В. Общие принципы оценки экономической целесообразности распределенной генерации для конечных потребителей // Тезисы докладов аспирантов 28-х Международных Плехановских чтений (10 февраля 2015 г). – Москва: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2015. – С. 209-212. – 0,2 п.л.