

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

На правах рукописи

Ершова Мария Игоревна

**МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖИНИРИНГОВЫХ КОМПАНИЙ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Специальность 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика»
(Экономика промышленности)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:

заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
Юрлов Ф.Ф.

Нижний Новгород – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИНЖИНИРИНГОВЫХ КОМПАНИЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА МИРОВОМ РЫНКЕ.....	12
1.1 Обоснование необходимости анализа состояния зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний атомной энергетики.....	12
1.2 Мировой рынок инжиниринга в атомной энергетике.....	14
1.3 Анализ состояния зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке.....	17
1.4 Анализ состояния отечественного Инжинирингового Дивизиона в области атомной энергетики на мировом рынке.....	47
1.5 Проблемы инжиниринговых компаний атомной энергетики.....	52
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1.....	58
Глава 2 МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖИНИРИНГОВЫХ КОМПАНИЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	60
2.1 Метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности.....	60
2.2 Методика определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа.....	70
2.3 Методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей.....	81
2.4 Метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.....	90
2.5 Методика анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей.....	94
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2.....	97
Глава 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	100
3.1 Анализ эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации в условиях неопределенности внешней среды.....	100
3.2 Анализ экономической эффективности в условиях неопределенности внешней среды АЭС с различными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран.....	120
3.3 Развитие методики SWOT-анализа применительно к инжиниринговым компаниям атомной энергетики.....	137
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3.....	145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	147
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	149

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Атомная энергетика Российской Федерации играет определяющую роль в экономическом развитии страны и национальной безопасности.

В доктрине энергетической безопасности Российской Федерации уделяется особое внимание рискам энергетической безопасности, связанным с дестабилизирующими внешними факторами и угрозами энергетической безопасности, такими как перемещение центра развития мировой экономики в Азиатско-Тихоокеанский регион и значительное усиление позиций Китая на международных рынках; рост конкуренции среди экспортеров услуг и продукции в области энергетики на мировом рынке; изменение правового регулирования международных отношений в области энергетики и глобальная трансформация мировых энергетических рынков. Необходимо также учитывать влияние введения санкций по отношению к атомной отрасли, в соответствии с которыми ряд европейских стран объявили о запрете на сотрудничество с российскими компаниями в области ядерной энергетики. Также введены в действие санкции, включающие в себя ограничение финансовой системы Российской Федерации, ограничение деятельности множества промышленных компаний, в том числе поставщиков оборудования и комплектующих.

Атомную отрасль России представляет Государственная корпорация «Росатом» (ГК «Росатом»). Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом» является представителем атомной энергетики Российской Федерации на международных рынках в области инжиниринга атомных электростанций (АЭС). В состав Инжинирингового Дивизиона входят инжиниринговые компании, которые проектируют и строят атомные энергоблоки в России и за рубежом, а также оказывают полный спектр услуг по управлению проектами сооружения сложных инженерных объектов атомной энергетики.

Сегодня увеличение доли атомной промышленности на отечественном и мировом рынках является приоритетным направлением энергетической стратегии страны, стратегической целью ГК «Росатом» и Инжинирингового дивизиона. Для достижения поставленной цели Инжиниринговому Дивизиону необходимо обеспечить выполнение следующих условий: безопасное использование атомной энергии, технологическое лидерство, предоставление на рынок новых продуктов и услуг в рамках проектирования и сооружения АЭС, высокая эффективность деятельности инжиниринговых компаний ГК «Росатом».

В работе экономическая эффективность деятельности компаний рассматривается как отношение эффекта, результата к затратам, расходам, обеспечившим его получение. В качестве

экономического результата могут выступать прямые (прибыль, выручка) или косвенные (качество товара) показатели, затраченными ресурсами могут являться трудовые ресурсы, материальные ресурсы, время и т.д.

При определении экономической эффективности функционирования инжиниринговых компаний ГК «Росатом» следует учитывать множество специфических особенностей их деятельности (длительный производственный цикл, высокая стоимость проектов, наличие ноу-хау и новых технологий, высокая наукоемкость деятельности, большое количество заинтересованных сторон и другие), следовательно, необходимо совершенствовать теорию многокритериального анализа для применения к компаниям атомной отрасли, в том числе к инжиниринговым компаниям.

В современных условиях экономической нестабильности, сильного влияния внешнеполитических и внутривнутриполитических процессов, введенных в действие санкций, роста конкуренции на рынках, внедрении новых технологий получения, преобразования и использования энергии, инфляционных процессов при анализе эффективности деятельности Инжинирингового Дивизиона необходимо учитывать условия неопределенности внешней среды. В связи с этим оценка экономической эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики значительно усложняется. Существующие в настоящее время методы и методики по определению экономической эффективности деятельности анализируемых систем различного назначения недостаточно учитывают:

- проблему анализа в условиях многокритериальности экономической эффективности деятельности компаний;
- проблему анализа в условиях неопределенности внешней среды экономической эффективности функционирования компаний;
- специфику инжиниринговых компаний атомной энергетики.

Возникает необходимость разработки и дальнейшего развития теоретических и практических аспектов анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.

Таким образом, можно сделать вывод, что тема диссертационного исследования, посвященная решению указанных ранее проблем путем разработки и применения методов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики, является актуальной.

Степень научной разработанности темы исследования

В настоящее время исследованием эффективности деятельности организаций занимаются многие зарубежные и отечественные ученые-экономисты. Наибольшую известность среди современных трудов получили работы таких ученых, как М.И. Баканов [12], Н.П. Белозерова

[65], М.С. Говорова [43], М.И. Дергунова [43], В.Ж. Дубровский [30], О.М. Калиева [43], И.В. Кальницкая [44], Э.А. Козловская [50], В.Н. Кравченко [52], Т.М. Леонова [65], Н.В. Лужнова [43], А.Ю. Лысенко [52], И.И. Мазурова [65], М.В. Максимочкина [44], Л.И. Малюк [67], Н.И. Морозко [74], Г.В. Савицкая [89], А.М. Фридман [100], А.Д. Шеремет [105], М.А. Шибина [74], Ф.Ф. Юрлов [107], Е.А. Яковлева [50], С.Н. Яшин [109].

Аспекты теории многокритериального анализа эффективности деятельности предприятий представлены в работах следующих ученых: Р. Беллмана [15], С.М. Брыкалова [19 – 21], А.М. Дуброва [29], А.А. Иванова [39], Е.П. Киселица [49], А.А. Колесова [51], Д.Н. Лапаева [53, 54], О. И. Ларичева [55], С.В. Микони [69], В.Д. Ногина [76], А.Ф. Плехановой [82], В.В. Токарева [95], В.Я. Трофимец [97], П. Фишберна [99], Е.И. Шапкина [103,104], Ф.Ф. Юрлова [59] и др.

Влияние факторов неопределенности на развитие предприятия рассматриваются в работах И.А. Ансоффа [8], А.Т. Зуб [38], А.И. Ильина [40], О. Моргенштерна [77], Е.А. Мильской [70], Ф. Найт [75], Дж. ф. Неймана [77], К.В. Павлова [81], В.В. Подиновского [83], С. Роббинса [87], Е.В. Смирновой [90], А. Тверски [45], Ю.В. Трифонова [96].

Особенности управления деятельностью инжиниринговых компаний атомной энергетики показаны в работах Ф.В. Веденеева [24], Ю.Н. Забродина [37], В.В. Курочкина [37], Н.Я. Леонтьева [57 – 62], И.И. Мазура [63, 64], Б.М. Рапопорт [86], Ю.Ф. Тельнова [94], И.Г. Федорова [94], Т.Ф. Черновой [101], В.Д. Шапиро [63,64] и др.

Вопросы, посвященные проблемам анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний в условиях неопределенности, в экономической литературе рассматриваются недостаточно полно.

Несмотря на наличие множества экономических исследований организаций атомной энергетики имеется объективная необходимость разработки методов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода и в условиях неопределенности внешней среды.

Цель диссертационного исследования – разработка и применение методов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды, позволяющих повысить эффективность функционирования рассматриваемых компаний.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие, перечисленные далее **задачи**.

1. Обосновать необходимость анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики. Разработать метод анализа экономической эф-

эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности.

2. Разработать методику определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального выбора. Выполнить анализ эффективности деятельности крупнейших инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке с учетом факторов многокритериальности.

3. Разработать методику оценки эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей.

4. Разработать метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.

5. Разработать методику анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей. Провести анализ экономической эффективности основных направлений инжиниринга в области электрогенерации.

Объектом исследования выступают инжиниринговые компании атомной энергетики.

Предметом является совокупность научно-методических и практических вопросов анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с учетом факторов многокритериальности и неопределенности внешней среды.

Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются труды, посвященные проблемам многокритериальности и неопределенности внешней среды, научной школы заслуженного деятеля науки, д.т.н. Юрлова Ф.Ф. и других отечественных и зарубежных ученых. В работе применяется системный подход, включающий в себя следующие общенаучные методы: сравнительный, аналитический, логический, экономический и стратегический анализ.

Научная новизна диссертационного исследования

1. Предложен метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности.

Сформулированный метод совершенствует теорию многокритериального анализа для применения к компаниям атомной отрасли, в том числе к инжиниринговым. Отличительной особенностью предлагаемого метода является разработка пяти вариантов различных сочетаний принципов многокритериального анализа и показателей экономической эффективности в зависимости от ситуации, требований и количества исходных данных для проведения анализа эф-

эффективности деятельности компаний. В рамках метода рассмотрены и предложены решения возможных противоречий, возникающих при анализе эффективности деятельности компаний. Разработанный метод был применен в предложенных в диссертации методиках. Метод позволяет решать проблемы повышения экономической эффективности сложно структурированных экономических систем в атомной энергетике.

(п. 2.1. «Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития» паспорта специальности 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика» (Экономика промышленности))

2. Разработана методика определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа, с целью развития и практического применения предложенного метода.

Авторская методика имеет следующие отличительные особенности:

- учет специфики инжиниринговых компаний атомной энергетики;
- реализация принципа сопоставимости инжиниринговых компаний атомной энергетики по ряду критериев;
- комплексное применение принципов многокритериального анализа;
- возможность проецирования данной методики для различных отраслей, корпораций на мировом рынке.

Данная методика апробирована при анализе отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке. Применение предложенной методики позволяет осуществлять анализ компании при участии в конкурсах и тендерах, при определении инвестиционной привлекательности компаний.

(п. 2.2 «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности»)

3. С целью развития предложенного метода разработана методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей.

Отличительной особенностью методики является реализация комплексного подхода с использованием не одной, а нескольких групп показателей эффективности и применением набора принципов многокритериального выбора. В качестве указанных групп показателей могут выступать: экологические, показатели безопасности, инновационные, экономические, социальные и другие группы.

Разработанная методика позволяет повысить объективность анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики с помощью учета различных направлений развития компании.

(п. 2.2 «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности»)

4. Предложен метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.

Отличительной особенностью метода является совместное решение крупных научных проблем:

- проблемы анализа в условиях многокритериальности экономической эффективности деятельности компаний;
- проблемы анализа в условиях неопределенности внешней среды функционирования компаний;
- проблемы применения набора принципов оптимальности.

Сущность метода анализа экономической эффективности компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды заключается в следующем сочетании:

- 1) комплексное применение принципов оптимальности, таких как принципа оптимизма, пессимизма, принципа гарантированного результата, гарантированных потерь, принципа Сэвиджа и т.д., путем согласования результатов, получаемых при применении каждого из принципов;
- 2) комплексное применение принципов многокритериального анализа, а именно принципа доминирования, принципа Парето и др., с помощью согласования результатов, полученных при применении каждого из принципов;
- 3) возможности осуществления в рамках анализа нескольких итераций применения принципов оптимальности и/или принципов многокритериального анализа;
- 4) осуществление ранжирования компаний.

В результате разработанный метод анализа позволяет определить состав ближайших и наиболее опасных конкурентов.

На основе данного метода разработана методика анализа экономической эффективности объектов в области энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды; реализовано развитие методики SWOT-анализа применительно к инжиниринговым компаниям атомной энергетики.

(п. 2.1. «Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития»)

5. С целью развития и практического применения предложенного метода разработана методика анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых

компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей,

Отличительной особенностью методики является:

- совместное решение проблем анализа экономической эффективности в условиях многокритериальности и неопределенности внешней среды, обусловленной требованиями длительного жизненного цикла объектов атомной энергетики (не менее 60 лет), значительной стоимостью и длительными сроками строительства атомных станций, сложностью проектирования, неопределенностью во внутриполитических и внешнеполитических процессах и т.д.;
- комплексное применение различных принципов оптимальности путем согласования результатов, получаемых при применении каждого из принципов, что решает проблему получения различных результатов при применении разных принципов;
- комплексное применение различных принципов многокритериального анализа путем согласования результатов;
- реализация принципа сопоставимости исследуемых экономических объектов;
- учет особенностей объектов в области энергетики.

Предлагаемая методика решает такие актуальные проблемы, как осуществление анализа эффективности деятельности объектов энергетики на практике, проблему ранжирования альтернатив в условиях неопределенности, проблему выбора принципа оптимальности.

Данная методика применена при анализе эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации, также применена при анализе экономической эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран.

(п. 2.2 «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности»)

Теоретическая значимость результатов исследования. Разработаны научно-методические основы анализа эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды. Разработаны научно-методические положения, которые могут быть использованы при анализе эффективности деятельности отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики необходимого для стратегического планирования развития.

Практическая значимость. Разработанные методы и методики нашли применение при анализе эффективности деятельности отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке, при исследовании инжиниринговых компаний, входящих в состав Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом». Они также применены при

оценке эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации, при анализе экономической эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран. Результаты исследования могут быть использованы на разных уровнях управления, а именно руководством ГК «Росатом», руководством Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», руководством инжиниринговых компаний ГК «Росатом» при стратегическом планировании развития, административными органами разных уровней, в том числе Министерством энергетики при определении энергетической стратегии развития, научно-исследовательскими организациями и федеральными научно-производственными центрами.

Апробация результатов диссертационного исследования. Результаты диссертационного исследования докладывались на международных конференциях в следующих городах: Нижний Новгород (2020 г., 2021 г., 2022 г.), Москва (2020 г.), Анапа (2020 г.), Казань (2020 г.), Переяслав-Хмельницкий (2021 г.), Пенза (2022 г.).

Апробация результатов исследования осуществлялась путем проведения исследования деятельности ведущих инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке, при исследовании направлений инжиниринга с различными технологиями генерации электроэнергии и при исследовании атомных электростанций с разными технологиями легководных реакторных установок, предлагаемых на мировом рынке инжиниринговыми компаниями разных стран. По теме исследования опубликовано 15 научных работ, 6 работ представлены в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 157 страниц.

Во введении сформулированы: актуальность темы диссертации, научная разработанность проблемы, цель и задачи диссертационного исследования, предмет и объект исследования, научная новизна и практическая значимость полученных в диссертации результатов.

В первой главе проводится обоснование необходимости анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики. Анализируется экономическое состояние зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке. Определены дестабилизирующие внешние факторы динамичного развития и проблемы инжиниринговых компаний атомной энергетики.

Во второй главе осуществляется разработка методов анализа экономической эффективности деятельности компаний атомной энергетики. Представлены три авторские методики анализа эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода и в условиях неопределенности внешней среды.

В третьей главе осуществляется апробация разработанных методов и методик. Проводится анализ экономической эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды. Анализируется экономическая эффективность АЭС, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран. Предлагается развитие методики SWOT-анализа применительно к инжиниринговым компаниям атомной энергетики с применением комплекса принципов оптимальности и принципов многокритериального анализа.

В заключении изложены основные результаты исследования, сформулированы выводы и определены перспективы использования результатов диссертации.

Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИНЖИНИРИНГОВЫХ КОМПАНИЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА МИРОВОМ РЫНКЕ

1.1. Обоснование необходимости анализа состояния зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний атомной энергетики

В настоящей главе показана необходимость анализа состояния зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний атомной энергетики для дальнейшей разработки методов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке. Указанная необходимость диктуется следующими, перечисленными далее факторами.

1. Обеспечение энергетической безопасности в соответствии с доктриной энергетической безопасности Российской Федерации.

Энергетика Российской Федерации вносит значительный вклад в социально-экономическое развитие страны и национальную безопасность. Также Россия вносит существенный вклад в обеспечение международной энергетической безопасности.

В доктрине уделяется внимание тому факту, что в соответствии с рисками энергетической безопасности, связанными с внешними вызовами и угрозами энергетической безопасности имеется острая необходимость решения проблем:

- «принятия неверных долгосрочных инвестиционных решений в условиях высокой неопределенности мировых энергетических рынков;
- недостаточности темпов реагирования российских компаний на тенденции в мировой энергетике» [2].

Следовательно, исследования в области энергетики требуются в связи с необходимостью решения обозначенных в доктрине проблем, а также по причине множества внешнеэкономических и внешнеполитических вызовов и угроз, таких как перемещение центра мирового экономического роста в Азиатско-Тихоокеанский регион; усиление конкуренции среди экспортеров услуг и продукции в области энергетики на мировом рынке; изменение международного нормативно-правового регулирования в сфере энергетики и условий функционирования мировых энергетических рынков, усиление позиций потребителей [72, 98].

2. Реализация энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г.

В энергетической стратегии России до 2035 г. [3] акцентировано внимание на необходимости расширения деятельности компаний атомной отрасли на отечественном и международ-

ном рынке, роста инвестиционной привлекательности, повышения конкурентоспособности компаний в сфере атомной энергетики. В Российской Федерации атомную отрасль представляет государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» [1]. На данный момент ГК «Росатом» занимает первое место по количеству энергоблоков в портфеле заказов за рубежом. Однако для удержания лидирующих позиций и расширения своей деятельности и влияния на мировом рынке отечественным компаниям атомной энергетики необходимо обеспечить постоянный рост экономической эффективности деятельности [4].

3. Реализация стратегических целей ГК «Росатом» путем обеспечения лидерства на мировом рынке атомной энергетики.

В соответствии с энергетической стратегией РФ для обеспечения лидерства на мировом рынке атомной энергетики ГК «Росатом» определила следующие цели:

- наращивание присутствия более чем в 50 странах мира, путем реализации проектов, основную долю которых осуществляет Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом»;
- увеличение долгосрочного портфеля зарубежных заказов Инжиниринговым Дивизионом ГК «Росатом»;
- обеспечение доли зарубежных направлений деятельности в EBITDA корпорации не менее 50% после 2025 г.;
- развитие атомной энергетики нового поколения с замкнутым топливным циклом;
- снижение себестоимости продукции и сроков протекания процессов [91].

Однако необходимо учитывать влияние введения санкций, в соответствии с которыми ряд европейских стран объявили о запрете на сотрудничество с российскими компаниями в области ядерной энергетики. Также введены в действие санкции, включающие в себя ограничение финансовой системы Российской Федерации, ограничение деятельности множества промышленных компаний, в том числе поставщиков оборудования и комплектующих [71].

4. Реализация стратегических целей Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом».

Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом» является представителем атомной энергетики Российской Федерации на международных рынках в области инжиниринга атомных электростанций (АЭС). В состав Инжинирингового Дивизиона входят инжиниринговые компании, которые проектируют и строят атомные энергоблоки в России и за рубежом, а также оказывают полный спектр услуг по управлению проектами сооружения сложных инженерных объектов атомной энергетики [41].

Для реализации перечисленных ранее стратегических целей ГК «Росатом» Инжиниринговому Дивизиону корпорации необходимо обеспечить расширение присутствия на международных рынках, что является одной из приоритетных стратегических целей Дивизиона [92]. Обязательное условие достижения этой цели – предоставление на рынке экономически эффективных инжиниринговых услуг и конкурентоспособной продукции, а также безусловное испол-

нение контрактных обязательств. Следовательно, достижение стратегической цели обеспечивается путем повышения эффективности деятельности Дивизиона.

Таким образом, исследования в области атомной энергетики требуются в связи необходимостью решения проблем энергетической безопасности РФ, а также в связи с множеством внешнеэкономических и внешнеполитических вызовов и угроз [56].

С целью удержания лидирующих позиций и расширения своей деятельности и влияния на мировом рынке отечественным компаниям атомной энергетики необходимо обеспечить выполнение следующих условий: безопасное использование атомной энергии, технологическое лидерство, предоставление на рынок новых продуктов и услуг в рамках проектирования и сооружения АЭС, высокая эффективность деятельности инжиниринговых компаний ГК «Росатом».

Следовательно, национальная безопасность, энергетическая безопасность страны, дальнейшее развитие ГК «Росатом» на мировых рынках напрямую зависят от состояния, эффективности деятельности и позиций на международных рынках Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» [22, 66].

Для повышения эффективности деятельности Инжинирингового Дивизиона необходимо проводить анализ, отражающий тенденции на основных рынках и регионах присутствия, осуществлять конкурентный анализ основных игроков на международном рынке.

С целью анализа эффективности деятельности Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» в настоящей работе рассматривается состояние зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики, конкурентов Инжинирингового Дивизиона. В соответствии с целью разрабатывается теория и осуществляется анализ эффективности деятельности зарубежных и отечественных инжиниринговых организаций.

1.2. Мировой рынок инжиниринга в атомной энергетике

«Большая пятерка» ядерных генерирующих стран – США, Франции, Китая, России и Южной Кореи – вырабатывает 70 % всей ядерной электроэнергии в мире [93].

Динамика развития Китая, как относительно нового игрока на рынке атомной энергии, поражает. В 2002 г. Китай занимал 15-е место, в 2007 г. – десятое, а в 2016 г. он занял третье место. В 2020 году Китай стал вторым в мире по производству ядерной энергии после США, благодаря строительству и запуску двух новых блоков атомных станций.

США остаются мировым лидером электрогенерации. Но их атомные станции продолжают стареть, средний возраст которых составит почти 41 год в середине 2021 г., и электростанциям становится все труднее конкурировать. Государственные субсидии были предоставлены четырем убыточным атомным электростанциям, чтобы предотвратить их «досрочную остановку». Другим американским АЭС угрожает досрочное закрытие по экономическим причинам.

Инжиниринговая компания Westinghouse, которая когда-то являлась ведущим разработчиком атомных электростанций в мире, обанкротилась в 2017 г. в результате огромного перерасхода средств и задержек с графиком, что привело к прекращению строительства двух реакторов AP1000 в Южной Каролине и продолжающимся спорам по поводу строительства еще двух реакторных установок в Грузии.

Крупнейшая зарубежная инжиниринговая компания по сооружению АЭС, которая стояла у истоков атомной энергетики – французский сегмент корпорации EDF Group – Framatome (бывшая Areva). Компания потеряла свои лидерские позиции на международном рынке. Areva NP за 10 лет не смогла завершить блок АЭС в Финляндии, стоимость которого увеличилась более чем в два раза. За неисполнение обязательств по договору Areva пришлось выплатить заказчику крупную компенсацию (450 млн евро). В результате реструктуризации 2017 г. компания избежала банкротства, и французское государство стало основным акционером холдинга AREVA. в 2018 г. после поглощения Électricité de France ядерного бизнеса холдинга AREVA – Areva NP S.A.S., за исключением топливного бизнеса. Реакторный бизнес получил название Framatome. Framatome переживают период собственной реструктуризации и низкого числа заказов, в том числе зарубежных.

В Японии, спустя десять лет после аварии на Фукусиме, ядерные предприятия продолжают бороться за соблюдение новых нормативных требований, вкладывая более одного миллиарда долларов в повышение безопасности каждого реактора, пытаясь успокоить сообщества и префектуры. Специфической проблемой японских инжиниринговых компаний является работа в условиях отказа от активного развития атомной энергетики в стране после аварии на АЭС «Фукусима».

Инжиниринговые компании Японии, такие как Mitsubishi, Hitachi и Toshiba отказались участвовать в проектах строительства АЭС в Турции и в Великобритании из-за больших финансовых рисков. В Саудовской Аравии, ЮАР и ОАЭ японские проекты проиграли конкурс на строительство АЭС.

Китай продолжает наращивать свои ядерные мощности. С 2015 по 2019 г. в Китае введено в промышленную эксплуатацию 25 атомных энергоблоков, начато строительство 11 атомных энергоблоков. По состоянию на январь 2022 года в промышленной эксплуатации находилось 54 энергоблоков АЭС, сооружается 14 энергоблоков, запланировано – 30 блоков.

Инжиниринговая китайская компания CGN подписала пакетное соглашение о сотрудничестве по новым британским проектам ядерной энергетики с компанией Électricité de France (EDF) и правительством Великобритании, чтобы совместно построить три крупных проекта ядерной энергетики в Великобритании и развивать рынки третьих сторон. Среди них проект АЭС Хинкли-Пойнт (с использованием французской ядерной энергетической технологии третьего поколения EPR) прошел гладко, и был залит первый бетон ядерного острова. Для проекта Bradwell B (с использованием китайской ядерной энергетической технологии HPR1000 третьего поколения) в настоящее время ведутся изыскания. CGN также активно следила за рынками ядерной энергии в Юго-Восточной Азии, Центральной Азии, заключила сделки на строительство АЭС с Аргентиной, Румынией и Пакистаном.

В Южной Корее, как и в Китае, расходы на строительство новых атомных электростанций контролируются лучше, чем в Западной Европе и США. Однако аварии на Фукусиме и фальсификация сертификатов безопасности в ядерной промышленности Южной Кореи настроили значительную часть населения против ядерной энергетики, и администрация запретила строительство новых атомных электростанций после Шин Кори-6 (четыре блока все еще строятся в Южной Корее. Шин-Кори-6 – последний, который планируется запустить в 2024 г.). Однако строительство новой атомной электростанции может найти более благосклонный отклик в Blue House (официальная резиденция президента Республики Корея), если консерваторы вернутся к власти на президентских выборах.

КЕРСО (Корейская электроэнергетическая корпорация) выиграла тендер на строительство четырех реакторов в ОАЭ. Четыре южнокорейских реактора APR1400 строятся в Бараке (ОАЭ). Однако проект не прошел гладко. Барака-1 начал подавать электроэнергию в энергосистему ОАЭ в августе 2020 г., на три года позже, чем первоначально предполагалось, и в 2018 г. в защитных зданиях блока 2 и блока 3 были обнаружены бетонные «пустоты» и «трещины». Аналогичные неисправности защитных сооружений вызвали серьезные проблемы с безопасностью для ряда атомных электростанций в Южной Корее. Отчасти эти дефекты отражают фальсифицированные проверки со стороны регулирующих органов безопасности при строительстве защитной оболочки. Долгосрочный энергетический план ОАЭ не включает никаких дополнительных ядерных мощностей, по крайней мере, до 2050 г.

В то же время КЕРСО запустила в эксплуатацию инновационную исследовательскую реакторную установку в Иордании, начала реализацию аналогичного проекта в Нидерландах, заключила контракты с Саудовской Аравией на строительство двух энергоблоков с реакторными установками SMART, а также планирует экспортировать туда еще 8 установок. Кроме того, корпорация заключила контракты о предоставлении инжиниринговых услуг Британии, Брази-

лии и Кении, планирует взаимодействие по строительству АЭС в Индии, Китае, Индонезией и Турцией.

Российский Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом» занимает I место в мире по количеству энергоблоков АЭС в зарубежном портфеле проектов. Инжиниринговый Дивизион активно реализует крупные инжиниринговые проекты за рубежом. В частности, сдан в эксплуатацию первый российский проект сооружения АЭС «под ключ» – Белорусская АЭС. Под руководством ГК «Росатом» строятся АЭС в Бангладеш, Египте и Турции. Проект сооружения АЭС «Пакш II» в Венгрии был принят заказчиком. Заключено соглашение на строительство двух блоков с отечественным реактором ВВЭР-1200 на Тяньваньской АЭС и двух блоков АЭС «Сюйдапу» в Китае. Корпорация имеет портфель заказов на строительство 35 атомных энергоблоков за рубежом.

На 2022 г. заказаны или планируются около 90 энергетических реакторов общей мощностью около 90 000 МВт, предлагаются к строительству еще более 300 реакторных установок. Около 30 стран, многие из которых являются развивающимися, рассматривают, планируют или начинают ядерно-энергетические программы, и еще около 20 стран проявляют интерес к атомной энергетике. Большинство запланированных в настоящее время реакторов находятся в Азии, где экономика быстро растет, соответственно, и спрос на электроэнергию быстро растет. Многие страны с существующими ядерно-энергетическими программами либо планируют, либо строят новые энергетические реакторы.

Таким образом, в результате высоких темпов развития и роста предложения продукции и услуг конкурентов на международном рынке атомного инжиниринга ситуация для отечественного Инжинирингового Дивизиона обостряется, в соответствии с этим требуется особое внимание и анализ эффективности деятельности инжиниринговых компаний российской атомной энергетике.

1.3. Анализ состояния зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетике на мировом рынке

Японские инжиниринговые компании атомной энергетике. Общая тенденция

Такие громкие имена, как Toshiba Corp., Hitachi Ltd. и Mitsubishi Heavy Industries Ltd., проникли на зарубежные рынки с помощью бывших и нынешних премьер-министров Японии,

которые поддерживали и развивали международное сотрудничество в области атомной энергетики. Государственно-частное партнерство Японии по строительству электростанций за рубежом рассматривалось как выгодная возможность развития. Поскольку строительство новых АЭС в Японии сокращалось, в 2000-х гг. японские производители реакторов и Министерство экономики, торговли и промышленности Японии (METI) искали зарубежные рынки, на которые они могли бы экспортировать АЭС.

В результате потенциальными рынками для экспорта японских АЭС стали Турция, Польша, Бангладеш, Пакистан и Аргентина, страны, которые стремятся сократить выбросы углекислого газа и повысить свою энергетическую безопасность. Однако указанные планы не осуществились. За последние три года все основные проекты ядерного экспорта Японии были приостановлены.

Неудавшиеся заказы на АЭС неоднократно имели место во Вьетнаме, Литве, Финляндии, ОАЭ и США. Toshiba Corp. после того, как оказалась на грани банкротства из-за четырех реакторов в США, заказ на которые получила ее дочерняя компания Westinghouse, в ноябре 2018 г. распустила свой филиал в Великобритании и вышла из ядерного проекта Moorside в Великобритании.

Не только финансовые и экономические вопросы лишают производителей возможности выходить на рынок ядерного экспорта. Например, проблемой Mitsubishi Heavy Industries Ltd. стали капиллярные трубки в парогенераторах на АЭС Сан-Онофре в США. Из-за коррозии лопнули трубки парогенератора, что в конечном итоге привело к решению о снятии АЭС с эксплуатации.

Следующим барьером для выхода на международные рынки стали политические вопросы. Например, на Тайване был построен четвертый ядерный реактор, для которого Hitachi и Toshiba поставили реакторную установку, а Mitsubishi Heavy Industries установила турбину. Но в этот период в стране изменилась политическая обстановка после массовых демонстраций граждан, в результате чего реактор не был запущен в работу. В 2021 г. Тайваньская энергетическая компания завершила вывоз в США неиспользованного ядерного топлива.

Последние события

Стоимость проекта Hitachi по строительству двух реакторов в Англси, Уэльс, реализация которого началась в 2012 г., выросла с первоначальной оценки в 2 трлн иен до 3 трлн иен. Hitachi отказалась далее участвовать в проекте.

Другой проект, осуществляемый Mitsubishi Heavy Industries Ltd. по строительству четырех реакторов в Турции, также был затруднен из-за увеличения стоимости, которая, выросла с первоначально оцененных 2,1 трлн иен до 5 трлн иен. Mitsubishi Heavy Industries Ltd отказалась далее участвовать в проекте.

Корпорация Toshiba вышла из зарубежного бизнеса в области ядерной энергетики после огромных убытков, понесенных ее дочерней компанией Westinghouse Electric Co. в проектах атомных электростанций в США.

Рассмотрим более подробно последние события в японских инжиниринговых компаниях атомной энергетики.

Компания Toshiba

К концу 2020 г. Корпорация отчиталась в том, что завершен выход из бизнеса инжиниринга и строительства атомных электростанций.

Нынешняя основная политика Toshiba заключается в устранении рисков, связанных с зарубежным ядерным энергетическим бизнесом, особенно рисков перерасхода средств, связанных со строительством в атомной энергетике (Toshiba Group в таких проектах, как строительство АЭС, выступает в качестве генерального подрядчика и несет риск затрат, связанных со строительством) [116].

Toshiba Corp. прекратила строительство атомных электростанций после понесенных миллиардов долларов убытков при попытке завершить давно откладывающиеся проекты в США.

Решение компании нанесло смертельный удар по ее амбициям стать крупным игроком в ядерном инжиниринге. Компания сделала агрессивную ставку на конструкцию реактора Westinghouse AP1000, которая должна была закрепить за собой новое поколение атомных электростанций, таких, какие было проще построить и поставить в срок. Но оказалось, что реактор AP1000 не так просто построить, как предполагалось, и тем не менее, согласно юридическим документам и интервью с людьми, участвовавшими в процессе строительства, Toshiba оставалась уверенной в перспективности установки и взяла на себя дополнительный финансовый риск.

По словам руководителя Toshiba, Westinghouse продолжит проектирование ядерных реакторов и, как ожидается, завершит строительные работы на двух американских ядерных объектах, которые все еще строятся в Джорджии и Южной Каролине по заказу коммунальных предприятий Southern Co. и Scana Corp., соответственно.

История банкротства одной из крупнейшей компании атомного инжиниринга

Toshiba в 2006 г. выиграла войну за приобретение Westinghouse. Аналитики в то время беспокоились, что цена была завышена. Но через пару лет ставка окупилась: Southern выбрала проект Westinghouse для первой новой атомной электростанции, которую планировалось построить в США за 30 лет, а в следующем месяце компания Scana также выбрала реактор

AP1000 для строительства в Южной Каролине. Правительство США одобрило проекты в начале 2012 г., и работа началась. В течение нескольких месяцев возникли юридические споры между Westinghouse, ее партнером по строительному консорциуму, Stone & Webster, и Southern (CB&I) по поводу того, кто, согласно заявкам, должен оплатить непредвиденные расходы, связанные с ужесточением стандартов безопасности после Фукусимы.

В марте 2015 г. CB&I подняла вопрос о возможной продаже Stone & Webster компании Toshiba. По мере того, как переговоры активизировались, Toshiba увязла в бухгалтерском скандале. В результате, в октябре 2015 г. Toshiba приобрела Stone & Webster за 229 млн долларов в виде отсроченных платежей и стала единственным гарантом по контракту на инжиниринг АЭС. Компания Scana согласилась перенести дату завершения строительства завода в Южной Каролине, но договорилась о сделке, по которой она заплатит Toshiba 505 млн долларов в обмен на переход на контракт с фиксированной ценой. Toshiba согласилась.

В судебных процессах с компанией Southern Westinghouse потеряла возможность «добиваться дальнейшего увеличения контрактной цены», из чего следовало что, если строительство АЭС не удастся завершить вовремя, Toshiba возьмет на себя существенные расходы. В результате, в 2017 г. Westinghouse начала процедуру банкротства.

В 2018 г. канадская Brookfield Business выкупает компанию у Toshiba за \$4,6 млрд. 12 октября 2022 г. Westinghouse продан Brookfield Renewable и Cameco за \$7,88 млрд.

Компания Hitachi

Hitachi, Ltd. продвигает цифровые инновации в пяти секторах – мобильность, умная жизнь, промышленность, энергетика и ИТ.

Hitachi Ltd. в сентябре 2020 г. объявила о досрочном прекращении деятельности по проекту АЭС в Великобритании («Проект Horizon»), который ранее был приостановлен 2019 г. Данное решение было принято в связи с экономической нерациональностью и ухудшением инвестиционной обстановки, в том числе из-за воздействия пандемии COVID-19 [113].

Проект Horizon – это проект по созданию АЭС, состоящих из двух блоков британского реактора ABWR в Уилфа Ньюидд в Англии, Северо-Западный Уэльс.

Hitachi планировала построить двухреакторную атомную станцию на острове Англии в Уэльсе через британскую ядерную энергетическую компанию, которую она купила в 2012 г. Компания намеревалась начать работу на станции в середине 2020-х гг. В плане говорилось, что из общей стоимости проекта в размере около 3 трлн иен (около 28,38 млрд долларов) британское правительство выделит 2 трлн иен (примерно 18,92 млрд долларов) в виде займов, в то

время как Hitachi, а также японское правительство и частный сектор, и их британские коллеги профинансируют в общей сложности 900 млрд иен (около или 8,51 млрд долларов). Однако из-за мер безопасности, а также роста строительных расходов, проект был заморожен.

Компания Mitsubishi Heavy Industries

Mitsubishi Heavy Industries Ltd в 2006 г. заключила соглашение о тесном сотрудничестве с компанией Electricite de France Group («AREVA») для разработки конструкций реакторных установок [115].

Консорциум работал над проектом, который был согласован правительствами Японии и Турции в 2013 году. Консорциум во главе с Mitsubishi Heavy Industries до марта 2020 г. проводил технико-экономическое обоснование строительства завода мощностью 4500 мегаватт в провинции Синоп в черноморском регионе Турции. Первоначально планировалось, что 30% стоимости проекта будет покрываться консорциумом, а 70% – займами Японского банка международного сотрудничества и других кредиторов.

Затраты на строительство отложенного проекта выросли примерно до 5 трлн иен (44 млрд долларов), что почти вдвое превышало первоначальную оценку. Повышение стоимости произошло из-за ужесточения требований безопасности после аварии на японской АЭС «Фукусима» в 2011 г., а также падение турецкой лиры способствовало увеличению затрат. В следствии чего, Mitsubishi Heavy Industries Ltd отказалась далее участвовать в проекте.

Компания Westinghouse Electric Company LLC

Westinghouse Electric Company LLC – американская ядерная энергетическая компания, образованная в 1999 г. из подразделения ядерной энергетики первоначальной Westinghouse Electric Corporation. Компания предлагает продукцию и услуги на международном уровне в области ядерной энергетики, в том числе ядерного топлива, технического обслуживания и ремонта, приборов, контроля и проектирования от атомных электростанций. Компания объявила себя банкротом в 2017 г. [117].

В апреле 2021 г. было объявлено об очередной перепродаже инжинирингового уже бывшего гиганта Westinghouse Electric Co. 12 октября 2022 г. Westinghouse продан Brookfield Renewable и Cameco за \$7,88 млрд.

Ранее в 2018 г. Brookfield Business согласилась купить Westinghouse у Toshiba за 4,6 млрд долларов после того, как Westinghouse объявила о банкротстве в марте 2017 г. Это последовало за длительными задержками и перерасходом средств на атомных станциях Vogtle и Summer в

США, для которых компания поставляла реакторную технологию AP1000. Westinghouse несколько раз переходил из рук в руки с тех пор, как был основан Джорджем Вестингаузом в Питтсбурге в 1886 г., изменив свое название на Westinghouse Electric Corporation в 1945 г. В 2006 г. BNFL продала Westinghouse компании Toshiba.

Как два передовых американских ядерных проекта обанкротили инжинирингового гиганта и лидера на мировом рынке атомной энергетики

В 2012 г. строительство атомной электростанции в Джорджии застопорилось на восемь месяцев, поскольку инженеры ждали правильных подписей и документов, необходимых для отправки части станции с завода, расположенного за сотни миль.

Проекты с самого начала терпели неудачи. В одном случае, чтобы подготовить завод в Джорджии к строительству, Westinghouse и его партнер по строительству в 2009 г. начали рыть фундамент, удалив 3,6 млн кубических ярдов земли. Но половина засыпки – материала, используемого для заполнения выкопанной территории – не получила одобрения регулирующих органов, что привело к задержке реализации проекта как минимум на шесть месяцев.

Источником самых больших задержек являлась инновационная конструкция реактора AP1000 и проблемы, созданные непроверенным подходом к производству и строительству реакторов. В отличие от предыдущих ядерных реакторов, AP1000 должен был быть построен из сборных частей.

Согласно отчетам NRC, в течение следующих четырех лет регулирующие и внутренние инспекции в Lake Charles выявят множество проблем, связанных с попытками построить модульные детали, соответствующие новой конструкции Westinghouse.

Когда подмодуль упал и повредился, менеджеры Shaw приказали сотрудникам скрыть инцидент; компоненты были неправильно промаркированы; необходимые тесты не выполнялись; и размеры некоторых деталей были неправильными. NRC подробно описал каждое из них в публичных уведомлениях о нарушениях. Потом были инциденты с пропавшими и неразборчивыми документами.

Далее, блок стоимостью 2,2 млн фунтов был установлен с опозданием более чем на два года.

К 2016 г. Westinghouse начала осознавать масштабы своей дилеммы, согласно документу, поданному в суд о банкротстве: завершение двух проектов, потребовало бы, чтобы Westinghouse потратил миллиарды долларов на сотрудников, отказ от оплаты означал бы миллиарды штрафов. Westinghouse решил, что не может позволить себе ни один из вариантов.

На данный момент компания продолжает активно заниматься поставками ядерного топлива, услугами в сфере обслуживания АЭС, но не реализует проектирование и инжиниринг АЭС.

Компания КЕРСО

Общая характеристика

Корейская электроэнергетическая корпорация (КЕРСО) является государственной корпорацией. КЕРСО занимается производством, передачей, преобразованием и распределением электроэнергии; а также маркетингом, исследованиями, технологическим развитием, зарубежным бизнесом, инвестициями, корпоративной социальной ответственностью [114].

КЕРСО владеет 100% акций шести компаний атомной и тепловой генерации. Эти генерирующие компании и другие аффилированные лица, связанные с проектированием, обслуживанием и поставкой ядерного топлива, образуют группу КЕРСО. Компании группы КЕРСО совместно работают над экономическими закупками топлива для выработки электроэнергии, исследованиями и разработками, и реагированием на изменение климата, чтобы обеспечить стабильные поставки электроэнергии и расширение возможностей всех компаний группы КЕРСО.

Деятельность компании организована в бизнес-направления:

- Electric power generation (Nuclear) – Эксплуатация и инжиниринг в области атомной электроэнергии;
- Electric power generation (Non-nuclear) – Эксплуатация и инжиниринг в области неатомной электроэнергии;
- Transmission and distribution – Передача и распространение электроэнергии;
- Plant maintenance & engineering service – Техническое обслуживание и инженерные услуги;
- Others – Другие.

Деятельность бизнес-направлений

В соответствии с темой исследования, более подробно рассмотрим сектор корпорации, занимающийся инжинирингом в атомной отрасли.

КЕРСО Engineering & Construction Company, Inc.

Бизнес-направление Electric power generation (Nuclear)

КЕРСО E&C обладает технологиями проектирования атомных электростанций, которые удовлетворяют разнообразные потребности клиентов. Корпорация предлагает и работает над следующими проектами:

- OPR1000 – это стандартная корейская атомная электростанция, разработанная KEPCO E&C в рамках плана по достижению независимости и стандартизации технологии проектирования атомных электростанций. В общей сложности 12 блоков OPR1000, реактора с водой под давлением класса 1000 МВт, были спроектированы с учетом уникальных возможностей KEPCO E&C и обладают характеристиками мирового класса с точки зрения скорости работы и безопасности;
- APR1400 – это атомная электростанция нового поколения мощностью 1400 МВт, первая зарубежная экспансия корейских ядерных технологий. 4 блока строятся в Объединенных Арабских Эмиратах, 2 блока находятся в эксплуатации в Корее и 4 блока находятся в стадии строительства.

KEPCO E&C находится в процессе строительства малой и средней интеллектуальной атомной электростанции класса 100 МВт в Саудовской Аравии и может похвастаться высочайшим уровнем конкурентоспособности на зарубежном рынке в рамках подготовки к глобальному спросу на малые и средние атомные электростанции.

Кроме того, компания экспортировала технологии проектирования исследовательских атомных электростанций в Грецию и Иорданию. Планирует разработать APR + класса мощностью 1500 МВт, который удвоит безопасность и экономичность, а также обеспечит безопасность исходных технологий для базовой технологии.

Кроме того, корпорация стремится разработать атомные электростанции третьего поколения, такие как ядерные и термоядерные реакторы, высокоскоростные реакторы с натриевым теплоносителем и газовые реакторы сверхвысоких температур, производящие водород.

Бизнес KEPCO E&C, связанный с проектированием атомных электростанций, можно разделить на комплексное проектирование и проектирование установок ядерных реакторов.

Комплексное проектирование

9 апреля 1987 г. KEPCO E&C приняла участие в «Комплексном проектировании энергоблоков 3 и 4 станции Hanbit (OPR1000)», положив начало эре первого в Корее подрядчика генерального проектирования атомных электростанций. За последние 40 лет KEPCO E&C создала технологическую базу для проектирования атомных электростанций, обеспечила необходимую техническую базу и систематически организовала проектирование установок, закупку, строительство, ввод в эксплуатацию и т.д. Компания постоянно совершенствует возможности комплексного проектирования атомных электростанций, включая улучшение общих возможностей управления проектами, таких как управление процессами и управление данными.

Кроме того, KEPCO E&C заботится об укреплении своих позиций в качестве конкурентоспособной компании, занимающейся проектированием атомных электростанций на мировом рынке.

В табл. 1.1 приведены основные экономические показатели деятельности инжиниринговой компании KPCO E&C.

Таблица 1.1. Экономические показатели деятельности компании

Показатели	2019 год	2018 год
Выручка, млн евро	340,96	333,95
ЕБИТДА, млн евро	38,74	48,86
Чистая прибыль, млн евро	20,33	9,96
Чистые активы, млн евро	338,83	307,64
Совокупные активы, млн евро	558,76	594,04
Рентабельность активов, %	6	3,2
Рентабельность продаж по валовой прибыли, %	27,7	31,5
TRIndex, тыс. евро / чел	140	137,6

Источник: составлено автором на основании годового отчета KPCO E&C [114]

Экспорт Корейской АЭС в ОАЭ

Корея пополнила ряды ядерных экспортеров по всему миру в 2009 г., начав свой первый международный проект по строительству четырех энергоблоков атомных электростанций в ОАЭ. В настоящее время проект «Бараках» – единственный в мире проект, в котором одновременно сооружаются сразу четыре блока АЭС. Из четырех блоков первый завершил загрузку топлива в марте 2020 года и находится на последних этапах ввода в эксплуатацию.

Мировое признание APR1400

APR1400 – ведущая экспортная модель атомной электростанции Кореи. Безопасность и технологическое мастерство корейского реактора были признаны как в Европе, так и в Соединенных Штатах благодаря получению сертификатов проектирования, как о выполнение Европейских энергетических требований (EUR) в октябре 2017 г., так и Комиссии по ядерному регулированию США (NRC) в августе 2019 г. Ни один другой реактор не был ранее сертифицирован как EUR, так и USNRC. Первая технология APR1400 была внедрена на энергоблоках 3 и 4 Шин-Кори, которые были завершены в декабре 2016 г. (блок 3) и в августе 2019 г. (блок 4). Кроме того, блок №1 Шин-Ханул в 2022 г. введен в эксплуатацию, блок №2 планируется запустить в 2023 г. а строительство блоков 5 и 6 Шин-Кори планируется завершить в 2023 и 2024 гг. соответственно. В ОАЭ, где KPCO строит свою первую атомную электростанцию на Ближнем Востоке, имеет четыре одинаковых модели АЭС APR1400.

Социальная политика компании

Стратегия продвижения социального вклада

KPCO E&C систематизировала инициативы по социальному вкладу, основанные на корпоративной философии и видении, чтобы систематически продвигать деятельность по соци-

альному вкладу, которая отражает политику правительства и потребности местного сообщества.

Социальная деятельность с использованием самого высокого уровня технологий:

- специализированные лекции по 12 областям ядерной и тепловой энергетики, экскурсии на атомные электростанции и стипендии предоставляются студентам в области науки и техники;
- финансирование, постоянное продвижение местных проектов по развитию и открытию талантов, тесное сотрудничество промышленности с местными университетами.

Активная социальная поддержка регионального развития

- Развитие и поддержка отношений с местными социальными учреждениями.

Установление партнерских отношений с внешними организациями

- Компания стремится к достижению практических результатов социального вклада путем создания совместных проектов с внешними специализированными организациями.

О волонтерском корпусе True Love

В августе 2005 г. КЕРСО E&C официально учредила и управляет Добровольческим корпусом «Настоящая любовь» КЕРСО E&C под девизом «Технологии для клиентов, обмен опытом и любовь с соседями». Он состоит из четырех волонтерских групп для налаживания партнерских отношений с детскими домами, домами престарелых и детскими учреждениями для проведения различных волонтерских мероприятий.

Имеется *операционный фонд Chamsarang Volunteer Group*, который составляется с помощью метода сопоставимых грантов, при котором сотрудники добровольно жертвуют определенную сумму своей зарплаты каждый месяц, а компания жертвует вдвое больше. В настоящее время уровень участия сотрудников составляет 88%.

Экологическая политика компании

КЕРСО E&C реализует видение «Мировой ведущий партнер по энергетическим решениям» и управленческую политику «Инновационный рост в качестве глобальной компании», основанную на корпоративной философии «Гуманизм», которая способствует продвижению человеческого счастья. С этой целью компания придерживается политики в области безопасности, здоровья и охраны окружающей среды.

КЕРСО E&C продвигает следующие принципы для реализации политики в области безопасности, здоровья и охраны окружающей среды.

- соблюдение законодательства и требований клиентов;
- ориентированное на безопасность выполнение приоритетов качества и безопасности во всех сферах деятельности;

- полное понимание интегрированной системы менеджмента, доскональное соблюдение и внедрение;
- добровольное участие и активные профилактические мероприятия для постоянного улучшения и повышения производительности;
- измерение производительности и достижение цели для достижения нулевого уровня дефектов в продуктах и услугах и повышения удовлетворенности клиентов.

KEPCO E&C развивается как компания, которая возглавляет энергетическую отрасль и преследует социальные ценности и человеческое процветание на основе передовой организационной культуры в области безопасности и охраны труда.

Компания KEPCO E&C создала и внедрила систему управления в соответствии со стандартами ISO 14001 и ISO 45001 и была сертифицирована Корейской ассоциацией стандартов (KSA), международным органом по сертификации, для гражданского строительства, строительства, жилищного строительства, электроэнергетики и заводов, и используются для управления проектами, проектирования, строительства и технического обслуживания закупок.

Инновационная деятельность

Политика в сфере инноваций

- Повышение популярности уникального бизнеса за счет увеличения инвестиций в технологии безопасности и чистую энергию:
 - создание и распространение культуры безопасности, которая ставит на первое место жизни людей, а также безопасность конструкции и технологий электростанций;
 - самодостаточность технологии последующего управления за счет усиления и скорейшего расширения внутреннего рынка вывода из эксплуатации АЭС;
 - расширение инвестиций в экологически чистые и возобновляемые источники энергии и развитие технологий для распространения социальной ценности.
- Повышение экономической жизнеспособности и создание рабочих мест за счет укрепления сотрудничества с заинтересованными сторонами
 - участие в совместных проектах «Создавайте рабочие места и продвигайте совместные проекты» с местными органами власти, учреждениями и университетами;
 - повышение качества работы и финансовой ликвидности компаний-партнеров.
- Поддерживать частный инновационный рост путем создания новых предприятий, основанных на инновационных технологиях:
 - создавать частный спрос за счет использования передовых инновационных проектов, таких как разработка технологий, для реализации цифровизации атомных электростанций;

- создание инновационного спроса за счет разработки инновационных технологий и коммерциализации демонстрационных технологий.
- Расширить участие внешних заинтересованных сторон через различные каналы участия и коммуникации:
 - конкурс идей, предложение сайта, встреча деловых партнеров, комитет по инновациям с участием граждан и другое;
 - выявление инновационных задач путем сбора мнений заинтересованных сторон.

Проект «Возрождение атомной энергетики»

Национальный конкурс инновационных идей и стартапов. Повышение жизнеспособности атомной отрасли и создание рабочих мест на территориях рядом с атомными электростанциями. Создание сети сотрудничества с крупными государственными учреждениями в области ядерной энергетики и Центром креативной экономики и инноваций.

Результаты:

- укрепление местного потенциала стартапов и обеспечение симпатии общественности за счет сотрудничества с крупными ядерными энергетическими организациями;
- укрепление промышленной экосистемы и оживление местной экономики, благодаря поддержке стартапов крупных компаний в области ядерной энергетики.

В табл. 1.2 приведены основные инновационные показатели деятельности инжиниринговой компании КЕРСО E&C

Таблица 1.2. Инновационные показатели деятельности компании

Показатели	2019 год	2018 год
Затраты на НИОКР	32,32	36,51
Процент от выручки, %	9,5	10,9

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [114]

Компания China General Nuclear Power Corporation (CGN)

Общая характеристика

Крупнейшая китайская компания, работающая в сфере атомной энергетики. China General Nuclear Power Corporation (CGN) основана в 1994 г.

Сфера деятельности Компании и ее дочерних предприятий включает: организацию и реализацию строительства и управление инженерными проектами АЭС; организацию эксплуатации, ремонта и сопутствующих услуг для АЭС; утилизацию ядерных отходов; организацию конструкторских разработок и научных исследований для АЭС; производство и поставку элек-

тричества и тепла, вырабатываемых за счет ядерной энергии, предоставление соответствующих профессиональных технических услуг; и участие в связанных инвестиционных, импортных и экспортных видах бизнеса [110].

Опыт работы в НИОКР и эксплуатации объектов атомной энергетики более 30 лет. Штат сотрудников – более 18000 сотрудников по всему миру.

CGN является крупнейшей инжиниринговой компанией по строительству атомных станций в мире.

Стратегии компании:

- поддерживать и улучшать уровни управления безопасностью на основе принципа «Безопасность превыше всего, качество превыше всего, постоянное стремление к совершенству»;
- укреплять лидирующие позиции на внутреннем рынке и продолжать международную экспансию на рынке атомной энергетики;
- продолжать контролировать затраты и повышать прибыльность.

Деятельность компании организована в следующих бизнес-направлениях:

- **Nuclear power business operation, sales of electricity and related technical services segment** – Бизнес-операции по работе с атомной энергией, продажа электроэнергии и сопутствующие технические услуги;
- **Engineering, construction and related technical services segment** – Инжиниринг, строительство и сопутствующие технические услуги.

Деятельность бизнес-направлений

В соответствии с темой исследования более подробно рассмотрим сектор корпорации, занимающийся инжинирингом и строительством в атомной отрасли.

Бизнес-направление **Engineering, construction and related technical services segment**.

CGN обеспечивает безопасную работу на действующих атомных электростанциях. По результатам анализа Всемирной ассоциации ядерных операторов шесть энергоблоков АЭС Дайя-Бэй и новые энергоблоки, введенные в эксплуатацию в последние годы, показали хорошие результаты в сфере безопасности.

В табл.1.3 приведены основные экономические показатели деятельности инжиниринговой компании.

Таблица 1.3. Экономические показатели бизнес-направления компании

Показатели	2019 год	2018 год
Выручка, млн евро	2104,7	1999,5
ЕБИТДА, млн евро	100,7	46,2

Окончание табл. 1.3

Чистая прибыль, млн евро	67	17,9
Активы, млн евро	3311,5	2884,8
Рентабельность активов, %	2	0,6
Рентабельность продаж по валовой прибыли, %	3,2	0,9
TPIndex, тыс. евро / чел	238,5	226

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [110]

По показателям шесть энергоблоков АЭС Дайя-Бэй 65,3% достигли высшего в мире уровня (верхний дециль), а 71,9% из восьми введенных в эксплуатацию энергоблоков достигли передового в мире уровня (верхний квартиль).

Технология АЭС поколения III с запатентованной интеллектуальной собственностью стала предпочтительной реакторной технологией на мировом рынке и позволила следовать стратегии «выхода на глобальный уровень» ядерной энергетики Китая.

Проекты CGN

HPR1000 – одна из самых популярных моделей реакторной установки третьего поколения. Реакторная установка была разработана в результате совместных исследований и разработок CGN и Китайской национальной ядерной корпорации (CNNC) и основана на опыте и передовых технологиях, накопленных за 30 лет проектирования, строительства и эксплуатации атомных электростанций.

Преимущества. Реакторная установка обладает полными правами интеллектуальной собственности. Данный проект находится на высочайшем международном уровне с точки зрения технологической безопасности и имеет экономическое преимущество по сравнению с другими реакторами и предыдущими поколениями АЭС с эталонной стоимостью строительства менее 2500 долларов за киловатт.

Реактор имеет конкурентное преимущество в производственной цепочке. Благодаря развитым внутренним системам производства оборудования и мощным мощностям, преимущество в «выходе на мировой рынок» или выходе на международные рынки было получено за счет формирования цепочки поставок. Ожидается, что ежегодно будет строиться от 10 до 12 новых блоков, на каждом из которых будет создано более 20 000 рабочих мест.

Малый модульный реактор. ACPR50S: морской малый модульный реактор.

Серия малых реакторов ACPR, включая морские ACPR50S и береговые ACPR100, представляют собой многоцелевые небольшие модульные реакторы с полными правами интеллектуальной собственности (согласно МАГАТЭ, любой реактор мощностью менее 300 МВт является малым модульным реактором).

ACPR50S, реакторная установка, разработанная для морской среды в качестве плавучей атомной электростанции, будет использоваться для обеспечения стабильных, экономичных и экологически чистых ресурсов, таких как электричество, тепло и пресная вода, для разработки нефтяных месторождений Китая в Бохайском море, а также для добычи нефти и газа в глубоководных районах, разработки газа в Южно-Китайском море. Кроме того, такой реактор актуально использовать на островах, где он может обеспечить жителей энергией и пресной водой из океана.

В конце 2015 г. Национальная комиссия по развитию и реформе одобрила ACPR50S для включения в 13-й пятилетний план в рамках программы разработки экспериментальных реакторов.

ACPR100. CGN работает над ACPR100, который можно использовать в крупных промышленных парках и отдаленных горных районах.

Преимущества. Опытная технология: компактная конструкция реактора в сочетании с технологиями, имеющими опыт эксплуатации в морской инженерии. Высокий уровень безопасности: сочетание активных и пассивных систем безопасности, использующее преимущества охлаждения и защиты морской водой. Экономичный и практичный: он использует схему дозаправки с длительным циклом, чтобы быть более конкурентоспособным, чем традиционная морская энергия. Его можно использовать в качестве комплексной станции подпитки энергией для удовлетворения спроса на энергию, включая электричество, тепло, воду и пар в условиях морской среды.

Система управления компании

С тех пор как АЭС Дайя-Бей начала коммерческую эксплуатацию, количество действующих и строящихся атомных энергоблоков, под управлением корпорации, увеличилось до 31, а количество атомных электростанций увеличилось с 1 до нескольких в разных провинциях. Масштабы управления и сложность управления корпорацией возросли.

Для поддержания безопасной и стабильной работы всех действующих энергоблоков, обеспечения успешных запусков строящихся энергоблоков и достижения хороших эксплуатационных показателей на всех предприятиях, компания внедрила управление CSS на всех своих предприятиях:

- Стандартизация:
 - стандартизированная организация строительства;
 - стандартизированная система менеджмента;
 - стандартизированные операционные процедуры.

- Централизация:
 - централизованное распределение ресурсов;
 - централизованная техническая поддержка;
 - централизованный обмен информацией.

- Специализация:
 - специализированные рабочие;
 - специализированные команды экспертов;
 - создание специализированных возможностей.

Для осуществления специализации CGN владеет специализированными компаниями такими, как CN Operations, CN PRI, SPRI и CGN Инжиниринг, которые предлагают услуги для АЭС в области технической сопровождения, управления оборудованием, управления запасными частями, а также проектирования и строительства АЭС.

Управление безопасностью

Ядерная безопасность – это основа деятельности компаний атомной энергетики. Принципы безопасности отражены на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации АЭС. Корпорация стремится к построению культуры безопасности с непосредственным участием всех сотрудников. CGN создала систему управления безопасностью АЭС с принципом глубокоэшелонированной защиты, налажена прозрачная и эффективная обратная связь. Проведен полностью независимый надзор и оценка безопасности АЭС, который подтвердил аварийное реагирование и работу систем безопасности, которые обеспечат безопасную, экономичную и надежную работу АЭС и безопасность общества и населения.

Инновационная деятельность

Сильная техническая база и технические возможности НИОКР – одни из основных ресурсов для успешного устойчивого развития. Компания фокусируется на технических исследованиях и разработках, которые повышают эффективность и конкурентоспособность ее бизнеса.

Корпорация создала единый национальный центр инженерии и технологий, ряд крупных лабораторий, 5 центров для проведения НИОКР. Создание независимой платформы НИОКР сокращает цикл перехода теоретических достижений науки в технику, повышает сопоставимость и инженерный уровень имеющихся достижений науки и техники, ускоряет реформирование технологий производства, способствует обновлению технологий.

По состоянию на конец 2020 г. в организации было более 4800 сотрудников, занимающихся исследованиями и разработками.

В 2020 г. количество поданных патентов достигло 1207, из которых 789 были зарегистрированы. В табл. 1.4 приведены основные инновационные показатели деятельности инжиниринговой компании.

Таблица 1.4. Показатели инновационной деятельности компании

Показатели	2020 год	2019 год
Количество зарегистрированных патентов, шт	789	744
Количество заявок на регистрацию патента, шт	1207	1110
Расходы на инновационные разработки, млн евро	193,5	186,9
Процент от выручки, выделяемый на инновационное развитие, %	2,2	2,4

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [110]

Компания уделяет большое внимание техническим усовершенствованиям и инновациям, которые могут улучшить эксплуатационные характеристики и показатели безопасности АЭС, а также CGN активно занимается вопросом приобретения прав интеллектуальной собственности в ходе технических исследований и разработок, с целью повышения своей конкурентоспособности.

Экологическая политика

Компания придает большое значение гармонии ядерной энергетики и окружающей среды, и всегда придерживается ответственного отношения к окружающей среде.

Радиоактивными отходами АЭС являются газообразные, жидкие и твердые отходы при производстве электроэнергии, среди которых имеются отходы радиоактивные, требующие надлежащего обращения и безопасного захоронения для защиты населения и среда. Во всех странах существуют строгие правила и требования в отношении утилизации радиоактивных отходов АЭС, осуществляется жесткий контроль за выбросами в окружающую среду.

Отходы АЭС высокого уровня радиоактивности – это в основном отработанное топливо, которое представляет собой отработанную тепловыделяющую сборку, извлеченную из реактора. Такое отработанное топливо подлежит переработке. «Обращение с радиоактивными отходами» относится отходам низкого и среднего уровня активности.

В табл. 1.5 приведены основные экологические показатели деятельности инжиниринговой компании.

Таблица 1.5. Экологические показатели деятельности компании

Показатели	2020 год	2019 год
Сброшенные газовые радиоактивные отходы (инертные газы) в процентах от национальных стандартов	0,24	0,27
Сброшенные жидкие радиоактивные отходы (радионуклиды, кроме трития) в процентах от национальных стандартов	0,42	0,43

Твердые радиоактивные отходы (м ³)	230,3	244,8
--	-------	-------

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [110]

В корпорации создан комплексный механизм обращения с радиоактивными отходами, который интегрирован в полный производственный и эксплуатационный цикл АЭС. Главными принципами экологической политики корпорации являются принципы «минимизации отходов» и «оптимизации радиоактивной защиты» при обращении с ядерными отходами, строго соблюдая национальные законы, нормативные акты и стандарты. CGN успешно внедрила управление радиоактивными отходами и реализовала процесс в соответствии с самыми высокими стандартами. В результате, полученные выбросы намного ниже нормы выбросов, разрешенной государством.

Социальная политика компании

Команда компетентных и опытных сотрудников – самый ценный ресурс компании. CGN уделяет особое внимание сохранению человеческого капитала, постоянно совершенствует систему развития и управления человеческими ресурсами, тем самым формируя талантливые команды сотрудников, менеджеров и технических специалистов. По состоянию на конец 2020 г. в компании было 18 264 сотрудника.

Система обучения персонала

Компания заключила соглашения о сотрудничестве в области обучения персонала с рядом вузов Китая, в соответствии с которыми студенты атомных специальностей проходят специальные, профильные курсы. Операторы и старшие операторы ЯЭУ, технические советники по безопасности, начальники смен и др. согласно требованиям Положения Китайской Народной Республики о надзоре за безопасностью гражданской ядерной энергетики и управлении ею, должны иметь лицензии и высший уровень квалификации, которые контролируется и лицензируется национальным регулирующим органом. Кроме того, они должны иметь глубокое понимание правил ядерной безопасности, стандартов проектирования АЭС, анализа методов ядерной безопасности и множество других аспектов.

Созданы учебные центры для множества специальностей, в частности, учебный центр по эксплуатации ядерного топлива, центр сертификации операторов ЯЭУ, имитирующие реальные ситуации на АЭС. В табл. 1.6 приведены основные социальные показатели деятельности инжиниринговой компании.

Таблица 1.6. Социальные показатели компании

Показатели	2020 год	2019 год
Сотрудники по эксплуатации и управлению, чел.	1,425	1,414
Сотрудники бизнес-функций, чел.	1,167	1,185
Персонал на месте эксплуатации и поддержки, чел.	1 974	1 952
Другие техники, чел.	13 698	13 832
Расходы на обучение сотрудников, млн евро	5	4,6

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [110]

Компания разрабатывает и совершенствует учебные программы на основе программ повышения квалификации. Курсы по обучению включают очные тренинги, онлайн-тренинги, очные и смешанные онлайн-тренинги, а также проведение соревнований по профессиональному мастерству персонала в различных отраслях. Постоянно совершенствуется формат соревнований, повышается конкуренция и уровень сложности. По состоянию на конец 2020 г. было создано 16000 курсов, включая очное обучение, онлайн-обучение, обучение по мобильному приложению и курсы в других формах, которые удовлетворяют потребности текущего этапа развития корпорации.

CGN высоко ценит обмен накопленным опытом. В компании создана система ключевых сотрудников, работающих в качестве инструкторов по совместительству. В настоящее время в штате имеется 209 инструкторов и 2600 инструкторов-заочников. CGN также требует, чтобы руководство участвовало в обучении подчиненных, чтобы делиться своими знаниями и опытом. В 2020 г. среднее количество часов обучения менеджменту составляло семь часов.

Компания China National Nuclear Corporation

Общая характеристика

Китайская национальная ядерная корпорация (CNNC) – крупная государственная компания, находящаяся под прямым управлением центрального правительства. CNNC успешно построила первую атомную электростанцию на материковой части Китая. China National Nuclear Corporation лидирующая компания национальной отрасли ядерных технологий и ведущий элемент национального стратегического развития ядерной энергетики [111].

Китайская национальная ядерная корпорация (CNNC) в основном занимается исследованиями и разработками, строительством, производством и эксплуатацией в областях ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, защиты окружающей среды и ядерной инженерии, а

также активно развивается в области международного сотрудничества, импорта и экспорта продукции.

В 2018 г. CNNC приобрела инжиниринговую компанию атомных электростанций China Nuclear Engineering & Construction Corp (CNECC)

Стратегии развития организации

Стратегия крупномасштабного развития – координация усилий по развитию бизнеса, управлению активами, маркетингу, развитию талантов и созданию стоимости, расширение возможностей, энергетической безопасности и формирование более масштабной и сильной компании.

Стратегия стандартизированного развития – продвижение стандартизации технических и управленческих должностей и процессов во всех бизнес- и функциональных областях, а также создание эффективной, гибкой и стандартизированной системы управления для увеличения прибыльности.

Стратегия интернационализованного развития – расширение глобального присутствия, содействие глобальным деловым операциям и создание всемирно признанной, влиятельной атомно-энергетической корпорации.

Деятельность компании организована в бизнес-направления

Компания состоит из восьми промышленных секторов, а именно: атомная промышленность, атомная электроэнергетика, ядерное топливо, природный уран, защита окружающей среды, применение ядерных технологий, неядерные гражданские продукты и новые источники энергии. Кроме того, были созданы шесть вспомогательных учреждений: общий технологический институт, общий экономический институт, университет ядерной промышленности, компания по атомной энергии, финансовая компания и центр общественной информации.

Деятельность бизнес-направлений

В соответствии с темой исследования, более подробно рассмотрим сектор корпорации, занимающийся инжинирингом и строительством в атомной энергетике.

Инженерия и строительство в атомной энергетике

CNNC сформировала полную производственную цепочку для строительства АЭС, которая включает в себя общие строительные работы, монтажные возможности, такие как земляные работы, бетонирование, стальная облицовка, подъемные работы, неразрушающий контроль и техническое обслуживание, а также размещение и логистика на площадке.

Компания CNNC экспортировала в Пакистан шесть атомных энергоблоков общей установленной мощностью 3,53 ГВт.

CNNC предоставляет и другие гражданские и промышленные услуги для нефтехимической промышленности, металлургии, строительных материалов, жилищного строительства и муниципальных проектов в более чем 30 странах.

Проекты

Проектами компании являются совместные разработки с China General Nuclear Power Corporation АЭС с реакторными установками HPR1000.

Реактор HPR1000 способствовал преобразованию и модернизации промышленных кластеров высокотехнологичного оборудования в Китае. Он сыграл главную роль в ускорении реализации китайской ядерной энергетической стратегии «выхода на мировой рынок» и в содействии международному производственному сотрудничеству. Ядерные разработки имеют большое стратегическое значение для укрепления ядерной промышленности Китая.

Значительный прогресс компаний достигла при исследованиях и разработках перспективных реакторов, таких как **реактор АСР100** – подземная атомная электростанция и плавучая атомная электростанция.

CNNC самостоятельно исследовала, разработала и запустила в эксплуатацию низкотемпературный нагревательный **реактор DHR-400** (по-китайски «Яньлун»). Демонстрационный проект непрерывно поставлял тепло в течение 168 часов, обеспечивая подачу тепла для городского отопления с нулевым выбросом вредных веществ.

CNNC и Университет Циньхуа совместно разработали АЭС с высокотемпературным газоохлаждаемым **реактором HTGR, первую в мире АЭС четвертого поколения**. Обладая присущей ей безопасностью, АЭС HTGR будет играть значительную роль в области нефтехимии, газификации и сжижения угля, сокращения производства стали, термохимического производства водорода и термической утилизации вязкой нефти.

CNNC самостоятельно спроектировала и изготовила китайскую **HL-2A** и обновленную версию, *экспериментальное устройство для термоядерного синтеза на международном передовом уровне*. Она занимается исследованиями, разработками и производством оборудования для основных компонентов проекта Международного экспериментального термоядерного реактора. Впервые CNNC успешно разработала вакуумные внутренние компоненты искусственного солнца, средство обнаружения утечки теплого гелия, которое стало важным ориентиром для стандартов испытаний на обнаружение утечки теплого гелия вакуумных внутренних компонентов в установках «Токамака».

В табл. 1.7 приведены основные экономические показатели деятельности инжиниринговой компании.

Таблица 1.7. Результаты деятельности бизнес-направления

Показатели	2019 год	2018 год
Выручка, млн евро	1280	1024
ЕБИТДА, млн евро	62	48,6
Чистая прибыль, млн евро	23,9	19,1
Валовая прибыль, млн евро	124,6	106,5
Совокупные активы, млн евро	2349	1879,8
Рентабельность активов, %	1,01	1,02
Рентабельность продаж по валовой прибыли, %	9,73	10,4
ТРIndex, тыс. евро / чел	246,5	214,5
Количество человек		5860

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [111]

Система управления

Компания постоянно совершенствует свою систему управления для планирования, составления бюджета и оценки, стремясь усилить роль руководства в развитии основных видов бизнеса и ключевых компетенций.

Например, организация начала внедрять как нисходящий, так и восходящий подходы к составлению бюджета. Счета должны рассчитываться ежемесячно, а в бюджет вносятся ежеквартальные корректировки. Для этого были установлены четыре целевых показателя прибыли, и общая сумма вознаграждения сотрудников была определена на основе этого целевого показателя. Производительность оценивалась ежемесячно и ежеквартально. Совещания по обзору проводились на регулярной основе. Для отслеживания эффективности проекта была введена система оценки статуса проекта в виде красного, желтого и зеленого цветов. Также были определены 10 основных рисков, влияющих на годовые бизнес-цели; усилен контроль за процессами; налажены реагирование на риски и динамический мониторинг, а также связали работу подразделений с работой всей компании.

CNNP постоянно совершенствует систему управления безопасностью, выполняет обязанности по управлению безопасностью, обеспечивает безопасность труда и безопасность эксплуатации объектов, а также выстраивает в организации философию безопасности на протяжении всего процесса создания продукции для всестороннего обеспечения безопасности атомной энергетики.

Инновационная деятельность

CNNC создала полноценную структуру развития ядерных технологий, которая включает 23 научно-исследовательских института ядерной энергетики, а также передовые установки для

экспериментальной работы. Создана полная система управления научно-технологическими инновациями.

Реализована программа технологических инноваций «Dragon Rising 2020», которая включает восемь демонстрационных проектов технических инноваций и 12 проектов значительного усовершенствования технологий.

Инновационное развитие. Стремясь к развитию, основанному на инновациях, CNNC активно способствовала развертыванию новых отраслей, продвигала разработки новых проектов и новых промышленных платформ, внедряла инновации и модернизацию технологических услуг.

Создание бренда технологических услуг. CNNC стремится к развитию ядерно-энергетических технологий и индустрии услуг Китая. Продолжает развивать собственные возможности и активно создает бренд технологических услуг с целью расширения влияния на рынок. За последнее время компания представила 63 новых продукта и установила стабильные партнерские отношения с институтами и ассоциациями в более чем 40 странах мира.

Экологическая политика компании

Система экологического менеджмента

CNNC осуществляет свою деятельность в соответствии с законом о защите окружающей среды Китайской Народной Республики Китай и других соответствующих законов, и постановлений. Компания оценивает воздействие на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла ядерно-энергетических проектов, включая выбор площадки, проектирование, строительство и эксплуатация, а также формирование отчетов по результатам оценки.

В корпорации создан Комитет по окружающей среде при Совете директоров и Регламент по безопасности, качеству и экологической отчетности.

Зеленое развитие. Как лидер зеленого развития, CNNC придает большое значение развитию ядерной энергетики и других видов экологически чистых технологий получения энергии, чтобы поддержать энергетический переход Китая на чистую энергетику и снижение загрязнения.

Зеленое строительство. Организация строго соблюдает стандарты строительства и соответствующие законы и постановления. Интегрируя передовые технологии и разработки, компания запустила проекты оптимизации и управления выбросами загрязняющих веществ. CNNC стремится контролировать образование загрязняющих веществ и снижать воздействие на окружающую среду на каждом этапе строительного процесса.

CNNC реализует *план действий по предотвращению и контролю загрязнения воды* и соответствующую политику. CNNC модернизировала все очистные сооружения на атомных элек-

тростанциях, осуществляет надзор за очисткой сточных вод канализационных станций, за бассейнами пресной воды и окружающей средой атомных электростанций для обеспечения соответствия стандартам состава сбрасываемых сточных вод и качества морской воды.

Снижение расхода топлива. Компания применяет передовые отечественные и зарубежные технологии для оптимизации топлива цикла. Реализует меры управления, которые могут эффективно продлить топливные циклы станций и повысить эффективность использования топлива.

Обращение с радиоактивными отходами. Корпорация постоянно совершенствует систему обращения с радиоактивными отходами, усиливает мониторинг и надзор за выбросами и стремится минимизировать образование радиоактивных отходов. CNNC активно проводит политику по сокращению отходов, изучению мер по минимизации радиоактивных отходов и оптимизации управления выбросами. За последние года уровень радиоактивных отходов всех построенных АЭС был ниже национальных годовых лимитов и уровней, установленных национальными стандартами.

Социальная политика

Защита прав и интересов сотрудников. Сотрудники – важный актив компании. Строго соблюдаются соответствующие законы и правила, обеспечивающие равенство при найме на работу, при получении компенсаций и льгот. На начало 2019 г. у CNNC было в общей сложности 12 687 сотрудников, в том числе 720 новых сотрудников, текучесть кадров составила 1,67%.

Равенство. CNNC строго соблюдает соответствующие законы Китая и международные конвенции, чтобы гарантировать равенство в сфере занятости, запрещает дискриминацию по полу, возрасту, этническому или культурному признаку, запрещает детский труд и принудительный труд, и предлагает равные возможности трудоустройства всем, кто мечтает и упорно трудится для своей мечты. В 2018 г. 3,81% сотрудников составляли представители национальных меньшинств, женщины составляли 0,3% руководителей среднего звена и выше, и 100% руководителей сотрудники подписали трудовой договор.

Демократия на рабочем месте. Регулярно проводятся собрания представителей сотрудников и партийные собрания, открыта специальная электронная почта, чтобы получать сообщения от сотрудников и своевременно решать сложившиеся проблемы. В 2019 г. все сотрудники присоединились к профсоюзу.

Гигиена труда. CNNC строго соблюдает Закон Китайской Народной Республики о предотвращении и контроле профессиональных заболеваний и других соответствующих законов и постановлений. Компания осуществляет ориентированный на людей подход по укреплению профессионального здоровья, уделяя приоритетное внимание профилактике и надзору.

Беспрепятственные пути развития. Открыты несколько каналов для карьерного роста: направление технических талантов, квалифицированных рабочих и управленческого персонала. Предлагаются разнообразные возможности карьерного роста на равной основе для всех сотрудников посредством командирования, перевода на другую работу, продвижения по службе и различных других средств.

Выращивание квалифицированных рабочих. Компания проводит конкурсы для квалифицированных рабочих из всех подразделений CNNC, чтобы выбрать выдающихся работников. Корпорация призывает электростанции проводить сертификацию навыков сотрудников.

Забота о нуждающихся сотрудниках. В компании расширена специальная помощь нуждающимся сотрудникам, пенсионерам и тем, кто попал в трудную жизненную ситуацию.

Компания CNNP:

- *Заботится о женской части сотрудников:*

- сформулированы правила отпуска по грудному вскармливанию, в которых учитываются потребности в медсёстрах;
- имеются комнаты отдыха только для женщин, где специальные устройства и материалы доступны для удовлетворения особых потребностей сотрудников-женщин;
- организовано мероприятия по празднованию Женского дня, чтобы поддержать женщин-работников.

- *Забота о пенсионерах:*

- компания раздает подарки пенсионерам по особым случаям, а также организуем семинары и другие культурные мероприятия для них;
- принято посещать больных и госпитализированных пенсионеров;
- открываются групповые аккаунты WeChat для пенсионеров, чтобы собирать информацию об их особых потребностях для осуществления своевременной помощи.

- *Помощь сотрудникам в трудной ситуации.* Посещение сотрудников, которые болеют или сталкиваются с другими трудностями, выделяются средства для оказания помощи.

Компания Framatome

Общая характеристика

Framatome – крупнейшая компания в области ядерной энергетики, известная своими инновационными решениями и технологиями на мировом рынке. Компания проектирует, обслуживает и устанавливает оборудование, топливо, контрольно-измерительные приборы и системы управления на атомных электростанциях [112].

Framatome (Areva NP с 2006 по 2018 гг.) – французская компания, занимающаяся проектированием атомных электростанций, поставкой оборудования для энергоблоков АЭС и предоставлением услуг по техническому обслуживанию реакторов. Framatome – дочерняя компания EDF Group с 2018 г.

Франко-американский производитель конструкций АЭС (Framatome) образовался в 1958 г., в 2001 г. он объединился с Cogema и CEA Industrie, которые сформировали корпорацию Areva. Бренд «Framatome» полностью исчез в 2006 г. в пользу инжинирингового сегмента «Areva NP» (Areva Nuclear Power).

Framatome оборудовала 25 электростанций с 68 ядерными реакторами, в том числе 59 станций во Франции. В 2018 г. Framatome строила четыре реактора на АЭС Фламанвилле (Франция), Тайшань (Китай) и Олкилуото (Финляндия).

Areva NP за 10 лет не смогла завершить блок АЭС в Финляндии, стоимость которого увеличилась более чем в два раза. За неисполнение обязательств по договору Areva пришлось выплатить заказчику крупную компенсацию (450 млн евро).

Дочерняя компания, занимающаяся проектированием и строительством АЭС, «Areva NP» претерпевает ряд изменений. 3 июня 2015 г. французское правительство объявляет о необходимости капитальной реструктуризации национальной атомной отрасли. Принято решение об объединении деятельности Areva NP по проектированию, управлению проектами и маркетингу новых реакторных установок с корпорацией EDF Group, крупнейшим оператором и поставщиком электроэнергии во Франции. В результате этого EDF Group стала обладателем контрольного пакета акций Areva NP. В январе 2018 г. «Areva NP» официально перешла под контроль EDF и поменяла название на «Framatome».

Деятельность инжиниринговой компании организована в следующих бизнес-направлениях:

- **Engineering and Design Authority** – Проектирование и управление проектами новых энергоблоков, повышение безопасности существующих реакторных установок;
- **Components** – Подразделение производит основное оборудование для реакторных установок с целью оснащения новых электростанций или замены единиц оборудования на существующих электростанциях;
- **Fuel** – Разработка, проектирование, лицензирование и изготовление тепловыделяющих сборок и сопутствующие услуги;
- **Installed Base** – Техническое обслуживание и инженерные услуги для существующих и строящихся энергоблоков;

- **Instrumentation & Control** – Подразделение контрольно-измерительной аппаратуры предоставляет своим клиентам услуги по автоматизации производства и контрольно-измерительных систем.

В табл.1.8 приведены основные экономические показатели деятельности инжиниринговой компании.

Таблица 1.8. Экономические показатели деятельности компании

Показатели	2019 год	2018 год	Изменения, %
Выручка, млн евро	3 377	3 313	64
ЕБИТДА, млн евро	527	465	62
Чистая прибыль, млн евро	230	240	-10
Активы, млн евро	5 934	5761	173
Рентабельность активов, %	3,9	4,2	-0,3
Рентабельность продаж по чистой прибыли, %	6,8	7,2	-0,4
TRIndex, тыс.евро / чел	241	236	5

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [112]

Проекты

Компания участвует в проектах строительства новых ядерных реакторов и предоставляет услуги по проектированию, закупке и поставке оборудования, а также услуги ввода в эксплуатацию. Обладая признанным опытом в управлении сложными проектами, компания обеспечивает соблюдение самых строгих стандартов безопасности и выполняет требования заказчиков на каждом этапе строительства.

Framatome принимает активное участие в строительстве 6 реакторов EPR по всему миру: в Финляндии (Olkiluoto 3), во Франции (Flamanville 3), в Китае (Taishan 1 и 2) и в Великобритании (Hinkley Point C, 2 реактора).

Flamanville 3

Flamanville 3 – первый в своем роде EPR во Франции: реактор поколения III+ и сотый реактор, заказанный у AREVA. Он является частью программы обновления французской атомной отрасли, создан с целью постепенного демонтажа старых реакторных установок.

Крупнейший промышленный проект в Северной Европе наряду с Olkiluoto 3 в Финляндии, Flamanville 3 объединяет под собой работу более 4000 человек из 55 разных стран.

Taishan 1 & 2

Строительство реакторов EPR Taishan 1 и 2 в китайской провинции Гуандун является важной вехой в истории Framatome. Это не только самый важный коммерческий контракт, подписанный французской ядерной промышленностью, но и самое крупное гражданское ядерное

соглашение в истории. Что подтверждает, что Framatome является одной из крупнейших на мировом рынке инжиниринговой компанией в области атомной энергетики.

Строительные работы начались в 2009 г., в них приняли участие более 1400 сотрудников Framatome.

Hinkley Point C / Client NNB

Благодаря проекту Hinkley Point C Framatome участвует в одном из крупнейших промышленных проектов грядущего десятилетия.

EDF Energy совместно с Framatome строит первую новую атомную электростанцию в Великобритании в Хинкли-Пойнт в Сомерсете. Два реактора EPR Hinkley Point C будут обеспечивать надежную электроэнергию с низким содержанием углерода, которая будет покрывать примерно 7% потребностей Великобритании в электроэнергии. Часть проекта по изготовлению топлива, добыче урана, его конверсии и обогащению будет выполнять AREVA.

Инновационная деятельность

Защита интеллектуальной собственности, разработок и ноу-хау неотъемлемый аспект деятельности крупной корпорации. Укрепление и расширение патентного портфолио является приоритетом Framatome, он направлен на разностороннее сотрудничество в области НИОКР, на развитие диверсификации деятельности Framatome, вносит вклад во внешний имидж компании. В 2019 г. EDF Group подала 61 патентную заявку.

Портфолио состоит из патентов, зарегистрированных программ для ЭВМ и полезных моделей. Патентное портфолио корпорации – 682 запатентованных инновации, 1933 зарегистрированных во Франции и за рубежом авторских свидетельства.

Экологическая политика

Такие проблемы, как изменение климата, заметное сокращение биоразнообразия и ограниченность ресурсов, свидетельствуют об актуальности и необходимости развития низкоуглеродной энергетики. Цель организации, в частности подразделений НИОКР, благодаря накопленному научному и техническому опыту, грамотно управлять своим воздействием на окружающую среду, уметь прогнозировать и реагировать на события в области изменения климата, изучать и анализировать изменения доступности ресурсов, в частности воды, в результате изменений климата; способствовать развитию позитивных взаимоотношений с местными заинтересованными сторонами.

В 2018 г. была запущена амбициозная исследовательская программа по разработке эффективных инструментов для оценки и контроля воздействия корпорации на биоразнообразие.

В 2019 г. прямые выбросы парниковых газов продолжили снижаться (на 7%). Снижение прямых выбросов в 2019 г. в основном связано с резким сокращением использования угля для производства электроэнергии и тепла внутри корпорации (на 60% меньше, чем в 2018 г.), при этом он частично замещается природным газом, который производит гораздо меньше выбросов (дополнительно 7%). Framatome осознает, что избавление от углеродных активов не является стратегическим ответом на глобальную климатическую чрезвычайную ситуацию, но при этом стремится закрыть все электростанции с высоким уровнем выбросов.

Социальная политика компании

Особое внимание уделяется непосредственно набору и отбору сотрудников. В компании работает 14000 тыс. человек.

Обучение персонала

В 2019 г. организация запустила курс «Стратегический энергетический бизнес» для 70 руководителей компании, в этом курсе особое внимание уделяется влиянию изменения климата на энергетику, а также различные технологии для получения безуглеродной энергии к 2050 г. 70 руководителей компании также завершили курс «Бизнес и устойчивое развитие», а все менеджеры – курс «Управление и устойчивое развитие».

В компании разработана система обучения персонала, которая включает себя темы, связанные с низкоуглеродным производством электроэнергии, безопасности объектов, энергоэффективности и интеграции возобновляемых и децентрализованных источников энергии в энергобалансе. Система обучения укрепляет навыки сотрудников в области управления экологическими рисками, обращает внимание на ответственность перед сотрудниками и поставщиками, а также перед другими заинтересованными лицами. Организация разработала обучающую программу «Диалог и региональное участие» для менеджеров и старших сотрудников, которая должна обогащать знания заинтересованных сторон, искать решения острых вопросов и проблем, а также призывать к диалогу с заинтересованными сторонами.

Доля женщин в руководящих органах

Был реализован ряд мероприятий по увеличению доли женщин в органах управления и в совете директоров компаний. Каждый член исполнительного комитета наставляет женщин-менеджеров или будущих женщин-менеджеров.

В компании более 27% женщин занимают 10% высших ответственных должностей, 31% женщин – в категории менеджеров и 25% женщин – в руководящих должностях. В корпорации сформирован проект, который призван устранить «стеклянный потолок» и позволить женщинам-менеджерам получить доступ к должностям в Исполнительных комитетах компаний. В соответствии с целями проекта к 2023 г. доля женщин, работающих в Исполнительных комитетах,

составит 28%, 28% женщин-руководителей и будущих руководителей к 2030 г. и, наконец, увеличение разнообразия в советах директоров корпорации и дочерних компаниях с достижением доли женщин-директоров до 40%.

Итак, в главе проведен анализ состояния крупнейших зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики, таких как Korea Electric Power Corporation (KEPCO), Westinghouse Electric Company LLC, China General Nuclear Power Corporation (CGN), China National Nuclear Corporation, Framatome, Toshiba Corp., Hitachi Ltd. и Mitsubishi Heavy Industries Ltd..

Далее перечислены ряд организаций и причины, по которым они не могут рассматриваться в роли лидирующих инжиниринговых компаний атомной энергетики:

- **Корпорация Toshiba Corp.**, отказалась от зарубежного бизнеса в области ядерной энергетики после огромных убытков, понесенных ее дочерней компанией Westinghouse Electric Co. в проектах атомных электростанций в США.
- **Westinghouse Electric Company LLC** объявила себя банкротом в 2017 г. В апреле 2021 г. канадской компанией Brookfield Business Partners было объявлено об очередной перепродаже инжинирингового уже бывшего гиганта Westinghouse Electric Co. На данный момент компания продолжает активно заниматься поставками ядерного топлива, услугами в сфере обслуживания АЭС, но не реализует проектирование и инжиниринг АЭС.
- **Mitsubishi Heavy Industries Ltd.** Проект, осуществляемый компанией по строительству четырех реакторов в Турции, был затруднен из-за увеличения стоимости, которая выросла с первоначально оцененных 2,1 трлн иен до 5 трлн иен. Mitsubishi Heavy Industries Ltd отказалась далее участвовать в проекте. Других крупных зарубежных инжиниринговых проектов строительства АЭС не имеет.
- **Hitachi Ltd.** Стоимость проекта по строительству двух реакторов в Англии, Уэльс, реализация которого началась в 2012 году, выросла с первоначальной оценки в 2 трлн иен до 3 трлн иен. Hitachi отказалась далее участвовать в проекте. Других крупных зарубежных инжиниринговых проектов строительства АЭС не имеет.

Компании, активно развивающиеся и являющиеся крупнейшими инжиниринговыми компаниями атомной энергетики на мировом рынке: Korea Electric Power Corporation (KEPCO), Framatome, China General Nuclear Power Corporation (CGN), China National Nuclear Corporation.

Сегменты данных корпораций, деятельность которых концентрируется на инжиниринге АЭС, являются прямыми конкурентами отечественному Инжиниринговому Дивизиону ГК «Росатом».

1.4 Анализ состояния отечественного Инжинирингового Дивизиона в области атомной энергетики на мировом рынке

Инжиниринговый Дивизион Госкорпорации «Росатом»

Общая характеристика

Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом» на отечественном и международном рынке предлагает услуги в области управления и реализации проектов строительства АЭС.

В 2019 г. произошла реорганизация Инжинирингового Дивизиона. Сейчас Инжиниринговый Дивизион состоит из управляющей компании, Объединенного проектного института и блока строительного-монтажных работ [84].

В соответствии со стратегической целью ГК «Росатом» сформулированно целевое видение на 2030 г.[46]. Согласно «Видению 2030» ГК «Росатом» к 2030 г. стремиться стать глобальным технологическим лидером в атомной энергетике. С этой целью Корпорации необходимо наращивать масштабы деятельности на мировых рынках, а также создавать и предлагать конкурентоспособную продукцию, которая позволит занять лидирующие позиции на международных рынках. А также зарубежное присутствие корпорации требуется расширить до 40%, не менее 50% выручки должно поступать от деятельности холдинга за границей.

Обязательными условиями достижения поставленных целей являются:

- исполнение заключенных контрактов в установленных параметрах;
- соблюдение сроков и стоимости строительства АЭС;
- минимизация негативного воздействия на окружающую среду.

На сегодняшний день ГК «Росатом» является мировым лидером в сфере строительства АЭС. «В стадии реализации находятся 24 блока в 9 странах – это свыше 70 % мирового рынка строительства АЭС». Однако стоит отметить быстрый рост и развитие корпораций атомной отрасли других стран, а, следовательно, высокую конкуренцию за подписание новых контрактов.

Однако в конце 2018 г. Головин Р.А., заместитель директора Департамента стратегического управления Госкорпорации «Росатом», заявил, что «текущее состояние инжинирингового бизнеса ставит под угрозу дальнейшее развитие «Росатома» на мировых энергетических рынках». Данное заявление связано с необходимостью повышения конкурентоспособности и эффективности развития Инжинирингового Дивизиона, включая задачи разработки новых реакторных технологий с обеспечением конкурентного уровня LCOE, конкурентоспособные предложения в сегменте атомных станций малой мощности (АСММ), оптимизацию проектных и

конструкторских решений, организационную оптимизацию работ по проекту, с целью снижения сроков сооружения.

В табл. 1.9 приведены основные экономические показатели деятельности Инжинирингового Дивизиона.

Таблица 1.9. Экономические показатели деятельности Дивизиона

Показатели	2019 год	2018 год
Выручка, млн евро	3170,1	2730,59
EBIDTA, млн евро	Нет данных	227,21
Чистая прибыль, млн евро	Нет данных	290,91
Валовая прибыль, млн евро	Нет данных	400,32
Чистые активы, млн евро	4342,5	851,1
TPIndex, тыс.евро / чел	119,1	142,3
Рентабельность активов, %	-	34
Рентабельность продаж по валовой прибыли, %	-	10,7

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [27]

Инновационная деятельность

Инновационная деятельность Дивизиона направлена на повышение конкурентоспособности и эффективности проектов АЭС, предлагаемых на отечественном и международных рынках. С этой целью ведутся разработки систем повышения надежности энергоблоков, способов сокращения расходов на сооружение, методов повышения экономичности АЭС.

Совместно с техническими университетами страны проводятся ряд НИОКР для усовершенствования реакторных установок ВВЭР.

Запущен проект по роботизации помещений АЭС, который направлен на исключение присутствия человека при обслуживании элементов энергоблока, что позволит сократить объемы помещений на 50%, а стоимость строительства энергоблока на 20%.

Организация уделяет отдельное внимание цифровизации деятельности. Использование цифровых технологий позволяют оптимизировать и увеличить эффективность организационных и бизнес-процессов.

Инжиниринговый Дивизион активно занимается управлением интеллектуальной собственностью, защищает свои ключевые продукты, разработки и технологии [16]. В корпорации организовано проведение трех собраний в год по теме управления интеллектуальной собственностью. В 2020 г. было подано 88 национальных и региональных заявок на изобретения более чем в 30 странах мира.

В табл. 1.10 приведены основные инновационные показатели деятельности Инжинирингового Дивизиона.

Таблица 1.10. Показатели инновационной деятельности Дивизиона

Показатели	2020 год	2019 год	2018 год
Количество зарегистрированных патентов, шт	88	120	112
Инвестиции в НИОКР, млн евро	-	-	1,35
Процент инвестиций от выручки, %	-	-	0,05

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [27]

Экологическая политика

Экологическая политика Дивизиона строится в соответствии принципу «ненанесения вреда», который подразумевает минимизацию рисков для здоровья людей, загрязнения и другого влияния на окружающую среду.

В соответствии с экологической политикой в организации осуществляется контроль экологической безопасности, выявление и анализ экологических проблем, реализация своевременных мероприятий по защите экологии, следовательно, обеспечивается в полной мере соблюдение природоохранного законодательства.

Инжиниринговый Дивизион в составе Госкорпорации участвует в реализации национального проекта «Экология». Корпорация участвует в рамках национального проекта в федеральных экологических проектах.

Инжиниринговый Дивизион при сооружении АЭС в России и за рубежом руководствуется законодательными требованиями стран присутствия по обеспечению экологической безопасности. Также экологические требования и негативное влияние на окружающую среду прописываются в обязательствах при подписании контракта.

В табл. 1.11 приведены основные экологические показатели деятельности Инжинирингового Дивизиона.

Таблица 1.11. Экологические показатели деятельности Дивизиона

Показатели	2019 год	2018 год
Водопользование, м ³	13 152 320	10 903 040
Выбросы CO ₂ (тонн)	7,55	8,62
Количество опасных отходов (тонн)	1602,2	28,78
Количество неопасных отходов (тонн)	12614,61	5546,53
Затраты на мероприятия по охране окружающей среды, млн евро	0,40	0,27

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [27]

Социальная политика компании

Социальная политика Инжинирингового Дивизиона разнообразна и активно развивается. В рамках социальной политики осуществляется обучение персонала и сотрудничество с области образования, уделяется большое внимание охране труда, осуществляется взаимодействие с вузами, с молодежью, поддержка ветеранов, проведение спортивных и культурно-массовых мероприятий, контроль за соблюдением прав человека.

В Инжиниринговом Дивизионе имеется социальный пакет, который включает в себя медицинское обслуживание, организацию питания, санаторно-курортное лечение, материальную помощь, наградную политику, помощь в приобретении жилья, поддержку пенсионеров и др.

С целью обучения и развития компетенций сотрудников в корпорации создан комплексный подход, который включает в себя отраслевые программы обучения и развития, различные курсы и вебинары, образовательную платформу «РЕКОРД Mobile». Платформа «РЕКОРД Mobile» позволила сотрудникам в любое удобное время и в любом месте проходить дистанционное обучение, благодаря чему процесс обучения не был остановлен во время пандемии COVID-19.

В организации подготовлены уникальные программы обучения руководителей проектов АЭС, руководителей подразделений и других руководителей.

В Дивизионе проводится множество мероприятий для молодежи, студентов соответствующих специальностей и даже школьников. Организованы производственные практики для студентов.

Инжиниринговый Дивизион соблюдает трудовое законодательство РФ и исключает дискриминацию по любому признаку, не связанного с деловыми качествами сотрудников.

В табл. 1.12 и 1.13 приведены основные социальные показатели деятельности Инжинирингового Дивизиона.

Таблица 1.12. Процентное соотношение сотрудников по гендерному признаку и данные по обучению персонала

Показатели	2019 год	2018 год
Количество сотрудников, чел.	26616	19 191
Женщины, чел.	7306	6936
Мужчины, чел.	19310	16618
Общая стоимость обучения, млн евро	3,82	2,65
Часы обучения на одного сотрудника (ч)	26,0	34,2
Стоимость обучения на человека, евро	143,5	138

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [27]

Таблица 1.13. Количество сотрудников по профессиональным категориям

Показатели	2019 год	2018 год
Руководители, чел.	2 399	2 310
Специалисты, чел.	11 531	10718
Квалифицированные рабочие, чел.	12 686	10 526

Источник: составлено автором на основании годового отчета компании [27]

Проекты

Россия лидирует по строительству новых атомных станций за рубежом. Инжиниринговый Дивизион Госкорпорация «Росатом» строит 34 новых реактора в зарубежных странах, а также 7 новых энергоблоков, строящихся в России.

Проекты в реализации

БАНГЛАДЕШ – подготовка к строительству первой в стране АЭС «Руппур».

Расположение: 160 км от Дакки на восточном берегу Ганга, район Пабна.

Характеристики проекта: строительство двух энергоблоков с реакторами ВВЭР общей мощностью 2 ГВт. подготовка к запуску в 2014 г. Ввод в эксплуатацию намечен на начало 2018 г. Помимо строительства и ввода в эксплуатацию АЭС, в России будут построены все необходимые объекты инфраструктуры. В 2013 г. в Дакке был открыт Информационный центр по атомной энергии, призванный привлечь внимание общественности к ядерному проекту.

БЕЛАРУСЬ – строительство Белорусской АЭС.

Местоположение: Островец, Беларусь.

Характеристики проекта: 2 энергоблока с реакторами ВВЭР-1200 (PWR); Суммарная мощность 2400 МВт. Строительство первого энергоблока началось 6 ноября 2013 г. Запуск АЭС был осуществлен в 2021 г. Для первой белорусской АЭС выбран проект АЭС-2006, поскольку он полностью соответствует требованиям МАГАТЭ.

КИТАЙ – строительство второй очереди Тяньваньской АЭС (энергоблоки 3 и 4).

Местоположение: Ляньюньган.

Характеристики проекта: в настоящее время строятся еще два энергоблока с реакторами ВВЭР-1000 общей мощностью 2100 МВт.

ФИНЛЯНДИЯ – строительство АЭС Ханхикиви-1.

Местоположение: Пюхёйоки, Северная Остроботния, Финляндия.

Характеристики проекта: В 2013 г. было подписано соглашение о сооружении ГК «Росатом» АЭС «Ханхикиви-1» с реактором ВВЭР-1200. В 2022 г. проектная компания Финляндии в одностороннем порядке расторгла контракт с ГК «Росатом» по строительству данной АЭС.

ВЕНГРИЯ – строительство второй очереди «Пакш II».

Местоположение: Пакш, область Тольна, Венгрия.

Характеристики проекта: в настоящее время построенная по советскому проекту АЭС «Пакш» эксплуатирует четыре энергоблока. В декабре 2014 г. Росатом и MVM (Венгрия) подписали контракт на строительство новых энергоблоков станции. В мае того же года Россия и Венгрия подписали соглашение о предоставлении кредита в размере 10 млрд евро для завершения строительства Пакша. Фаза II «Палс» планируется в виде двух энергоблоков (5-й и 6-й энергоблоки); они будут построены по проекту ВВЭР-1200 (базовый проект АЭС-2006). ООО «АТОМПРОЕКТ» является генеральным подрядчиком.

ВЬЕТНАМ – строительство 2 энергоблоков в Ниньтхуан 1.

Местоположение: провинция Ниньтхуан.

Характеристики проекта: в настоящее время строятся 2 энергоблока с реакторами ВВЭР-1000 (PWR) мощностью 1000 МВт. Ввод в эксплуатацию первого и второго энергоблоков запланирован на 2023 и 2024 гг. соответственно. Ведутся переговоры о совместном создании Центра ядерной науки и технологий.

Таким образом, Инжиниринговый Дивизион является крупнейшим игроком на мировом рынке строительства АЭС. На текущий момент отечественные инжиниринговые компании лидируют по количеству сооружаемых АЭС за рубежом и портфелю заказов на строительство энергоблоков.

Стоит отметить, что для Инжинирингового Дивизиона имеется острая необходимость повышения конкурентоспособности и эффективности развития, включающая в себя задачи разработки новых реакторных технологий с обеспечением конкурентного уровня LCOE, оптимизацию проектных и конструкторских решений, организационное совершенствование работ по проекту, с целью снижения сроков сооружения и повышения эффективности деятельности компании.

1.5. Проблемы инжиниринговых компаний атомной энергетики

В связи со стремительным развитием мировой энергетики следует уделить особое внимание проблемам и вызовам в атомной энергетике, в частности, проблемам инжиниринга в атомной энергетике [11].

С целью развития и повышения уровня эффективности отечественных инжиниринговых организаций, объединенных в Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», необходимо увеличение портфеля заказов за счет отечественного и международных рынков. В связи с ограниченными потребностями отечественного рынка, основное внимание отводится увеличению доли заказов на строительство АЭС на международных рынках.

Вызовы и проблемы, стоящие перед инжиниринговым Дивизионом ГК «Росатом» при осуществлении стратегической цели по достижению лидерства в сфере сооружения АЭС на мировом рынке:

- 1) высокая конкуренция на зарубежных рынках создания АЭС;
- 2) политическая составляющая на рынке атомной энергетики;
- 3) проблема неопределенности в ядерной политике;
- 4) проблема рыночных рисков в условиях неопределенности внешней среды;
- 5) снижения сроков и стоимости сооружения АЭС с целью повышения эффективности деятельности инжиниринговых организаций;
- 6) проблема обеспечения ядерной безопасности и надежности объектов атомной энергетики;
- 7) проблема экологической безопасности АЭС;
- 8) проблема имеющегося недоверия общества к атомной энергетике.

Рассмотрим обозначенные проблемы более подробно.

1. Высокая конкуренция на зарубежных рынках строительства АЭС

Высокий уровень конкуренции инжиниринговых компаний на международных рынках сооружения АЭС связан с:

- с ростом предложения.

За подписание каждого контракта на строительство АЭС борются инжиниринговые гиганты в области атомной энергетики таких стран, как Россия, Франция, США и Япония. Однако существенную конкуренцию составляют новые и сильные игроки на рынке сооружения АЭС, такие, как Южная Корея и Китай, которые стремятся наработать опыт зарубежного строительства и готовы на существенные уступки заказчику [31];

- с ростом спроса.

Несмотря на то, что рост спроса на строительство АЭС вызван в основном развивающимися странами, странами-новичками (страны с недавно построенными или строящимися АЭС (Беларусь, Объединенные Арабские Эмираты, Турция, Египет); странами, заключившими контракты на сооружения АЭС (Иордания, Бангладеш); новыми странами в атомной энергетике, рассматривающие возможность построения АЭС в среднесрочной и долгосрочной перспективе,

спрос является высоким. Способствует росту заинтересованности в строительстве АЭС информационная открытость атомной отрасли, благодаря которой потенциальные заказчики хорошо осведомлены о достижениях поставщиков. Ужесточение требований заказчика повышает степень конкуренции. Имеет место соревнование между проектами атомных электростанций, технологиями, поставщиками АЭС и правительствами стран-поставщиков.

2. Политическая составляющая на рынке атомного инжиниринга

В рамках данного вызова можно выделить проблему в продвижении и заключение новых контрактов на строительство атомных станций за рубежом.

Атомная энергетика неразрывна связана с внутривнутриполитическими и внешнеполитическими процессами [23].

Процессы внутри любой страны имеют сильное влияние на курс энергетического развития, будет ли осуществляться поддержка и финансирование атомной энергетике и строительства новых атомных станций (Китай, Россия и другие развивающиеся страны), или в связи с недоверием общества к атомной энергетике и других причин правительство в рамках страны откажется от атомной энергетике (Италия, Германия, Тайвань и др.).

Внешнеполитические процессы активно влияют на заключения контрактов на строительство новых атомных станций. Экспорт реакторов позволяет странам формировать 100-летние стратегические отношения, охватывающие строительство, эксплуатацию и вывод из эксплуатации атомной электростанции. Также имеет место политическое давление со стороны третьих лиц, в том числе через санкционные инструменты (прекращение строительства по проекту в Болгарии, Финляндии, давление со стороны Евросоюза по проекту в Венгрии и др.).

Следовательно, необходимо учитывать неопределённость внешней среды, в виде политических процессов в долгосрочной перспективе, анализировать происходящие в мире изменения и учитывать меняющиеся приоритеты и потребности заказчиков.

3. Проблема неопределенности в ядерной политике

Проблема неопределенности в ядерной политике связана с признанием ценности развития ядерной энергетике для нынешних и будущих низкоуглеродных энергетических систем.

Наличие неопределенности в политике ядерной энергетике в ряде стран мешает принимать серьезные инвестиционные решения для развития данной отрасли [42]. Примером возникновения неопределенности является несоответствие политических целей и реальных правительственных действий по борьбе с изменением климата и развитием низкоуглеродной энергетике.

Официальное признание государствами и международными организациями ценности свойств ядерной энергии и ее вклада по снижению выбросов углекислого газа решило бы проблему неопределенности ядерной политики в мире, с помощью включения в долгосрочные стратегические планы государств развитие атомной отрасли.

Долгосрочная стратегия ЕС основывается на развитие ядерной и возобновляемой энергетики с целью достижения к 2050 г. углеродной нейтральности. Однако такие страны ЕС, как Швейцария, Бельгия, Испания, Германия считают, что достигнут целей декарбонизации энергетики лишь с помощью использования возобновляемых источников энергии без эксплуатации АЭС.

4. Проблема рыночных рисков в условиях неопределенности внешней среды

Неопределенность на рынке электроэнергии препятствует прогнозированию суммы дохода инвесторов.

Государственные и другие организации инвестируют в генерирующие активы, тратят деньги на топливо для электростанций и эксплуатацию, а также принимают решения о выводе из эксплуатации существующих активов. Эти решения основаны на процессах долгосрочного планирования, направленных на обеспечение надежной работы при минимизации общих затрат в долгосрочной перспективе. На нерегулируемом рынке коммерческая генерирующая компания зависит от краткосрочного и часто неустойчивого рынка, что подвергает оператора риску; и инжиниринговая организация при сооружении АЭС сталкивается со значительной неопределенностью из-за большего риска остановки строительства. Государственная поддержка необходима для снижения этих рисков и обеспечения рентабельности новых проектов.

5. Повышение эффективности функционирования за счет снижения сроков протекания процессов и стоимости сооружения АЭС

Эффективность деятельности инжиниринговых компаний существенно возросла при решении следующих проблем:

- проблемы длительности сроков.

Проблема заключается в периодических срывах сроков разработки и согласования проектной документации; в несвоевременных поставках; в срывах сроков сооружения объектов атомной энергетики и другом [9].

В свою очередь, продолжительные сроки строительства увеличивают расходы на финансирование. Атомные электростанции более технологически сложные, чем другие крупные электростанции, и поэтому они более капиталоемкие, и их строительство занимает больше времени. Обычно строительство атомной электростанции занимает более пяти лет, в то время как электростанции, работающие на природном газе, часто строятся примерно за два года;

- проблемы снижения стоимости энергоблоков и сооружения АЭС.

Высокая стоимость сооружения АЭС обусловлена потребностью в сложных системах безопасности, специальных материалах и оборудовании, и другом;

- проблемы координации различных этапов жизненного цикла сооружения АЭС.

Проблема обеспечения ядерной безопасности

Широкому распространению и развитию атомной энергетики препятствует возможность возникновения ядерных аварий и страх повторения катастроф на атомных станциях, которые произошли в связи недостаточностью знаний и опыта в проектировании, с недостаточным учетом возможных ситуаций, человеческого фактора и с множеством других факторов [10]. С целью обеспечения ядерной безопасности созданы множество систем безопасности, несмотря на это необходимо постоянное совершенствование и повышение надежности систем внутренней защиты АЭС, которые позволят избежать крупных аварий по различным причинам.

ГК «Росатом» в соответствии с требованиями МАГАТЭ проводит периодическую оценку безопасности АЭС.

6. Проблема экологической безопасности

В соответствие со стратегическими целями мирового сообщества и концепциями устойчивого развития по декарбонизации экономики мировая энергетика должна переходить на «чистую» выработку электроэнергии и тепла, то есть на электростанции, которые практически не выбрасывают углекислый газ, не сжигают кислород, не загрязняют атмосферу, водоемы, землю химикатами. Этим требованиям полностью удовлетворяют атомные электростанции, широкое использование которых обеспечит снижение вредного воздействия деятельности человека на экологию окружающей среды и окажет содействие в борьбе с глобальным потеплением.

Необходимо учитывать специфические проблемы атомной энергетики, такие как «обеспечение нераспространение ядерных материалов, обеспечение радиационной безопасности, проблемы ядерного наследия» [79]. Повышение эффективности мер по борьбе с перечисленными проблемами повысит надежность, инвестиционную привлекательность и общественное доверие к АЭС.

7. Проблема недоверия общества к атомной энергетике

Несмотря на политические заявления, на освещения в средствах массовой информации утверждений о необходимости развития атомной энергетики, о ее преимуществах и уровне безопасности большая часть населения отрицательно относится к строительству АЭС. Связано это с крупными авариями на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима» [78].

Причинами недоверия населения в большинстве случаев являются малоинформированность, а также страх возможного влияния радиации на здоровье людей и окружающую среду мест проживания. Такое недоверие населения к АЭС может выражаться в митингах и протестах, может мешать сооружению АЭС и срывать сроки строительства, а также сильно влиять на развитие атомной отрасли в регионе.

В современных условиях экономической нестабильности, сильного влияния внешнеполитических и внутривнутриполитических процессов, введенных в действие санкций, роста конкуренции на рынках, внедрении новых технологий получения, преобразования и использования энергии, инфляционных процессов при анализе эффективности деятельности Инжинирингового Дивизиона необходимо учитывать условия неопределенности внешней среды. В связи с этим оценка экономической эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики значительно усложняется. Существующие в настоящее время методы и методики по определению экономической эффективности деятельности анализируемых систем различного назначения недостаточно учитывают:

- проблему анализа в условиях многокритериальности экономической эффективности деятельности компаний;
- проблему анализа в условиях неопределенности внешней среды экономической эффективности функционирования компаний;
- специфику инжиниринговых компаний атомной энергетики.

Возникает необходимость разработки и дальнейшего развития теоретических и практических аспектов анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.

Таким образом, можно сделать вывод, что тема диссертационного исследования, посвященная решению указанных ранее проблем путем разработки и применения методов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики, является актуальной.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. Обозначена необходимость анализа состояния зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний атомной отрасли для дальнейшей разработки подходов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке. Указанная необходимость диктуется следующими факторами:

- обеспечение энергетической безопасности в соответствии с доктриной энергетической безопасности Российской Федерации;
- реализация энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г.;
- реализация стратегических целей ГК «Росатом» путем обеспечения лидерства на мировом рынке атомной энергетики;
- реализация стратегических целей Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом».

2. Проведен анализ мирового рынка инжиниринга в атомной отрасли, отражающий основные его тенденции и регионы присутствия, обзорно рассмотрены крупнейших инжиниринговых компаний на международном рынке. Из анализа рынка сделан вывод, что ситуация на рынке для отечественного инжинирингового Дивизиона обостряется достижением конкурентами высоких результатов за последнее время.

3. Проанализировано современное состояние крупнейших зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики, таких как Korea Electric Power Corporation (KEPCO), Westinghouse Electric Company LLC, China General Nuclear Power Corporation (CGN), China National Nuclear Corporation, Framatome, Toshiba Corp., Hitachi Ltd. и Mitsubishi Heavy Industries Ltd. Приведены общие характеристики, рассмотрены последние реорганизации в компаниях, приведены экономические результаты деятельности, а также рассмотрены аспекты инновационной, экологической и социальной политики крупнейших инжиниринговых компаний атомной отрасли, имеющих в портфеле заказов зарубежные контракты на строительство АЭС. В результате анализа определены ряд компаний (Toshiba Corp., Hitachi Ltd. и Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Westinghouse Electric Company LLC), которые по различным причинам ушли с международного рынка инжиниринга АЭС, либо ведут менее активную деятельность в этом направлении. Остальные компании (Korea Electric Power Corporation (KEPCO), Framatome, China General Nuclear Power Corporation (CGN), China National Nuclear Corporation,) являются прямыми конкурентами отечественного Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом».

4. Проанализирован отечественный представитель инжиниринга в атомной энергетике на мировом рынке – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом». Приведены общие характери-

стики, рассмотрены последние реорганизации, приведены экономические результаты деятельности, а также рассмотрены аспекты инновационной, экологической и социальной политики Инжинирингового Дивизиона. Сделаны выводы о необходимости повышения эффективности деятельности, расширения международного сотрудничества, увеличения портфеля заказов на строительство АЭС с целью развития и удержания лидирующих позиций ГК «Росатом» на мировом рынке не только в области атомного инжиниринга, но и атомной отрасли в целом.

5. Рассмотрены вызовы и проблемы, стоящие перед Инжиниринговым Дивизионом ГК «Росатом» при осуществлении стратегической цели по достижению лидерства в сфере сооружения АЭС на мировом рынке. Для решения указанных проблем необходима разработка теории и практики анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетике в условиях многокритериальности и неопределенности внешней среды.

Глава 2. МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖИНИРИНГОВЫХ КОМПАНИЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

2.1. Метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности

Обоснование необходимости формулирования метода анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики

Увеличение доли атомной промышленности на отечественном и мировом рынках является приоритетным направлением энергетической стратегии страны, стратегической целью ГК «Росатом» и Инжинирингового дивизиона. Для достижения поставленной цели Инжиниринговому Дивизиону необходимо обеспечить выполнение следующих условий: безопасное использование атомной энергии, технологическое лидерство, предоставление на рынок новых продуктов и услуг в рамках проектирования и сооружения АЭС, высокая эффективность деятельности инжиниринговых компаний ГК «Росатом».

В работе экономическая эффективность деятельности компаний рассматривается как отношение эффекта, результата к затратам, расходам, обеспечившим его получение. В качестве экономического результата могут выступать прямые (прибыль, выручка) или косвенные (качество товара) показатели, затраченными ресурсами могут являться трудовые ресурсы, материальные ресурсы, время и т.д.

При определении экономической эффективности функционирования инжиниринговых компаний ГК «Росатом» следует учитывать множество специфических особенностей их деятельности (длительный производственный цикл, высокая стоимость проектов, наличие ноу-хау и новых технологий, высокая наукоемкость деятельности, большое количество заинтересованных сторон и другие), следовательно, необходимо совершенствовать теорию многокритериального анализа для применения к компаниям атомной отрасли, в том числе к инжиниринговым компаниям.

Данный факт обусловил необходимость разработки метода анализа эффективности деятельности компаний с учетом специфики инжиниринговых компаний атомной энергетики.

В экономической литературе для определения эффективности предприятия, включая инжиниринговые компании, находят применение принципы многокритериального анализа, в качестве используемых принципов выступают принцип доминирования, принцип Парето, принцип комплексных показателей и другие.

Сформулированный метод совершенствует теорию многокритериального анализа для применения к компаниям атомной отрасли, в том числе к инжиниринговым компаниям.

Метод включает в себя различные сочетания показателей эффективности деятельности компаний атомной энергетики и принципов многокритериального анализа в зависимости от ситуации, требований к анализу и количества исходных данных.

Особенностью метода является разработка пяти вариантов анализа экономической эффективности деятельности компаний на основе сочетания принципов и показателей эффективности. При определении экономической эффективности инжиниринговых компаний атомной отрасли наряду с традиционными показателями (производительность труда, рентабельность и др.) используются специфические показатели, характерные для указанных компаний. Предложенные варианты анализа экономической эффективности проанализированы, проиллюстрированы схемами, а также указаны возможные противоречия, возникающие при проведении анализа. Каждый предложенный вариант рассмотрен на примере компаний Государственной корпорации «Росатом».

Метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности

Разработанный метод анализа экономической эффективности компаний адаптирован под специфику и особенности предприятий атомной энергетики, которые определили необходимость разработки разных вариантов анализа эффективности деятельности со следующими сочетаниями:

- 1) один показатель экономической эффективности и один принцип многокритериального анализа;
- 2) набор показателей экономической эффективности и один принцип многокритериального анализа;
- 3) несколько групп показателей эффективности и один принцип многокритериального анализа;
- 4) набор показателей экономической эффективности и несколько принципов многокритериального анализа;

5) несколько групп показателей эффективности и несколько принципов многокритериального анализа.

В зависимости от ситуации, требований к анализу и количества исходных данных предлагается применять одно из перечисленных выше сочетаний. В табл. 2.1 представлена систематизация ситуаций применения предложенных вариантов анализа на практике, а также обозначены проблемы и противоречия, возникающие при анализе эффективности деятельности компаний.

Таблица 2.1. Систематизация применения предложенных вариантов анализа

Ситуация		Количество показателей эффективности	Количество принципов многокритериального анализа	Применяемый принцип многокритериального анализа	Проблемы	
Узкие задачи (предварительного анализа), но обладающие большим массивом управляемых факторов	Наличие ограничений, которые необходимо удовлетворить для проведения анализа эффективности деятельности		Один	Один	Принцип удовлетворения потребностей	1. Вероятность отсутствия положительного результата
		2 показателя эффективности	Несколько	Один	Любой из принципов многокритериального анализа	1. Противоречивость показателей 2. Проблема выбора принципа многокритериального анализа
		2 показателя эффективности в каждой группе	Несколько групп	Один	Любой из принципов многокритериального анализа	1. Противоречивость показателей 2. Противоречивость групп показателей 3. Проблема выбора принципа многокритериального анализа
Практические задачи комплексного анализа компаний		≥ 3 показателей эффективности	Несколько	Несколько	Несколько принципов многокритериального анализа	1. Противоречивость показателей 2. Проблема согласования результатов применения разных принципов многокритериального анализа
		≥ 3 показателей эффективности в каждой группе	Несколько групп	Несколько	Несколько принципов многокритериального анализа	1. Противоречивость показателей 2. Противоречивость групп показателей 2. Проблема согласования результатов применения разных принципов многокритериального анализа

Источник: составлено автором

Применение данных вариантов анализа экономической эффективности рассмотрим на примере организаций атомной отрасли [36].

Приняты следующие обозначения:

- X – управляемые факторы;
- K – показатели эффективности;

- G – принципы оптимальности;
- $G=\{G_i\}$ – набор принципов оптимальности;
- $K=\{K_i\}$ – несколько показателей эффективности;
- $K_i=\{K_{ij}\}$ – несколько групп показателей эффективности.

1. Анализ экономической эффективности деятельности с использованием одного показателя эффективности «К» и одного принципа многокритериальности «G».

Схема первого варианта анализа эффективности деятельности компаний представлена на рис. 2.1.

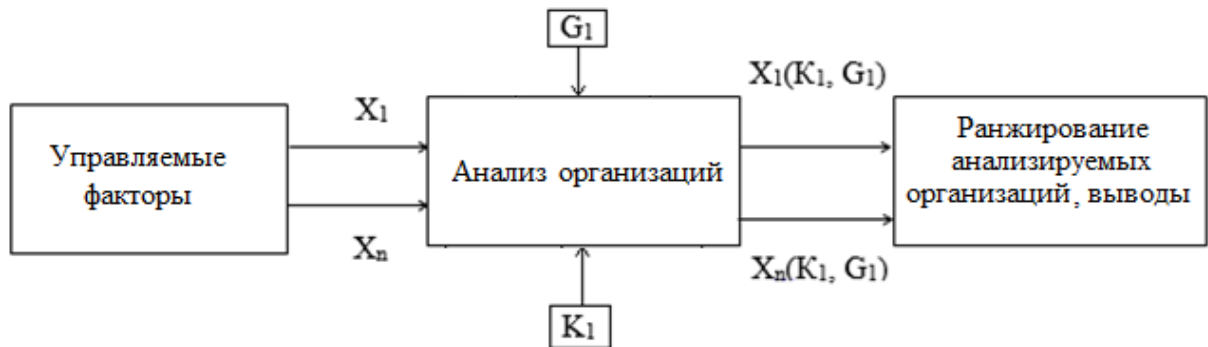


Рисунок 2.1. Схема первого варианта анализа эффективности деятельности компаний

В роли объекта анализа могут выступать: подразделения, компании, интегрированные производственные структуры, Дивизионы атомной отрасли.

Управляемыми факторами X_1, X_2, \dots, X_n могут являться: инвестиционные проекты, бизнес-единицы рассматриваемых компаний и т.д.

В качестве принципов оптимальности «G» могут рассматриваться принцип доминирования, принцип Парето, принцип комплексных показателей и другие.

В качестве показателей эффективности «K» применяются показатели, имеющие социальное, экологическое, экономическое, инновационное содержание. Наряду с традиционными используются специфические показатели, характерные для инжиниринговых компаний атомной отрасли.

Рассматриваемый вариант анализа экономической эффективности позволяет исследовать эффективность деятельности на одном уровне управления, например, на уровне предприятия, без лишних усложнений.

Применение данного варианта анализа актуально при необходимости удовлетворения ограничения к анализируемым компаниям, а также при анализе интегральных показателей эффективности. Следовательно, анализ эффективности деятельности достаточно проводить при использовании единственного показателя «K₁». Приведенную схему анализа деятельности ор-

ганизаций следует трактовать таким образом: для анализируемой компании выбирается специфический показатель эффективности, например, уровень снижения удельных капитальных вложений на 1 кВт вводимой мощности при сооружении АЭС, %. При рассмотрении влияния на деятельность рассматриваемой организации управляемых факторов формируются, удовлетворяющий нас, ряд значений выбранного показателя эффективности. Далее определяется с помощью применения принципа оптимальности наиболее эффективное состояние компании.

Необходимо подчеркнуть, что однокритериальные варианты анализа имеют ограниченную применимость на практике.

Рассмотрим предложенный вариант анализа эффективности деятельности на примере организации атомной отрасли.

Пример 1. Проведем анализ инжиниринговой компании АО «Атомэнергопроект». «Основной вид деятельности компании — проектирование тепловых и атомных электростанций, разработка технологий, конструирование, изготовление и поставка оборудования и изделий, научные исследования» [6].

Управляемыми факторами выступают инновационные решения, трудовые ресурсы, финансовые ресурсы и т.д.

Для инжиниринговой компании атомной энергетики ключевым показателем эффективности является показатель доли реализуемых проектов на международном и отечественном рынке сооружения АЭС.

В роли принципов многокритериального анализа выберем принцип удовлетворения потребностей.

2. Анализ экономической эффективности деятельности с использованием набора показателей эффективности « $K=\{K_i\}$ » и одного принципа многокритериальности « G ».

Схема второго варианта анализа эффективности деятельности организаций представлена на рис. 2.2.

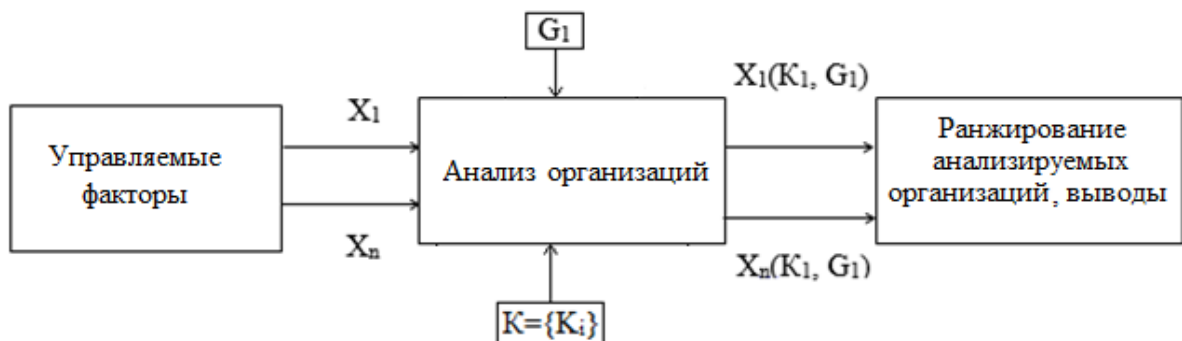


Рисунок 2.2. Схема второго варианта анализа эффективности деятельности компаний

Отличительной особенностью данного варианта анализа эффективности деятельности компаний от предыдущего является использование совокупности показателей одной группы, например, экономической группы показателей эффективности деятельности организаций. Но выбранные показатели должны удовлетворять условию применимости на одном и том же уровне анализа, например, на уровне организации, на уровне региона, на уровне отрасли.

При практическом использовании предлагаемого варианта анализа эффективности с применением нескольких показателей эффективности $\langle K = \{K_i\} \rangle$ возможны возникновения противоречий.

При условии наличия противоречий необходимо применять принципы согласования принимаемых решений.

Пример 2. Рассмотрим в качестве примера инновационный проект инжиниринговых компаний ГК «Росатом» АЭС с реактором ВВЭР-1200 поколения «3+». Данный проект является передовым продуктом российского рынка, признанный мировым атомным сообществом, как наиболее безопасный на сегодняшнем этапе развития. Реакторные установки поколения «3+» учитывают все последние требования по безопасности и надежности, предъявляемые МАГАТЭ, а также сочетают автоматические активные и пассивные системы безопасности. АЭС, построенные по дизайну такого эволюционного проекта, могут противостоять возможным авариям и защищены от различных внешних угроз [85].

В данном случае управляемыми факторами являются различные схемы финансирования инвестиционного проекта строительства АЭС. Наиболее популярными схемами финансирования на сегодняшний день считаются следующие варианты:

- «под ключ» – примером реализации данного проекта являлся контракт на строительство АЭС «Olkiluoto 3» в Финляндии;
- «строю – владею – эксплуатирую»;
- «строю – владею – эксплуатирую – передаю».

В двух последних вариантах финансирования основную роль играет частный капитал.

Показателями эффективности принимаем показатели внутренней нормы доходности, чистой текущей стоимости, срока окупаемости, но также необходимо учитывать и специфические показатели как уровень снижения эксплуатационных расходов при обслуживании АЭС, %, удельные капитальные затраты на производство 1 МВт*ч на АЭС и т.п. В приведенном примере результаты анализа при использовании данных показателей могут быть различны и противоречивы. В частности, при росте показателя чистой текущей стоимости возможен рост показателя срока окупаемости инвестиций, аналогичная ситуация со специфическими показателями при снижении расходов на эксплуатацию, возможен рост капитальных затрат на производство. Сле-

довательно, необходимо применение способов согласования принимаемых решений, как корректировка требований к проектам, изменение применяемых нормативов.

3. Анализ экономической эффективности деятельности с использованием нескольких групп показателей эффективности « $K_r = \{K_{ri}\}$ » и одного принципа многокритериального анализа « G_1 ».

Схема третьего варианта анализа эффективности деятельности компаний представлена на рис. 2.3.

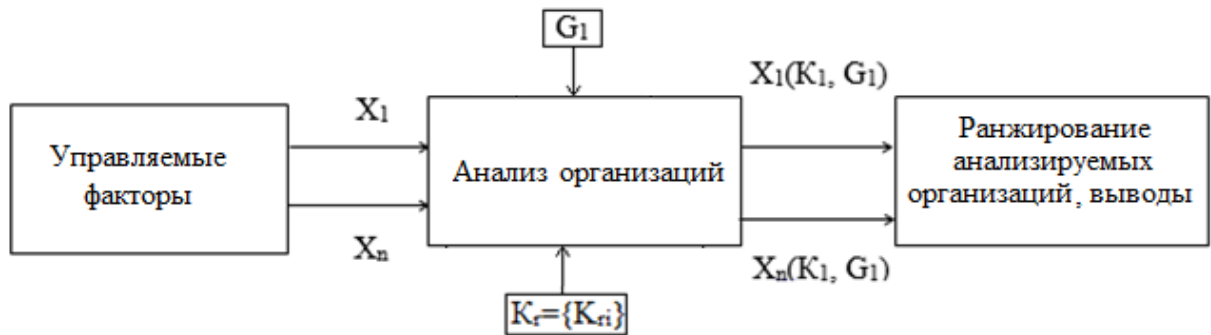


Рисунок 2.3. Схема третьего варианта анализа эффективности деятельности компаний

Данный вариант анализа предполагает использование нескольких групп показателей эффективности. В роли групп показателей эффективности одновременно рассматриваются показатели следующих групп, например, показатели инновационной группы (объем реализации инновационной продукции и услуг, %, объем финансирования НИОКР, % и т.д.), показатели безопасности (уровень реагирования на ядерные и радиационные аварии, %, доля объектов, на которых реализованы мероприятия по повышению физической защиты объектов, %, и т.д.).

При таких условиях возможны следующие виды противоречий:

- противоречия, в связи с наличием противоречивых показателей в одной группе показателей эффективности;
- противоречия, по причине наличия противоречивых показателей в разных применяемых группах показателей эффективности.

Пример 3. Проанализируем предприятие АО «ОКБМ Африкантов» – Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова.

«Предприятие имеет развитую инфраструктуру: от проектирования, изготовления и испытаний до комплектной поставки заказчику и обеспечения сервисного сопровождения в течение всего периода эксплуатации реакторных установок» [7].

Например, для анализа устойчивого развития организации показателями эффективности выберем группы экономических, экологических и инновационных показателей. В качестве экологических показателей рассмотрим удельные объемы выбросов вредных химических и радио-

активных веществ в атмосферный воздух, удельное количество твердых радиоактивных отходов, удельные объемы жидких радиоактивных отходов и т.п.; в роли экономических показателей выбираются показатели увеличения экспортной продукции и услуг со среднегодовым темпом, %, рентабельности, рост портфеля заказов на сооружение энергоблоков АЭС, %, и т.д. В качестве инновационных – объем реализации инновационной продукции и услуг, %, объем финансирования НИОКР, %.

Противоречия могут возникнуть между показателями увеличения экспортной продукции и услуг и рентабельности активов, а также между показателями удельных объемов жидких отходов и твердых отходов. В том числе имеется большая вероятность возникновения противоречий между рассматриваемыми экономическими и экологическими группами показателей эффективности в связи с наличием на предприятии работ с вредными веществами. Большая вероятность возникновения противоречий между рассматриваемыми экономическими и инновационными показателями, вследствие существенных затрат на НИОКР.

4. Анализ экономической эффективности деятельности с использованием набора показателей эффективности « $K=\{K_i\}$ » и нескольких принципов многокритериального анализа « $G=\{G_i\}$ »

Схема четвертого варианта анализа эффективности деятельности компаний представлена на рис. 2.4.

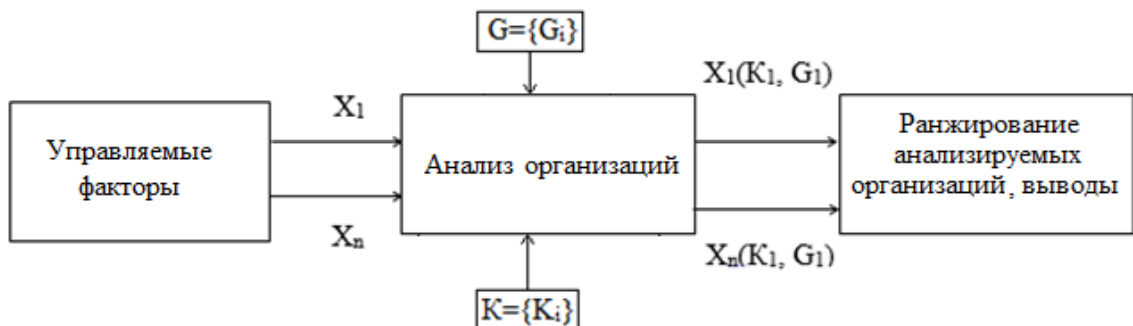


Рисунок 2.4. Схема четвертого варианта анализа эффективности деятельности компаний

Отличительной особенностью данного варианта анализа от предыдущих является использование нескольких показателей эффективности одной группы и нескольких принципов многокритериального анализа (принцип доминирования, принцип Парето, принцип комплексных показателей и другие) для проведения наиболее полного анализа. В связи с этим потребуется применение способов согласования управленческих решений.

В приведенном варианте анализа могут возникать следующие противоречия:

- между выбранными показателями эффективности;
- между применяемыми принципами многокритериального анализа.

Пример 5. Проанализируем компанию Госкорпорации «Росатом» АО «Всерегionalное объединение «Изотоп». «Изотоп» является основным проектантом, поставщиком на мировые рынки и главным поставщиком на внутренние рынки ионизирующего излучения, средств измерения радиационных полей, защитной техники. Поставки продукции осуществляются на рынки более 30 стран мира, в том числе в научные и медицинские организации. Предприятие предоставляет широкий комплекс услуг на всем жизненном цикле обращения радиоактивных веществ, обслуживанию различного оборудования с радиоактивными источниками излучения как предприятий атомной промышленности, так и медицинских учреждений [88].

Управляемыми факторами являются подразделения компании, нацеленные на разные рынки сбыта продукции. Например, подразделения, предоставляющие услуги сопровождения, поставки и транспортировки опасных грузов 7-го класса во все регионы России и за границу или подразделения, предоставляющие экспортно-импортные услуги.

Показателем эффективности является доля рынка сопровождения, поставки и транспортировки опасных грузов 7-го класса (природного урана и изделий из него, предметов с поверхностным радиоактивным загрязнением и другое), которую заняли анализируемые подразделения, а также показатели увеличения экспортной продукции и услуг со среднегодовым темпом, % и другие.

Принципы многокритериального анализа выбраны следующие: принцип экспертных оценок и принцип формирования комплексных показателей. Реализация разных принципов может привести к различным результатам анализа.

5. Анализ экономической эффективности деятельности с использованием нескольких групп показателей эффективности « $K_r=\{K_{ri}\}$ » и нескольких принципов многокритериального анализа « $G=\{G_i\}$ »

Схема пятого варианта анализа эффективности деятельности компаний представлена на рис. 2.5.

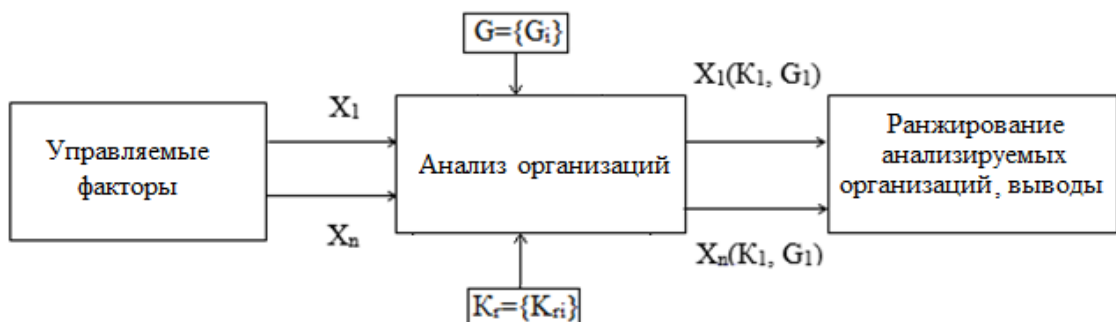


Рисунок 2.5. Схема пятого варианта анализа эффективности деятельности компаний

Предлагаемый вариант анализа эффективности деятельности актуален при необходимости оценки деятельности сложной интегрированной производственной системы типа холдинг, Дивизион или в целом ГК «Росатом».

Анализ многопрофильного холдинга требует применения нескольких групп показателей эффективности, также для обеспечения всестороннего анализа стоит использовать несколько принципов многокритериального анализа.

Возможны следующие противоречия:

- между показателями эффективности каждой группы «К_г»;
- между показателями эффективности разных групп;
- между принципами многокритериального анализа.

Пример 6. Рассмотрим организацию АО «Атомредметзолото». Деятельность компании заключается в предоставлении комплекса услуг от геологоразведки и проектных работ до рекультивации и вывода объектов из эксплуатации, а также в управлении уранодобывающими активами Забайкальского края. Организация осуществляет множество проектов, в том числе проект строительства комбината по производству свинцовых и цинковых концентратов, проект попутной добычи скандия и др. [5].

Выберем для анализа организации экономическую и социальную группу показателей эффективности. В качестве экономических показателей рассмотрим показатели рентабельности, роста прибыли от проектов, %, сокращения удельных капитальных вложений при сооружении объекта по производству свинцовых и цинковых концентратов, %, роста портфеля заказов на сооружение объектов атомной отрасли, %, и т.д, а в качестве социальных – коэффициент частоты травм с временной потерей трудоспособности (LTIFR), %, рост зарплат сотрудников, %, количество сотрудников, прошедших курсы повышения квалификации сфере управление жизненным циклом, %, и другие.

Противоречия в группах показателей могут возникать между показателями роста прибыли, показателями роста зарплат сотрудников и др. Противоречия в группе экономических показателей относятся к показателям рентабельности и роста прибыли.

Для анализа предпочтительнее выбирать следующие принципы многокритериального выбора: принципы доминирования, Парето, применения комплексных показателей. При практическом применении данных принципов возможны различающиеся результаты анализа.

Таким образом, сформулирован метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности, в рамках метода рассмотрены пять вариантов анализа эффективности деятельности компаний с различными комбинациями учета разных критериев

оценки эффективности. В рамках метода рассмотрены и предложены решения возможных противоречий, возникающих при анализе эффективности деятельности компаний.

Противоречия могут быть:

- между показателями эффективности каждой группы;
- между показателями эффективности разных групп;
- между принципами многокритериального анализа.

Данный метод был применен при разработке следующих методик: методики анализа экономической эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального выбора; методики анализа эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей.

Применение метода актуально при стратегическом планировании, определении инвестиционной привлекательности компаний и предприятий атомной энергетики руководством ГК «Росатом», Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», инжиниринговых компаний ГК «Росатом», что также является задачей государственного уровня согласно энергетической стратегии РФ.

2.2. Методика определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа

Обоснование необходимости анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики

В соответствии с Видением 2030 ГК «Росатом» зарубежное присутствие корпорации требуется расширить до 40%, не менее 50% выручки должно поступать от деятельности холдинга за границей [25].

На мировом рынке атомного инжиниринга ужесточается конкуренция среди крупнейших атомно-энергетических корпораций России, Кореи, Китая, Франции. На данный момент ГК «Росатом» занимает первое место по количеству энергоблоков в портфеле заказов за рубежом. Но ситуация на рынке сооружения АЭС меняется и для российской корпорации усложняется такими внешними факторами, как пандемия COVID-19, которая отложила отпечаток на дея-

тельность холдинга как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде. Следующим внешним фактором, который имеет наибольшее влияние на потенциальных заказчиков и деятельность корпорации – это мировая политическая обстановка, а также санкции, наложенные на все крупные организации Российской Федерации. В 2022 г. были введены санкции по отношению к ГК «Росатом», в соответствии с которыми ряд европейских стран объявили о запрете на сотрудничество с российскими компаниями в области ядерной энергетики. Кроме этого, введены в действие санкции, включающие в себя ограничение финансовой системы Российской Федерации, ограничение деятельности множества промышленных компаний, в том числе поставщиков оборудования и комплектующих.

Необходимо учитывать высокие темпы развития конкурентов, например, китайская корпорация China General Nuclear Power Corporation заключила контракты на строительство АЭС с Румынией, Пакистаном и Аргентиной. Южнокорейская корпорация Korea Electric Power Corporation подписала контракты на строительство четырех энергоблоков в ОАЭ, двух энергоблоков в Саудовской Аравии, на строительство АЭС в Британии, Кении, Бразилии [32].

С целью сохранения своих лидирующих позиций на рынке атомного инжиниринга необходимо проводить сравнительный анализ эффективности деятельности инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» с крупнейшими инжиниринговыми компаниями атомной энергетики.

Методика определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа

В целях развития предложенного метода разработана методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с применением набора показателей экономической эффективности и комплекса принципов многокритериального анализа.

Суть методики состоит в разработке и описании логической последовательности действий, которые необходимо предпринять для определения эффективности инжиниринговых компаний по экономическим показателям.

Перечислим отличительные особенности авторской методики.

1. Учет специфики инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке (доля выручки от зарубежных контрактов, количество строящихся энергоблоков в портфеле заказов), влияние на общепринятые экономические показатели специфических особенностей деятельности инжиниринговых компаний, таких как длительный производственный цикл и высокая стоимость проектов, наличие ноу-хау и новых технологий, высокая наукоемкость деятельности, большое количество заинтересованных сторон.

2. Реализация принципа сопоставимости инжиниринговых компаний атомной энергетики по ряду критериев. В качестве основных критериев сопоставимости зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний выступают:

- основная деятельность компаний осуществляется в сфере атомной энергетики;
- наличие инжиниринговых компетенций (наличие лицензий на инженерно-геодезические работы, проектные работы, строительно-монтажные работы, размещение, сооружение, эксплуатация, вывод из эксплуатации объектов);
- подобие инжиниринговой деятельности (сооружение АЭС) и наличие лицензий на проектирование, конструирование и сооружение ядерных установок (атомные станции (энергоблоки атомных станций)), обращение с ядерными материалами.
- наличие международных заказов, контрактов. В инжиниринговой деятельности атомной отрасли выход на международный рынок является существенным порогом с рядом требований, как наличие высокого уровня компетенций, опыта работы с иностранными заказчиками, подрядчиками и другими заинтересованными сторонами (прохождение экспертизы проектов и получение лицензий от местных регулирующих органов ряда лицензий на осуществление деятельности) и т.д.

3. Комплексное применение принципов многокритериального анализа.

4. Возможность проецирования данной методики для различных отраслей, корпораций на мировом рынке.

Представим этапы авторской методики анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода.

1. Выбор отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики для анализа их экономической эффективности.

2. Применение принципа сопоставимости к анализируемым инжиниринговым компаниям по ряду критериев.

3. Выбор показателей экономической эффективности с учетом особенностей инжиниринговых компаний атомной отрасли, например, первоочередным вопросом в инжиниринге атомных объектов является их безопасность (доля выручки от зарубежных контрактов, рост количества энергоблоков в портфеле заказов, продолжительность операционного цикла, коэффициент прибыли на одного работника, рост портфеля заказов и другие).

4. Поэтапное применение набора принципов многокритериального анализа, таких как принцип доминирования, Парето, комплексных показателей и другие.

6. Согласование результатов, найденных при применении набора принципов оптимальности.

7. Формирование рейтинга инжиниринговых компаний по совокупности экономических показателей эффективности.

8. Выводы.

На рис. 2.6 представлены основные этапы методики в виде блок-схемы.

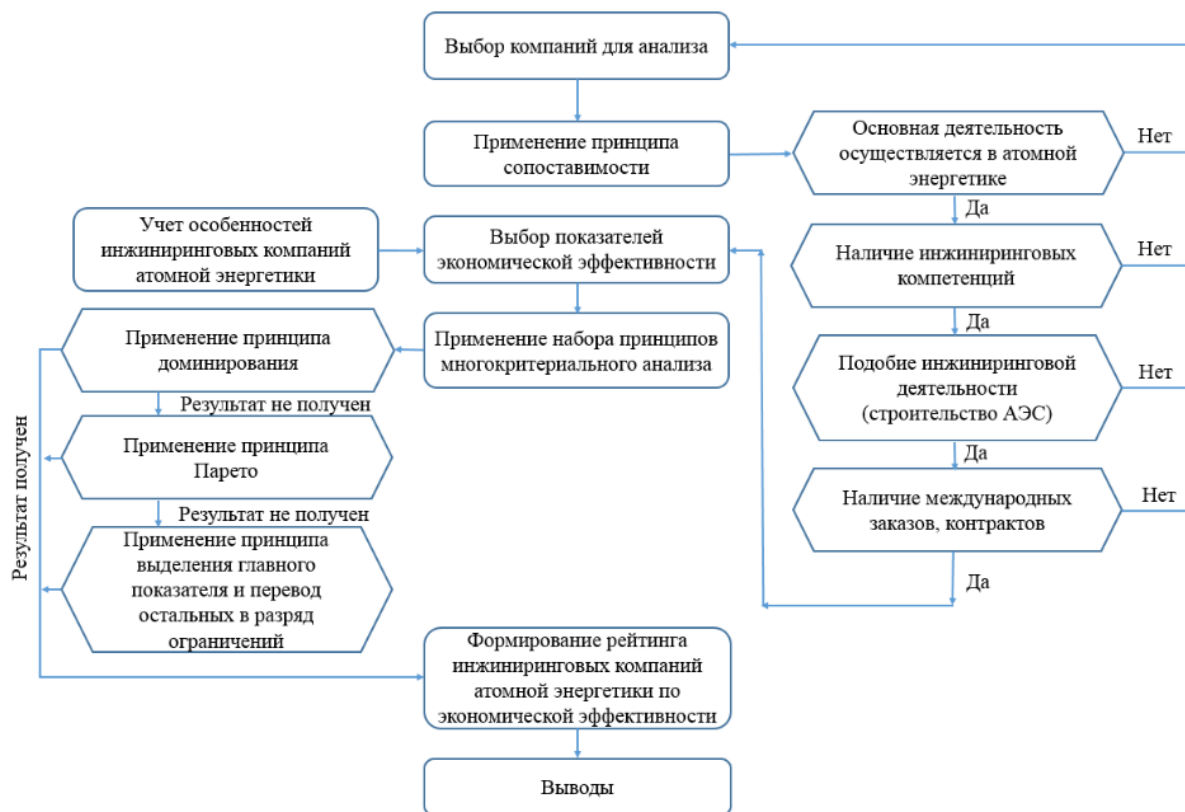


Рисунок 2.6. Основные этапы методики определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа

Данная методика применена при анализе отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке. Применение предложенной методики актуально при участии компании в конкурсах и тендерах, при определении инвестиционной привлекательности компаний. Методика может использоваться административными организациями, заказчиками проектов и др.

Анализ эффективности деятельности крупнейших инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке

Осуществлена апробация разработанной методики анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода при

анализе эффективности деятельности крупнейших инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке.

В главе 1 диссертационного исследования проанализирован мировой рынок инжиниринга в атомной энергетике, проведен подробный анализ состояния крупных компаний на мировом рынке инжиниринга атомных электростанций: China General Nuclear Power Corp. (CGN) (КНР), Hitachi Ltd (Япония), Korea Electric Power Corp. (KEPCO) (Республика Корея), Mitsubishi Heavy Industries Ltd (Япония), China National Nuclear Corp. (CNNC) (КНР), Toshiba Corp. (Япония), EDF Group (Франция), Westinghouse Electric Company LLC (США).

Объективность определения ряда конкурентов подтвердились опубликованным «отчетом эмитента» [27], где были названы конкуренты Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» – KEPCO (Республика Корея), CNNC (КНР), CGN (КНР), Франция, Toshiba Corp. (Япония), Hitachi Ltd (Япония), Westinghouse Electric Company LLC (США), Mitsubishi Heavy Industries Ltd (Япония).

С помощью предложенной методики проведен анализ фактического состояния и анализ экономической эффективности деятельности крупнейших инжиниринговых компаний на мировом рынке атомной энергетики, по результатам которого сформирован рейтинг компаний, сделаны выводы относительно сравнения отечественного инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» с зарубежными лидерами отрасли.

Подробно актуальное состояние перечисленных компаний описано в п. 1.3. Как уже ранее описывалось, часть перечисленных компаний ушла с международного рынка инжиниринга в сфере атомной энергетики, часть обанкротилась, часть компаний решила, что сегмент инжиниринга в атомной отрасли обладает слишком высокими рисками и экономически невыгоден. Следовательно, на международном рынке инжиниринга в атомной отрасли остались такие гиганты, как Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», сегмент компании Korea Electric Power Corp. (KEPCO), занимающийся инжинирингом в АО (Республика Корея), сегмент компании China National Nuclear Corp., занимающийся инжинирингом в АО (CNNC) (КНР), сегмент компании China General Nuclear Power Corp. (CGN), занимающийся инжинирингом в АО (КНР), сегмент компании EDF Group (Framatome), занимающийся инжинирингом в АО (Франция) [35].

Рассмотрим применение авторской методики.

1. Выбор отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики для анализа их экономической эффективности.

Для анализа выбран Инжиниринговой Дивизион ГК «Росатом» и сегменты следующих корпораций: KEPCO, CNNC, CGN, EDF Group (Framatome).

2. Применение принципа сопоставимости к анализируемым инжиниринговым компаниям по ряду критериев.

Перечислим основные критерии сопоставимости зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний атомной отрасли.

1. Основная деятельность компаний осуществляется в сфере атомной энергетики.
2. Анализируемые компании обладают всеми необходимыми инжиниринговыми компетенциями (наличие лицензий на инженерно-геодезические работы, проектные работы, строительно-монтажные работы, размещение, сооружение, эксплуатация, вывод из эксплуатации объектов).
3. С целью сопоставимости исследовались только компания, Дивизион и сегменты корпораций, занимающиеся исключительно аналогичной инжиниринговой деятельностью, в данном случае инжинирингом АЭС. Также данные компании обладают лицензиями на проектирование, конструирование и сооружение ядерных установок.
4. Анализировались только те компании, которые имеют в наличие международные заказы, контракты. В инжиниринговой деятельности атомной отрасли выход на международный рынок является существенным порогом с рядом требований, такие как наличие высокого уровня компетенций, опыта работы с иностранными заказчиками, подрядчиками и другими заинтересованными сторонами (прохождение экспертизы проектов и получение лицензий от местных регулирующих органов ряда лицензий на осуществление деятельности) и т.д.

3. Выбор показателей эффективности

В качестве показателей эффективности рассмотрим относительные экономические показатели эффективности деятельности анализируемых компаний (табл. 2.2). Наиболее популярными экономическими показателями эффективности в атомной энергетике для различных заинтересованных лиц инжиниринговых компаний являются: доля строящихся АЭС в мире, производительность труда (TRIndex), доля валовой прибыли на 1 сотрудника, доля чистой прибыли на 1 сотрудника, рентабельность активов, рентабельность продаж. Средний курс 1 евро принят 73.95 руб, 8.06 китайский юань, 1401 южнокорейский вон.

Таблица 2.2. Экономические показатели эффективности деятельности компаний

Компании \ Показатели	Инжиниринговый дивизион ГК «Росатом»	Сегмент China General Nuclear Power Corporation	Сегмент China Nuclear Industry Construction	Сегмент Korea Electric Power Corp.	Сегмент Framatome
TRIndex, тыс. € / чел	142	226	175	137,6	135,6
Доля строящихся АЭС в мире, %	37	11	23	14	11
Валовая прибыль / кол-во сотрудников, тыс. € / чел.	20,86	31,42	18,17	43,42	12,35

Чистая прибыль / кол-во сотрудников, тыс. €/ чел.	15,16	7,57	3,26	4,1	3,71
Рентабельность активов, %	34	2,32	2,02	3,2	3,99
Рентабельность продаж, %	10,65	3,35	2,86	2,98	2,73

Источник: составлено автором на основе данных из годовых отчетов компаний

4. Поэтапное применение набора принципов многокритериального анализа.

В соответствии с целью анализа эффективности деятельности рассматриваемых организаций воспользуемся принципами многокритериального анализа для получения результирующего ранжирования компаний атомной энергетики.

1. *Принцип доминирования.* Согласно данным из табл. 2.2 принцип доминирования не дает возможность определить более эффективную компанию среди множества.

2. *Принцип Парето.* Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более эффективных компаний, куда попадают организации с лучшими значениями рассматриваемых показателей, значения выделены зеленым цветом в табл. 2.3. В результате в множество более эффективных компаний попадают сегмент CGN, Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом» и сегмент KEPSCO. Сегмент корпорации Framatome, сегмент корпорации CNNC относятся к менее эффективным компаниям.

Таблица 2.3. Применение принципов многокритериального анализа. Первый этап

Компании / Показатели	Инжиниринговый дивизион ГК «Росатом»	Сегмент China General Nuclear Power Corporation	Сегмент China Nuclear Industry Construction	Сегмент Korea Electric Power Corp.	Сегмент Framatome
TPIndex, тыс. € / чел	142	226	175	137,6	135,6
Доля строящихся АЭС в мире, %	37	11	23	14	11
Валовая прибыль / кол-во сотрудников, тыс. €/ чел.	20,86	31,42	18,17	43,42	12,35
Чистая прибыль / кол-во сотрудников, тыс. €/ чел.	15,16	7,57	3,26	4,1	3,71
Рентабельность активов, %	34	2,32	2,02	3,2	3,99
Рентабельность продаж, %	10,65	3,35	2,86	2,98	2,73

Источник: составлено автором

Второй этап – применение принципа Парето к множеству менее эффективных организаций. На данном этапе с целью определения наиболее эффективной организации в множестве

неэффективных организаций выделяются лучшие значения рассматриваемых показателей в голубой цвет в табл. 2.4. Как видно из таблицы, наиболее эффективную организацию на данном этапе определить нельзя.

Таблица 2.4. Применение принципов многокритериального анализа. Второй этап

Показатели \ Компании	Сегмент China Nuclear Industry Construction	Сегмент Framatome
TPIndex, тыс. € / чел	175	135,6
Доля строящихся АЭС в мире, %	23	11
Валовая прибыль / кол-во сотрудников, тыс. €./ чел.	18,17	12,35
Чистая прибыль / кол-во сотрудников, тыс. €./ чел.	3,26	3,71
Рентабельность активов, %	2,02	3,99
Рентабельность продаж, %	2,86	2,73

Источник: составлено автором

3. Сравнение организаций при выделении разных главных показателей и переводе остальных показателей эффективности в разряд ограничений

Совместно рассматриваются компании из одного множества, определенного ранее. Вследствие наличия комплекса экономических показателей эффективности деятельности компаний рассматриваются разные варианты выбора главного показателя эффективности деятельности и, следовательно, различные результаты ранжирования, что актуально для разных заинтересованных лиц в отдельности.

1. Главный показатель – доля строящихся АЭС в мире, %.

Результат анализа организаций из множества эффективных компаний при применении принципа выделения главного показателя, в качестве которого рассматривалась доля строящихся АЭС в мире, приведен на рис. 2.7. Результат аналогичного анализа компаний из множества неэффективных компаний приведен на рис. 2.8.

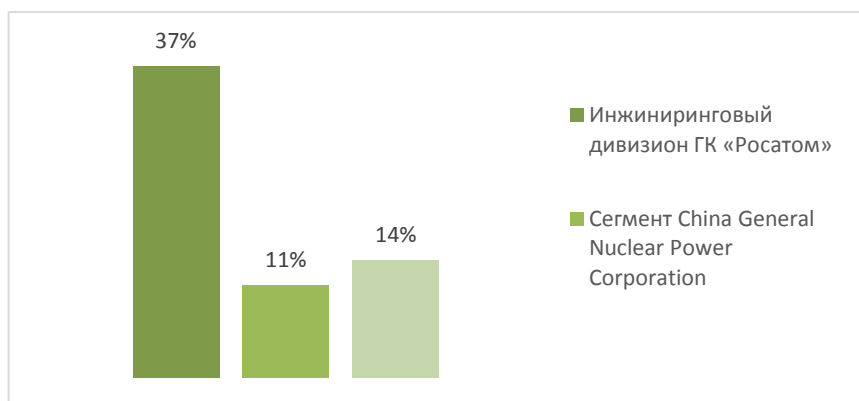


Рисунок 2.7. Анализ компаний из множества эффективных компаний по показателю доли строящихся АЭС в мире, %

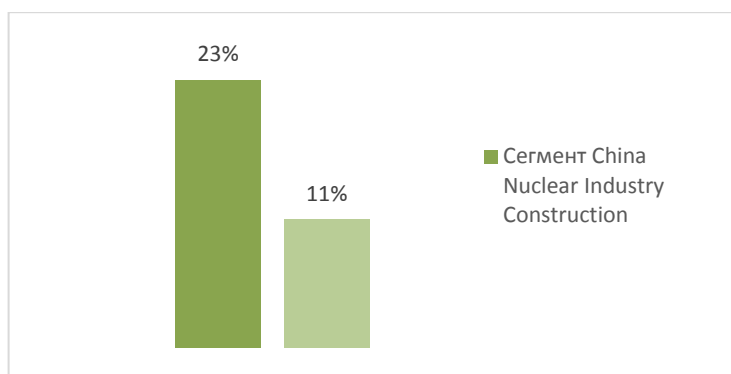


Рисунок 2.8. Анализ компаний из множества неэффективных компаний по показателю доли строящихся АЭС в мире, %

В данном случае результат ранжирования в данном случае выглядит следующим образом: 1 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 2 – Сегмент КЕРСО, 3 – Сегмент корпорации CGN, 4 – CNNC, 5 – Framatome.

2. Главный показатель – производительность труда (TPIndex), тыс. € / чел.

Результат анализа компаний из множества эффективных компаний при применении принципа выделения главного показателя, в качестве которого рассматривалась производительность труда (TPIndex), приведен на рис. 2.9. Результат аналогичного анализа компаний из множества неэффективных компаний приведен на рис. 2.10.

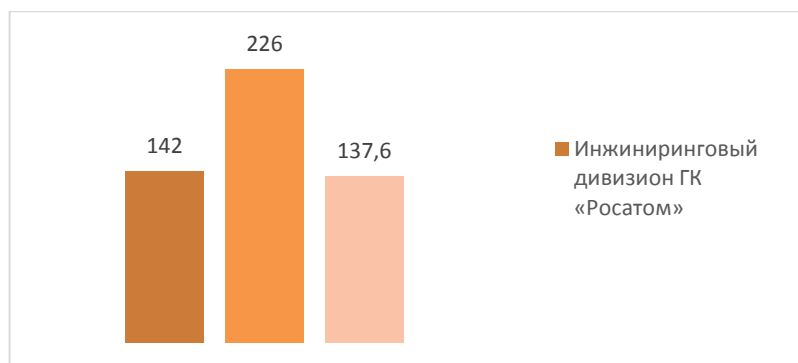


Рисунок 2.9. Анализ компаний из множества эффективных компаний по показателю производительности труда, тыс. € / чел.

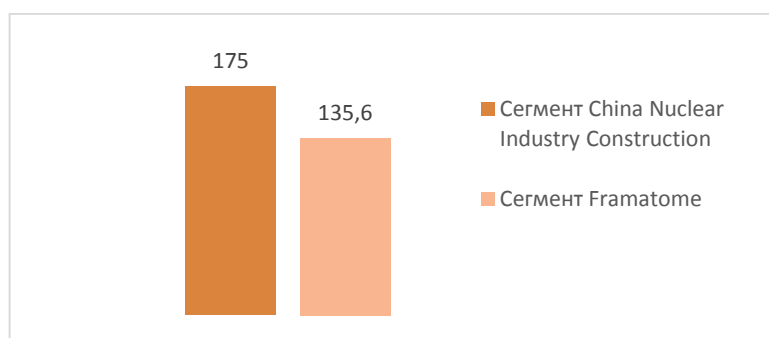


Рисунок 2.10. Анализ компаний из множества неэффективных компаний по показателю производительности труда, тыс. € / чел.

В данном варианте результат ранжирования в данном случае выглядит следующим образом: 1 – Сегмент корпорации CGN, 2 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 3 – Сегмент КЕРСО, 4 – CNNC, 5 – Framatome.

3. Главный показатель – рентабельность продаж, %.

Результат анализа компаний из множества эффективных компаний при применении принципа выделения главного показателя, в качестве которого рассматривалась рентабельность продаж, приведен на рис. 2.11. Результат аналогичного анализа компаний из множества неэффективных компаний приведен на рис. 2.12.

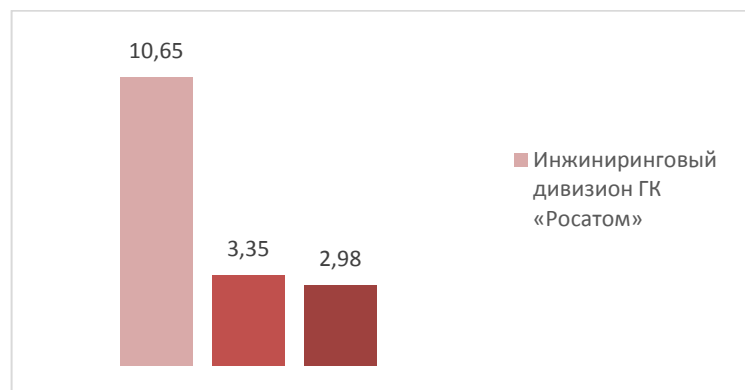


Рисунок 2.11. Анализ компаний из множества эффективных компаний по показателю рентабельности продаж, %

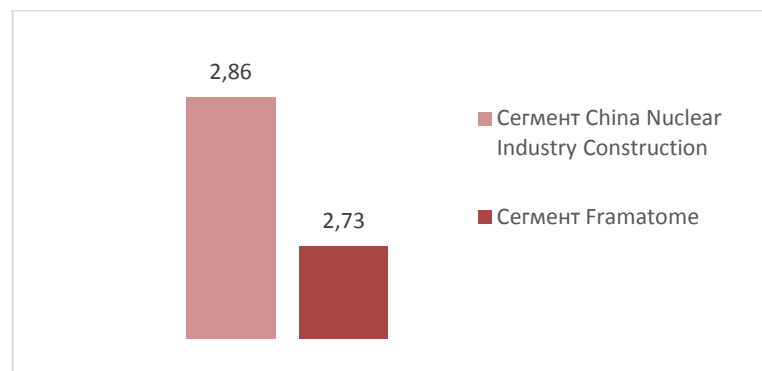


Рисунок 2.12. Анализ компаний из множества неэффективных компаний по показателю рентабельности продаж, %

В таком варианте результат ранжирования в данном случае выглядит следующим образом: 1 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 2 – Сегмент корпорации CGN, 3 – Сегмент КЕРСО, 4 – CNNC, 5 – Framatome.

5. *Согласование результатов, найденных при применении набора принципов многокритериального анализа.*

Результаты применения различных показателей в роли главных показателей привел к следующим вариантам ранжирования:

- 1 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 2 – Сегмент КЕРСО, 3 – Сегмент корпорации CGN, 4 – CNNC, 5 – Framatome;
- 1 – Сегмент корпорации CGN, 2 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 3 – Сегмент КЕРСО, 4 – CNNC, 5 – Framatome;
- 1 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 2 – Сегмент корпорации CGN, 3 – Сегмент КЕРСО, 4 – CNNC, 5 – Framatome.

В случае необходимости анализа по совокупности показателей можно применить принцип определения весовых коэффициентов. За первое место в предварительном ранжировании дается 5 баллов, за второе – 4, за третье – 3, за четвертое – 2, за пятое – 1.

Тогда Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом» получает 14 баллов, Сегмент CGN – 12 баллов, Сегмент КЕРСО – 10 баллов, CNNC – 6 балла, Framatome – 3 баллов. Следовательно, рейтинг компаний следующий: 1 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 2 – Сегмент CGN, 3 – Сегмент КЕРСО, 4 – CNNC, 5 – Framatome.

6. Формирование рейтинга инжиниринговых компаний по совокупности экономических показателей эффективности.

Итоговое результирующее ранжирование выглядит следующим образом: 1 – Инжиниринговый Дивизион ГК «Росатом», 2 – Сегмент CGN, 3 – Сегмент КЕРСО, 4 – CNNC, 5 – Framatome.

В результате анализа крупнейших компаний атомного инжиниринга сделаны следующие, перечисленные далее выводы.

1. Лидерами на мировом рынке атомного инжиниринга стали Инжиниринговый дивизион Госкорпорации «Росатом» и инжиниринговый сегмент китайской корпорации CGN, благодаря своей широкой специализации и диверсификации деятельности в области инжиниринга ядерных объектов.

2. Инжиниринговый сегмент китайской корпорации CNNC и инжиниринговый сегмент корейской корпорации КЕРСО Engineering & Construction Company имеют стабильно высокие экономические показатели как залог устойчивого развития. Компании имеют возможности наращивания портфеля заказов и диверсификации деятельности.

3. Последнее место в рейтинге крупнейших компаний атомного инжиниринга занимает французская компания Framatome, которая вышла из предбанкротного состояния благодаря реструктуризации и крупным госзаказам. Сейчас компания активно старается увеличивать портфель заказов и улучшить свое финансовое состояние.

Таким образом, в разделе представлена методика анализа эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального выбора. Данная методика применена при анализе отечественных и зарубежных

инжиниринговых компаний атомной энергетики на международном рынке. Применение предложенной методики актуально при участии организаций в конкурсах и тендерах, при определении инвестиционной привлекательности организаций. Данная методика может использоваться административными организациями, заказчиками проектов и др.

2.3. Методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей

В предыдущем параграфе рассматривалась методика определения эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной отрасли по экономическим показателям. При анализе эффективности деятельности компаний ГК «Росатом» и других компаний атомной энергетики необходимо учитывать множество специфических особенностей их деятельности.

Главной особенностью компаний атомной энергетики является первостепенная роль вопросов безопасности деятельности компаний и надежности выпускаемой продукции и предоставляемых услуг. В большинстве случаев деятельность инжиниринговых компаний атомной отрасли связана с обращением ядерных и радиоактивных веществ, в связи с чем к компаниям предъявляются высокие требования по экологическим показателям, высокие требования по обеспечению безопасности работы АЭС. Кроме этого на экономическое эффективное развитие компаний непосредственное и сильное влияние оказывает ее инновационное развитие и новые технологии. Таким образом, при оценке эффективности развития и деятельности инжиниринговых компаний необходимо анализировать не только экономическую составляющую деятельности, но и экологическую, инновационную, социальную составляющую, а также показатели безопасности.

Следовательно, в целях развития предложенного метода в п. 2.1 разработана методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей.

Смысл методики заключается в развитии разработанного метода и определении основных этапов, которые необходимо предпринять для определения эффективности деятельности инжиниринговых компаний с учетом разных направлений развития компаний.

В качестве анализируемых групп могут рассматриваться:

- группа экономических показателей (сокращение эксплуатационных расходов при обслуживании АЭС, %, снижение удельных капитальных вложений на 1 кВт вводимой мощности при сооружении АЭС, %, рост портфеля заказов на сооружение энергоблоков АЭС, %, и т.д.);

- группа социальных показателей (коэффициент частоты травм с временной потерей трудоспособности (LTIFR), %, количество сотрудников, прошедших курсы повышения квалификации сфере управление жизненным циклом, %, и другие);
- группа показателей безопасности (доля инцидентов, повлекших облучение персонала, %, перевод ядерно и радиационно опасных объектов в экологически безопасное состояние, %, и т.д.);
- группа экологических показателей (сокращение образования чрезвычайно опасных и высокоопасных отходов, %, сокращение образования III – V класса отходов, %, сокращение выброса загрязняющих веществ в атмосферу при сооружении АЭС, %, и другие);
- группа инновационных показателей (прирост объема реализации инновационной продукции и услуг, %, прирост подачи патентов на изобретения и полезные модели, %, и т.д.).

Особенность данной методики заключается в применении комплексного подхода, который включает: применение не одной группы, а нескольких групп показателей эффективности и использование набора принципов многокритериального анализа.

На рис. 2.13 представлены основные этапы методики в виде блок-схемы.

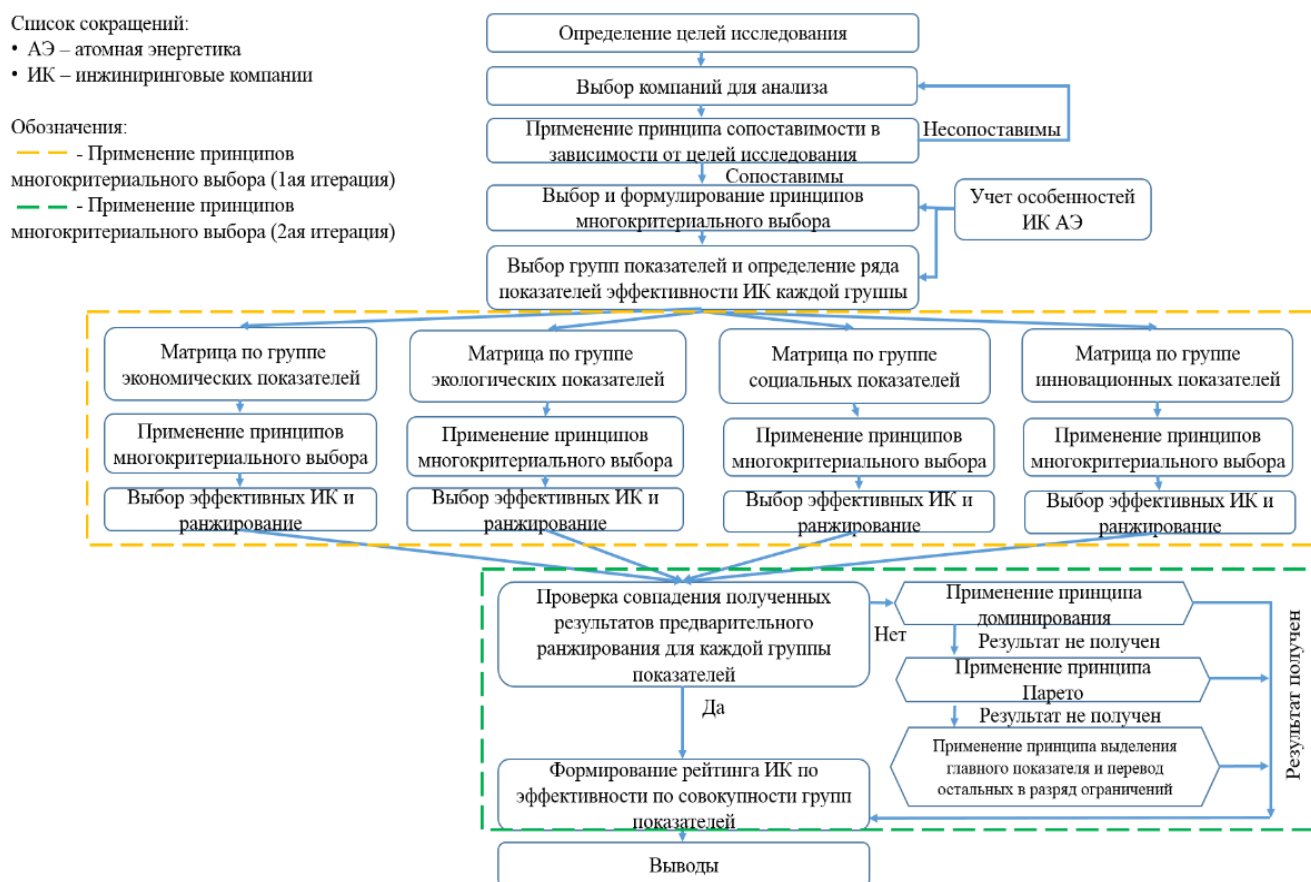


Рисунок 2.13. Основные этапы методики анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетике по совокупности групп показателей

Представим подробно основные этапы авторской методики анализа эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей.

1. Определение целей исследования.

$$Ц = \{Ц_i\}, i=1,n$$

В качестве целей «Ц_i» могут выступать: оценка эффективности деятельности отечественных инжиниринговых компаний различных отраслей промышленности, анализ эффективности деятельности зарубежных предприятий – конкурентов, учет интересов сторон, заинтересованных в деятельности анализируемых предприятий и т.п.

2. Выбор инжиниринговых компаний с целью анализа их эффективности деятельности и ранжирования.

$$ИК = \{ИК_i\}, i=1,n$$

В качестве инжиниринговых компаний «ИК» могут рассматриваться отечественные и зарубежные инжиниринговые компании атомной энергетики.

3. Применение принципа сопоставимости рассматриваемых компаний.

В качестве условий сопоставимости могут быть: сроки проектирования и сооружения АЭС, условия удовлетворения требований потребителя, выполнение стандартов и нормативов, выполнение требований безопасности АЭС и др.

4. Выбор и формулирование принципов многокритериального анализа с учетом особенностей инжиниринговых компаний атомной энергетики.

5. Определение ряда показателей эффективности инжиниринговых компаний каждой группы показателей с учетом особенностей инжиниринговых организаций атомной отрасли.

$$К = \{К_{Г_i}\}, i=1, T$$

«К_{Г_i}» – группа показателей эффективности с номером *i*. Группы показателей {К_{Г_i}} могут иметь: экономическое, социальное, экологическое, инновационное и иное содержание.

6. Составление матрицы в виде таблицы по группе экономических показателей эффективности деятельности инжиниринговых компаний.

В табл. 2.5 представим матрицу с первой группой показателей – экономических показателей.

Таблица 2.5. Матрица эффективности с группой экономических показателей

Экономические показатели Инжиниринговые компании	ПЭ ₁	ПЭ ₂	...	ПЭ _n
ИК1	Э ₁₁	Э ₁₂	...	Э _{1n}
ИК2	Э ₂₁	Э ₂₂	...	Э _{2n}
...
ИК _m	Э _{m1}	Э _{m2}	...	Э _{mn}

Источник: составлено автором

Введены следующие обозначения:

- $ИК_m$ – анализируемые инжиниринговые компании;
- $ПЭ_n$ – показатели экономические (рост портфеля заказов на сооружение энергоблоков АЭС, %, др.);
- $Э_{mn}$ – значения экономических показателей каждой из анализируемых компаний.

7. Применение принципов многокритериального анализа, выбор эффективных инжиниринговых компаний и ранжирование остальных по группам показателей.

Порядок ранжирования компаний по каждой группе показателей следующий:

- 1) реализация принципа доминирования применительно к каждой рассматриваемой группе показателей. Если с помощью данного принципа невозможно определить наиболее эффективные компании, то применяют принцип Парето;
- 2) применение принципа Парето – компании разделяются на подмножество эффективных и неэффективных;
- 3) реализуется принцип выделения главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений.

Получаем таблицы с результатами предварительного ранжирования по выбранной группе показателей.

В табл. 2.6 представим матрицу с результатом ранжирования первой группы показателей, где $R(ИК_m)1$ – ранг инжиниринговой компании при ранжировании по экономическим показателям.

Таблица 2.6. Результаты ранжирования по экономическим показателям

Экономические показатели Инжиниринговые компании	$ПЭ_1$	$ПЭ_2$	...	$ПЭ_n$	$R(ИК)1$
$ИК_1$	$Э_{11}$	$Э_{12}$	...	$Э_{1n}$	$R(ИК_1)1$
$ИК_2$	$Э_{21}$	$Э_{22}$	...	$Э_{2n}$	$R(ИК_2)1$
...
$ИК_m$	$Э_{m1}$	$Э_{m2}$	...	$Э_{mn}$	$R(ИК_m)1$

Источник: составлено автором

8. Составление матрицы в виде таблицы по группе экологических показателей эффективности функционирования инжиниринговых компаний.

В табл. 2.7 представим матрицу со второй группой показателей – экологических показателей.

Таблица 2.7. Матрица эффективности с группой экологических показателей

Экологические показатели Инжиниринговые компании	ПЭК ₁	ПЭК ₂	...	ПЭК _n
ИК ₁	ЭК ₁₁	ЭК ₁₂	...	ЭК _{1n}
ИК ₂	ЭК ₂₁	ЭК ₂₂	...	ЭК _{2n}
...
ИК _m	ЭК _{m1}	ЭК _{m2}	...	ЭК _{mn}

Источник: составлено автором

Введены следующие обозначения:

- ИК_m – анализируемые инжиниринговые компании;
- ПЭК_n – показатели экологические (сокращение образования III – V класса отходов, %, сокращение выброса загрязняющих веществ в атмосферу при сооружении АЭС, %, и др.);
- Э_{mn} – значения экологических показателей каждой из анализируемых компаний.

9. Применение принципов многокритериального выбора, выбор эффективных компаний и ранжирование остальных по группе экологических показателей.

В табл. 2.8 представим матрицу с результатом ранжирования второй группы показателей, где R(ИК_m)₂ – ранг инжиниринговой компании при ранжировании по экологическим показателям.

Таблица 2.8. Результаты ранжирования по экологическим показателям

Экологические показатели Инжиниринговые компании	ПЭК ₁	ПЭК ₂	...	ПЭК _n	R(ИК) ₂
ИК ₁	ЭК ₁₁	ЭК ₁₂	...	ЭК _{1n}	R(ИК ₁) ₂
ИК ₂	ЭК ₂₁	ЭК ₂₂	...	ЭК _{2n}	R(ИК ₂) ₂
...
ИК _m	ЭК _{m1}	ЭК _{m2}	...	ЭК _{mn}	R(ИК _m) ₂

Источник: составлено автором

10. Составление матрицы в виде таблицы по группе социальных показателей эффективности функционирования инжиниринговых компаний.

В табл. 2.9 представим матрицу с третьей группой показателей – социальных показателей. Введены следующие обозначения:

- ИК_m – анализируемые инжиниринговые компании;

- $ПС_n$ – показатели социальные (уровень травматизма, уровень профессиональных заболеваний, количество сотрудников, прошедших курсы повышения квалификации в сфере управление жизненным циклом и др.);
- C_{mn} – социальные показатели каждой из анализируемых компаний.

Таблица 2.9. Матрица эффективности с группой социальных показателей

Социальные показатели Инжиниринговые компании	$ПС_1$	$ПС_2$	...	$ПС_n$
ИК1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1n}
ИК2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2n}
...
ИК _m	C_{m1}	C_{m2}	...	C_{mn}

Источник: составлено автором

11. Применение принципов многокритериального выбора, выбор эффективных компаний и ранжирование остальных по группе социальных показателей.

В табл.2.10 представим матрицу с результатом ранжирования третьей группы показателей, где $R(ИК_m)З$ – ранг инжиниринговой компании при ранжировании по социальным показателям.

Таблица 2.10. Результаты ранжирования по социальным показателям

Социальные показатели Инжиниринговые компании	$ПС_1$	$ПС_2$	...	$ПС_n$	$R(ИК)З$
ИК ₁	C_{11}	C_{12}	...	C_{1n}	$R(ИК_1)З$
ИК ₂	C_{21}	C_{22}	...	C_{2n}	$R(ИК_2)З$
...
ИК _m	C_{m1}	C_{m2}	...	C_{mn}	$R(ИК_m)З$

Источник: составлено автором

12. Составление матрицы в виде таблицы по группе инновационных показателей эффективности инжиниринговых компаний.

В табл. 2.11 представим матрицу с четвертой группой показателей – инновационных показателей.

Введены следующие обозначения:

- $ИК_m$ – анализируемые инжиниринговые компании;
- $ПИ_n$ – показатели инновационные (прирост объема реализации инновационной

продукции и услуг, прирост подачи патентов на изобретения и полезные модели и др.);

- C_{mn} – инновационные показатели каждой из анализируемых компаний.

Таблица 2.11. Матрица эффективности с группой инновационных показателей

Инновационные показатели Инжиниринговые компании	ПИ ₁	ПИ ₂	...	ПИ _n
ИК ₁	И ₁₁	И ₁₂	...	И _{1n}
ИК ₂	И ₂₁	И ₂₂	...	И _{2n}
...
ИК _m	И _{m1}	И _{m2}	...	И _{mn}

Источник: составлено автором

13. Применение принципов многокритериального выбора, выбор эффективных компаний и ранжирование остальных по группе инновационных показателей.

В табл. 2.12 представим матрицу с результатом ранжирования четвертой группы показателей, где $R(ИК_m)4$ – ранг инжиниринговой компании при ранжировании по инновационным показателям.

Таблица 2.12. Результаты ранжирования по инновационным показателям

Инновационные показатели Инжиниринговые компании	ПИ ₁	ПИ ₂	...	ПИ _n	R(ИК) ₄
ИК ₁	И ₁₁	И ₁₂	...	И _{1n}	R(ИК ₁) ₄
ИК ₂	И ₂₁	И ₂₂	...	И _{2n}	R(ИК ₂) ₄
...
ИК _m	И _{m1}	И _{m2}	...	И _{mn}	R(ИК _m) ₄

Источник: составлено автором

14. Осуществление проверки совпадения полученных результатов предварительного ранжирования для каждой группы показателей.

Сформируем табл. 2.13 с результатами ранжирования по группам показателей.

В результате проверки совпадения полученных результатов предварительного ранжирования возможны следующие ситуации:

- результаты совпадают.
- результаты не совпадают.
- результаты совпадают частично.

Таблица 2.13. Общая таблица с результатами ранжирования по группам показателей

Группа показателей Инжиниринговые компании	По экономическим показателям	По экологическим показателям	По социальным показателям	По инновационным показателям
	R(ИК)1	R(ИК)2	R(ИК)3	R(ИК)4
ИК ₁	R(ИК ₁)1	R(ИК ₁)2	R(ИК ₁)3	R(ИК ₁)4
ИК ₂	R(ИК ₂)1	R(ИК ₂)2	R(ИК ₂)3	R(ИК ₂)4
...
ИК _m	R(ИК _m)1	R(ИК _m)2	R(ИК _m)3	R(ИК _m)4

Источник: составлено автором

15. При несовпадении результатов ранжирования реализуется согласование принимаемых решений с использованием набора принципов многокритериального выбора.

В качестве средств согласования принимаемых решений могут выступать: изменение требований к отдельным показателям (экономическим, социальным, инновационным и др.), внесение корректив в постановку задач, изменение тех или иных нормативов и т.п.

16. Формирование рейтинга инжиниринговых организаций по эффективности в соответствии с анализом по совокупности групп показателей.

В табл. 2.14 применим принципы многокритериального анализа к сводной таблице результатов ранжирования (табл. 2.13).

Таблица 2.14. Выбор эффективной компании с помощью применения принципов многокритериального анализа

Группа показателей Инжиниринговые компании	По экономическим показателям	По экологическим показателям	По социальным показателям	По инновационным показателям
	R(ИК)1	R(ИК)2	R(ИК)3	R(ИК)4
ИК ₁	R(ИК ₁)1	R(ИК ₁)2	R(ИК ₁)3	R(ИК ₁)4
ИК ₂	R(ИК ₂)1	R(ИК ₂)2	R(ИК ₂)3	R(ИК ₂)4
...
ИК _m	R(ИК _m)1	R(ИК _m)2	R(ИК _m)3	R(ИК _m)4

Источник: составлено автором

Применим выбранные принципы многокритериального анализа последовательно и аналогично как на этапе применения принципов многокритериального анализа по группам показателей. В результате применения принципов многокритериального выбора ранжируем решения в каждом из множеств, определенных на этапе реализации принципа Парето. Выделяем цветом

наилучшие результаты в данном случае ранги, в соответствии с применением принципов доминирования, Парето и других. Соединяем результаты ранжирования множеств в общее ранжирование решений.

Пример реализации данного этапа приведен в табл. 2.15.

Таблица 2.15. Пример применения принципов многокритериального анализа к результатам ранжирования

Группа показателей Инжиниринговые компании	По группе экономических показателей	По группе экологических показателей	По группе социальных показателей	По группе инновационных показателей
	R(ИК)1	R(ИК)2	R(ИК)3	R(ИК)4
ИК ₁	3	4	4	4
ИК ₂	2	1	3	1
ИК ₃	1	2	1	3
ИК ₄	4	3	2	2

Источник: составлено автором

В данном примере принцип доминирования неприменим, следовательно, реализуется принцип Парето. На первом этапе применения принципа Парето выделяются множество наиболее эффективных компаний ИК₂ и ИК₃ (выделение зеленым цветом), во множество менее эффективных попадает ИК₄ (выделение голубым цветом), во множество неэффективных – ИК₁ (выделение желтым цветом). К множеству эффективных компаний ИК₂ и ИК₃ применим принцип выделения главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений, для этого выберем группу экономических показателей как определяющую. Следовательно, общий рейтинг компаний по совокупности групп показателей будет следующий: 1 – ИК₃, 2 – ИК₂, 3 – ИК₄, 4 – ИК₁.

17. Анализ результатов и выводы.

В результате применения рассматриваемой методики первое место занимает наиболее эффективная инжиниринговая компания с точки зрения разных заинтересованных сторон.

Таким образом, в параграфе сформулирована методика выбора эффективных организаций на базе комплексного подхода, который включает несколько групп показателей эффективности. Разработанная методика позволяет повысить объективность анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики с помощью учета различных направлений развития компании.

Данная методика с использованием экономических, показателей безопасности, экологических, инфраструктурных и социальных групп показателей может применяться при

анализе инжиниринговых компаний, входящих в состав Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом».

2.4. Метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды

Обоснование необходимости формулирования метода определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в условиях неопределенности внешней среды

В современных условиях экономической нестабильности, сильного влияния внешнеполитических и внутривнутриполитических процессов, введенных в действие санкций, роста конкуренции на рынках, внедрении новых технологий получения, преобразования и использования энергии, инфляционных процессов при анализе эффективности деятельности Инжинирингового Дивизиона необходимо учитывать условия неопределенности внешней среды.

Примерами факторов неопределенности, влияющих на деятельность инжиниринговых компаний, являются:

- введение экономических санкций на деятельность организаций ГК «Росатом», в соответствии с которыми ряд европейских стран объявили о запрете на сотрудничество с российскими компаниями в области ядерной энергетики;
- введение экономических санкций, включающих в себя ограничение финансовой системы Российской Федерации;
- введение экономических санкций, накладывающих ограничение деятельности множества зарубежных промышленных компаний, в том числе поставщиков оборудования и комплектующих для отечественных предприятий атомной отрасли, а также ограничение логистики;
- нестабильная эпидемиологическая ситуация в мире, пандемии, которые привели в 2020 году и могут привести снова к остановке работы множества предприятий и компаний атомной энергетики и других отраслей промышленности;
- колебания валютных курсов, инфляция;

- изменения цен на сырье и комплектующие, строительные материалы;
- неопределенность ставок дисконтирования проектов и процентных ставок;
- наличие внутривластного влияния, как наличие государственной поддержки, налоговых льгот и т.д. [33].

В связи с этим оценка экономической эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики значительно усложняется. Существующие в настоящее время методы и методики по определению экономической эффективности деятельности анализируемых систем различного назначения недостаточно учитывают:

- 1) проблему анализа в условиях многокритериальности экономической эффективности деятельности компаний;
- 2) проблему анализа в условиях неопределенности внешней среды экономической эффективности функционирования компаний;
- 3) специфику инжиниринговых компаний атомной энергетики.

Возникает необходимость разработки и дальнейшего развития теоретических и практических аспектов анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.

Метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды

Особенностью разработанного метода является совместное решение проблемы анализа экономической эффективности в условиях многокритериальности и неопределенности внешней среды, обусловленной высокой динамичностью развития экономических процессов, трансформацией мировых рынков, усилением конкуренции, инфляционными процессами и др.

При решении задач в условиях неопределенности возникает проблема выбора принципа оптимальности. Данная проблема характеризуется получением разных результатов при применении различных принципов оптимальности [48]. Предлагаемый метод дает возможность применять множество принципов оптимальности комплексно с помощью согласования результатов, полученных при применении каждого из принципов.

Таким образом, разработанный метод дает возможность решить совместно крупные научные проблемы, перечисленные далее.

1. Проблема анализа в условиях многокритериальности экономической эффективности деятельности компаний.

2. Проблема анализа в условиях неопределенности внешней среды экономической эффективности функционирования компаний.
3. Проблема применения набора принципов оптимальности.

Сущность метода анализа экономической эффективности компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды заключается в сочетании:

- 1) комплексного применения принципов оптимальности, таких как принципа оптимизма, пессимизма, принципа гарантированного результата, гарантированных потерь, принципа Сэвиджа и т.д., путем согласования результатов, получаемых при применении каждого из принципов;
- 2) комплексного применения принципов многокритериального анализа, а именно принципа доминирования, принципа Парето и др., с помощью согласования результатов, полученных при применении каждого из принципов;
- 3) возможности осуществления в рамках анализа нескольких итераций применения принципов оптимальности и/или принципов многокритериального анализа;
- 4) осуществление ранжирования компаний, выбранных для анализа, что наиболее актуально при наличии большого количества оцениваемых компаний, в частности для избежания ситуаций, в которых из-за ограниченности ресурсов и времени наиболее опасные конкуренты не будут проанализированы в ходе исследования.

Назовем основные этапы разработанного метода.

Этап 1. Ранжирование компаний при применении принципа оптимизма

Суть принципа оптимизма заключается в поиске оптимального сочетания неуправляемых факторов и наилучшего способа управления контролируруемыми факторами. Принцип оптимизма записывается следующим образом: $A_{\text{опт}}(X_0) = \max_{x \in X} \max_{y \in Y} A(x, y)$., при анализе затрат

применяется формула: $Z_{\text{опт}}(X_0) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} Z(x, y)$ [26].

Этап 2. Ранжирование компаний при применении принципа пессимизма

Принцип пессимизма подразумевает нерациональное использование управляемых факторов и неблагоприятное воздействие неуправляемых факторов. Принцип пессимизма формулируется в виде: $B_{\text{пес}}(X_0) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} B(x, y)$.

В случае анализа матрицы затрат применяется формула: $Z_{\text{пес}}(X_0) = \max_{x \in X} \max_{y \in Y} Z(x, y)$ [26].

Этап 3. Ранжирование компаний с помощью принципа гарантированного результата

При применении данного принципа сначала выбираются компании с наихудшими значениями показателей, затем среди них выбираются с наилучшими результатами. Принцип гаран-

тированного результата формулируется в виде: $C_{\Gamma}(x_{opt}) = \max_{x \in X} \min_{y \in Y} C(x, y)$ [17].

Этап 4. Ранжирование компаний при использовании принципа Сэвиджа

Применение данного принципа основывается на определении ущерба.

Принцип Сэвиджа формулируется следующим образом: $D_{\Gamma}(X_{opt}) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} D(x, y)$

[108].

Этап 5. Осуществление проверки совпадения полученных результатов предварительного ранжирования

В результате проверки возможны следующие ситуации:

- 1) результаты совпадают;
- 2) результаты не совпадают;
- 3) результаты совпадают частично.

Этап 6. Выбор и формулирование принципов многокритериального анализа

Могут применяться следующие принципы: доминирования, Парето, выделение главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений и другие.

Этап 7. Определение наиболее эффективных инжиниринговых компаний с помощью применения принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования

В результате разработанный метод анализа экономической эффективности деятельности компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды представляет возможность определить состав ближайших и наиболее опасных конкурентов, на которых необходимо обратить внимание, дальнейший подробный анализ которых в большей степени будет соответствовать поставленным целям стратегического анализа.

Данный метод является универсальным и может применяться для анализа инжиниринговых компаний разных отраслей промышленности, таких как топливной промышленности, машиностроения и электроэнергетики. Практическое применение метода необходимо при осуществлении стратегического анализа экономических объектов, в том числе Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», инжиниринговых компаний ГК «Росатом», также с помощью разработанного метода анализ может производиться на нескольких этапах стратегического управления.

На основе данного метода разработана методика анализа экономической эффективности объектов в области энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды; реализовано развитие методики SWOT-анализа применительно к инжиниринговым компаниям атомной энергетики.

2.5. Методика анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей

При анализе эффективности объектов энергетики в условиях неопределенности внешней среды и многокритериальности на практике необходима реализация аспектов предложенного ранее метода анализа экономической эффективности деятельности объектов на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды. В связи с этим разработана методика анализа экономической эффективности объектов в области энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды.

Сущность методики заключается в представлении последовательности этапов реализации анализа экономической эффективности деятельности объектов в области энергетики на основе совокупного применения комплекса принципов оптимальности и комплекса принципов многокритериального анализа.

На рис. 2.14 представлены основные этапы методики в виде блок-схемы.

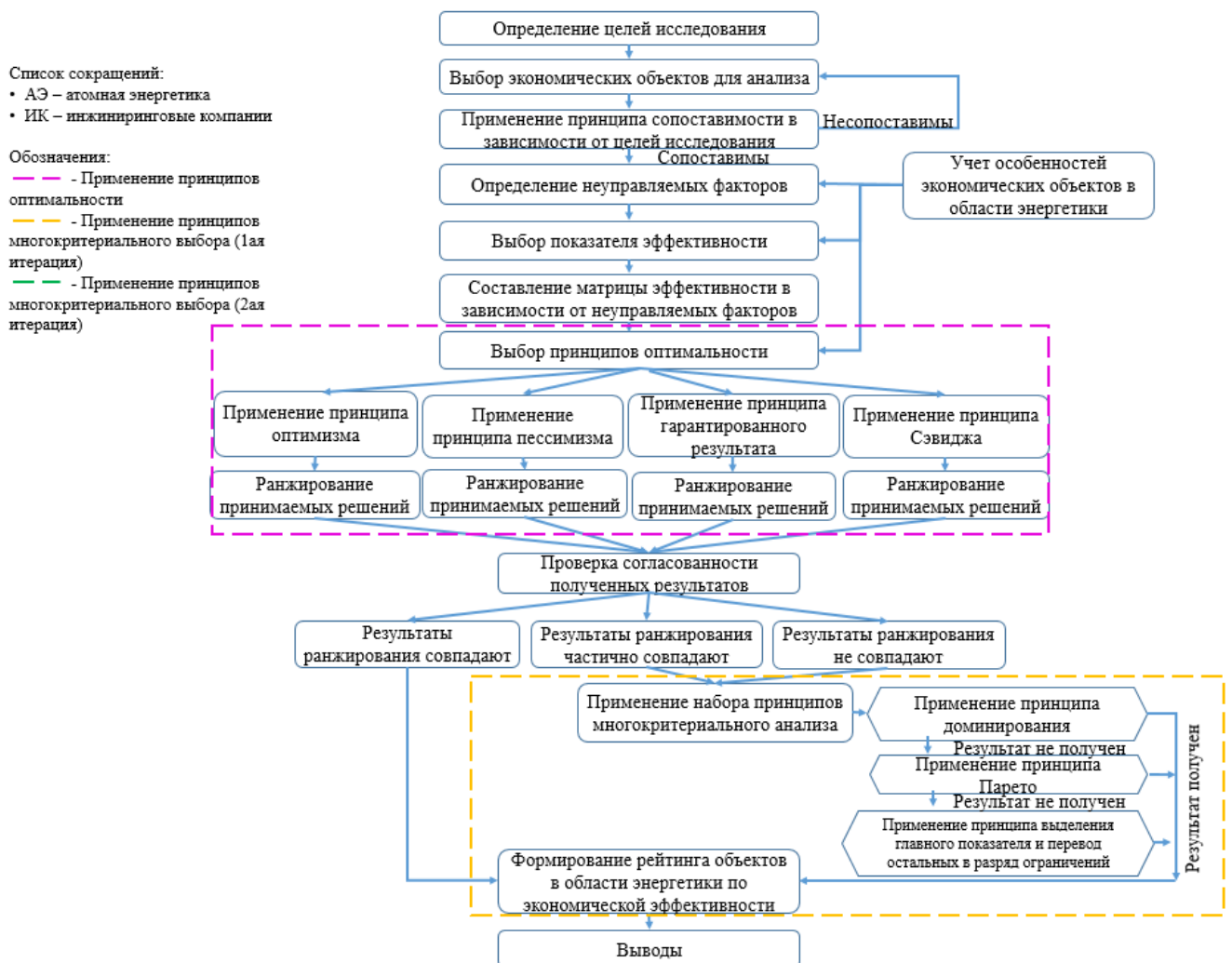


Рисунок 2.14. Основные этапы методики анализа экономической эффективности деятельности

Особенностью разработанной методики является:

- совместное решение проблемы анализа экономической эффективности в условиях многокритериальности и неопределенности внешней среды, обусловленной требованиями длительного жизненного цикла объектов атомной энергетики (не менее 60 лет), значительной стоимостью и длительными сроками строительства атомных станций, сложностью проектирования, неопределенностью во внутривнутриполитических и внешнеполитических процессах и т.д.;
- комплексное применение различных принципов оптимальности, путем согласования результатов, получаемых при применении каждого из принципов, что решает проблему получения различных результатов при применении разных принципов;
- комплексное применение различных принципов многокритериального анализа, путем согласования результатов;
- реализация принципа сопоставимости исследуемых экономических объектов;
- учет особенностей объектов в области энергетики.

Основные этапы предлагаемой в настоящей работе методики, следующие:

- 1) определение целей исследования;
- 2) выбор экономических объектов для анализа экономической эффективности;
- 3) применение принципа сопоставимости в зависимости от целей исследования;
- 4) определение неуправляемых факторов с учетом особенностей экономических объектов в области энергетики;
- 5) выбор показателей эффективности с учетом особенностей экономических объектов в области энергетики;
- 6) составление матрицы эффективности в зависимости от неуправляемых факторов;
- 7) выбор принципов оптимальности с учетом особенностей экономических объектов в области энергетики и осуществление ранжирования анализируемых альтернатив по каждому из выбранных принципов;
- 8) проверка согласованности результатов, полученных при ранжировании по каждому принципу оптимальности;
- 9) выбор и формулирование принципов многокритериального анализа.

Могут применяться следующие принципы: доминирования, Парето, выделение главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений и др.

1. Определение наиболее эффективных объектов анализа с помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор оптимального решения производится из результатов применения принципов оптимальности. Таким образом,

решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

2. Формирование рейтинга объектов в области энергетики по экономической эффективности.

3. Анализ результатов, оценка конкурентных позиций исследуемого объекта, сужение круга наиболее важных конкурентов для стратегического анализа.

Предлагаемая методика решает такие актуальные проблемы, как осуществление анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на практике, проблему ранжирования альтернатив в условиях неопределенности, проблему выбора принципа оптимальности.

Данная методика применена при анализе эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации, а также при анализе экономической эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран. Подробное применение разработанной методики на практических задачах приведено в главе 3 диссертационного исследования.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Сформулирован метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных сочетаний принципов и показателей эффективности, который совершенствует теорию многокритериального анализа для применения к компаниям атомной отрасли, в том числе к инжиниринговым компаниям. Отличительной особенностью предлагаемого метода является разработка пяти вариантов различных сочетаний принципов многокритериального анализа и показателей экономической эффективности в зависимости от ситуации, требований и количества исходных данных для проведения анализа эффективности деятельности компаний. В рамках метода рассмотрены и предложены решения возможных противоречий, возникающих при анализе эффективности деятельности компаний.

Разработанный метод был применен в предложенных в диссертации методиках. Применение метода актуально при стратегическом планировании, определении инвестиционной привлекательности компаний и предприятий атомной энергетики руководством ГК «Росатом», Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», инжиниринговых компаний ГК «Росатом», что также является задачей государственного уровня согласно энергетической стратегии РФ.

2. С целью развития и практического применения предложенного метода разработана методика определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа. Методика учитывает специфику инжиниринговых компаний атомной энергетики; реализует принцип сопоставимости инжиниринговых компаний атомной энергетики по ряду критериев; комплексно применяет принципы многокритериального анализа и имеет возможность применения для различных отраслей, корпораций на мировом рынке. Применение предложенной методики позволяет осуществлять анализ компании при участии в конкурсах и тендерах, при определении инвестиционной привлекательности компаний.

3. Осуществлена апробация разработанной методики анализа эффективности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода при анализе эффективности деятельности крупнейших инжиниринговых компаний атомной энергетики на мировом рынке. Реализован анализ экономической эффективности деятельности и фактического состояния крупнейших компаний сооружения АЭС на мировом рынке атомной энергетики, по результатам которого проведен сравнительный анализ отечественного инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» с зарубежными лидерами отрасли.

4. Разработана методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей, с целью развития предложенного метода. Отличительной особенностью методики является реализация комплексного подхода с использованием не одной группы показателей, а нескольких групп показателей эффективности и применением набора принципов многокритериального выбора. В качестве указанных групп показателей могут выступать: экологические, показатели безопасности, инновационные, экономические, социальные и другие группы показателей.

Разработанная методика позволяет повысить объективность анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики с помощью учета различных направлений развития компании. Данная методика с использованием экономических, показателей безопасности, экологических, инфраструктурных и социальных групп показателей может применяться при анализе инжиниринговых компаний, входящих в состав Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом».

5. Предложен метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды. Особенностью разработанного метода является совместное решение проблемы анализа экономической эффективности деятельности в условиях многокритериальности и неопределенности внешней среды, обусловленной высокой динамичностью развития экономических процессов, трансформацией мировых рынков, усилением конкуренции, инфляционными процессами и др. Предлагаемый метод дает возможность применять множество принципов оптимальности комплексно с помощью согласования результатов, полученных при применении каждого из принципов.

Разработанный метод представляет возможность определить состав ближайших и наиболее опасных конкурентов, на которых необходимо обратить внимание, дальнейший подробный анализ которых в большей степени будет соответствовать поставленным целям стратегического анализа. Практическое применение метода необходимо при осуществлении стратегического анализа экономических объектов, в том числе Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», инжиниринговых компаний ГК «Росатом», также с помощью разработанного метода анализ может производиться на нескольких этапах стратегического управления.

6. На основе предложенного ранее метода разработана методика анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей. Предлагаемая методика решает такие актуальные проблемы, как осуществление анализа эффективности деятельности объектов энергетики на практике, проблему ранжирования альтернатив в условиях неопределенности, проблему выбора принципа оптимальности. Подробное

применение разработанной методики на практических задачах приведено в главе 3 диссертационного исследования.

Глава 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

3.1. Анализ эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации в условиях неопределенности внешней среды

Факторы неопределенности внешней среды и их влияние на деятельность инжиниринговых компаний

Активная деятельность российских инжиниринговых компаний атомной энергетики на зарубежных рынках требует проведения оценки перспективности и экономической эффективности атомной энергогенерации.

Энергетическая отрасль во всем мире меняется очень быстро с появлением возобновляемых источников энергии. Соответственно, деятельность инжиниринговых организаций в энергетической сфере должна учитывать множество факторов, таких как экономическую эффективность, политическую составляющую бизнеса, изменение климата, общественное признание, безопасность и энергобезопасность и др. Кроме того, при сравнении экономической эффективности различных технологий электрогенерации, результаты анализа могут варьироваться в условиях неопределенности внешней среды.

Рассмотрим более подробно влияние факторов неопределенности внешней среды на характерные показатели энергогенерирующих установок, проектируемых инжиниринговыми компаниями. Инжиниринговые компании руководствуются рядом показателей генерирующих установок наиболее характерными из них являются мощность, КИУМ, удельные капитальные затраты, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание и другие. Наибольшую популярность при сравнении экономической эффективности различных объектов энергетики приобрел показатель нормированной стоимости электроэнергии (LCOE) [28, 80].

Мощность

Фактические показатели мощности электростанций зависят от многих факторов, характерных для местных условий работы установки.

Годовой коэффициент мощности игнорирует специфические режимы работы, такие как линейное изменение мощности, запуск и останов, которые могут быть важны для более детальной оценки стоимости электрогенерации.

Таким образом, влияние неопределенности внешней среды на мощность энергогенерирующих установок заключается в различных условиях работы (климат, рельеф, потребности и т.д.); в технологических возможностях выработки электроэнергии в зависимости от бесперебойной работы составляющего оборудования; в технологических особенностях потери эффективности оборудования по мере увеличения срока их службы; в особенности энергосистемы, в которую включена рассматриваемая установка и т.д.

КИУМ

«Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) — характеристика эффективности работы АЭС. Она равна отношению фактической энерговыработки установки за определённый период эксплуатации к теоретической при работе без остановок на номинальной мощности» [73].

Кроме факторов неопределенности имеющих влияние на мощность установки, на КИУМ влияют следующие факторы неопределенности внешней среды: решения и управление работой установки операторами и администрацией станции; изменения потребностей населения и промышленности региона в электроэнергии; техническая маневренность установки (наиболее маневренными являются установки гидроэлектростанций, чуть менее маневренными являются теплоэлектростанции на жидком топливе и газе, неманевренными являются атомные электростанции и теплоэлектростанции на твердом топливе) и др.

Капитальные затраты

Капитальные затраты установок различных технологий электрогенерации включают следующие статьи затрат:

- затраты владельцев (затраты на проектирование, на экологические, технико-экономические исследования, на страхование, юридические услуги и другое);
- основные расходы (оборудование, материалы, оплата труда, запуск в эксплуатацию и т.д.);
- инфраструктура (подъездные пути, здания для эксплуатации и обслуживания, приобретение земли, подготовка площадки, подземные коммуникации и другое);
- подключение к сети (внутренние и контрольные соединения, местное электрическое оборудование (например, распределительное устройство), силовая электроника и т.д.).

На каждую из рассмотренных статей затрат неопределенность имеет колоссальное влияние в связи с продолжительностью строительства, графиком расходов, внешнеполитическим

влиянием (например, санкции); внутривнутриполитическим влиянием, регулятивной неопределенностью и многим другим.

Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание

Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание установок различных технологий электрогенерации включают следующие статьи затрат:

- фиксированные расходы (страхование, аренда земли, юридические услуги, налоги, оплата труда сотрудников и т.д.);
- затраты на техническое обслуживание (общее техническое обслуживание, плановое и внеплановое техническое обслуживание);
- переменные затраты (расходные материалы, топливо (например, вода, химикаты, катализаторы и т. д.), утилизация отходов (например, зола, шлак, технологические отходы, побочные продукты, которые не продаются иным образом, и т. д.);
- стоимость замены (годовая текущая стоимость замены крупных компонентов в течение срока службы).

Неопределенность имеет сильное влияние на затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание в связи с изменениями стоимости топлива, с изменениями коэффициентов нагрузки энергетических установок, колебаниями цен на углерод (выбросы), изменениями цены на электроэнергию на рынке; внешнеполитическим влиянием (например, санкции); внутривнутриполитическим влиянием и т.д.

Нормированная стоимость электроэнергии (LCOE)

LCOE позволяет сравнивать различные источники энергии на протяжении всего жизненного цикла.

В показателе LCOE представлены затраты на строительство и эксплуатацию генерирующей установки в расчете на МВтч в течение предполагаемого срока службы объекта. Значение LCOE обычно рассчитывается следующим образом: общая стоимость жизненного цикла, деленная на общее производство энергии за весь срок службы. Он также рассчитывается путем деления чистой приведенной стоимости общих капитальных вложений (NPV) на дисконтированный выход энергии, что приводит к получению средних затрат на единицу энергии [13]. Приведенная далее формула (см. рис. 3.1) показывает, как рассчитывается LCOE с использованием различных входных переменных.

Данный способ расчета нормированной стоимости электроэнергии является простым и понятным, однако имеет множество допущений в соответствии с наличием неопределенности входных данных для анализа.

При анализе эффективности различных технологий электрогенерации экономическая привлекательность объектов имеет неопределенность в зависимости от предпочтений заинтересованных сторон.

$$LCOE = P_{MWh} = \frac{\sum (Cap_t + O \& M_t + F_t + Carb_t + D_t) \cdot (1+r)^{-t}}{\sum MWh_t \cdot (1+r)^{-t}}$$

где P_{MWh} – постоянная на всем жизненном цикле оплата поставщику за поставку электроэнергии (стоимость кВт*ч); MWh_t – количество произведенной электроэнергии в году t , МВт*ч; $(1+r)^{-t}$ – коэффициент дисконтирования для года t (отражает оплату стоимости капитала); Cap_t – полные капитальные затраты в году t ; $O \& M_t$ – операционные затраты в году t ; F_t – затраты на топливо в году t ; $Carb_t$ – затраты на оплату выбросов парниковых газов в году t ; D_t – затраты на обращение с отходами и вывод из эксплуатации в году t .

Рисунок 3.1. Нормированная стоимость электроэнергии [102]

Например, инвесторы в акционерный капитал стремятся получить прибыль от своих финансовых вложений и долгосрочного развития. Они пытаются найти оптимальный портфель акций и долговых обязательств, чтобы максимизировать получение прибыли. Кредитные инвесторы учитывают не только размер процентов, но и стабильность окупаемости вложений в долгосрочной перспективе.

Также влияет на LCOE следующие факторы неопределенности: ставки дисконтирования и процентные ставки, неопределенность капитальных затрат, неопределенность затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, коэффициенты мощности, схемы финансирования, наличие государственной поддержки, налоговые льготы и т.п.

Однако, LCOE также является важным инструментом, позволяющим сравнивать различные технологии производства энергии, такие как ветряные, солнечные и ядерные источники энергии, и другие. LCOE позволяет проводить сравнения независимо от разной продолжительности жизни цикла, различных капитальных затрат, масштаба объектов и различных рисков и наличия неопределенности. Это связано с тем, что LCOE отражает удельную стоимость произведенной электроэнергии, а риск (в следствие неопределенности) является следствием конкретной ставки дисконтирования, используемой для каждого энергетического актива.

Апробация разработанной методики при анализе эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации

В параграфе представлена апробация методики анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности

внешней среды по совокупности показателей при решении реальной практической задачи выбора наиболее эффективного направления инжиниринга для компаний среди разнообразия технологий генерации электроэнергии: атомные электростанции, электростанции на газе (ПГУ), гидроэлектростанции, электростанции на каменном угле, солнечные электростанции, ветряные электростанции.

Для каждого типа электрогенерации представлены в табл. 3.1 исходные данные для анализа. В таблицах приведены показатели LCOE для электростанций с различными технологиями генерации электроэнергии вместе с соответствующими показателями затрат и характеристиками эффективности, каждый из которых имеют три значения (минимальные, средние, максимальные) в связи с наличием неопределенности по ряду причин, выявленных в п. 3.1. Данные для анализа агрегированы по 24 странам, предоставившим свои данные для отчета IEA «Projected Costs of Generating Electricity» [68].

Таблица 3.1. Исходные данные

Технология	Количество станций / Кол-во стран	Чистая мощность, МВт			КИУМ, %			Удельные капитальные затраты, USD/kWe			Затраты на эксплуатацию и тех.обслуживание, USD/kWe			LCOE (USD/kWe)		
		Мин	Сред	Макс	Мин	Сред	Макс	Мин	Сред	Макс	Мин	Сред	Макс	Мин	Сред	Макс
Газ (ПГУ)	16 / 11	471	762	1 372	19	63	90	254	823	1 109	10	45	160	43	75	108
ТЭС (Каменный уголь)	11 / 6	138	693	954	70	78	85	800	1 897	4 382	25	65	140	75	82	110
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	7 / 4	5	85	248	39	55	67	2 326	3 557	6 681	20	47	90	48	68	103
АЭС	8 / 8	950	1 234	1 650	70	82	90	2 157	3 606	6 920	10	75	190	42	70	101
Солнечные ЭС	21 / 14	0.83	26	100	14	20	38	534	995	2 006	6	18	60	34	55	175
Ветряные ЭС Береговой ветер (≥ 1 МВт)	33 / 18	1	58	280	19	37	54	877	1 391	3 022	1	35	58	26	50	140

Анализ эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации по удельным капиталовложениям в условиях неопределенности внешней среды

Анализ проводится в соответствии с основными этапами методики.

1. Цель исследования – определить наиболее эффективное направление инжиниринга для компаний, проектирующих генерирующие установки, среди разнообразия технологий генерации электроэнергии по удельным капиталовложениям.
2. В качестве объектов анализа (управляемых факторов) выступают следующие технологии электрогенерации разных направлений инжиниринга, как газовые технологии (ПГУ), на каменном угле, гидростанции (русло реки, ≥ 5 МВт), ядерные установки, солнечные фотоэлектрические установки, технологии при использовании берегового ветра (≥ 1 МВт)
3. Сопоставимость технологий обеспечивается широкой распространённостью выбранных технологий электрогенерации. Также сопоставимость рассматриваемых электростанций анализировалась по относительному показателю – КИУМ (%) (рис. 3.2).

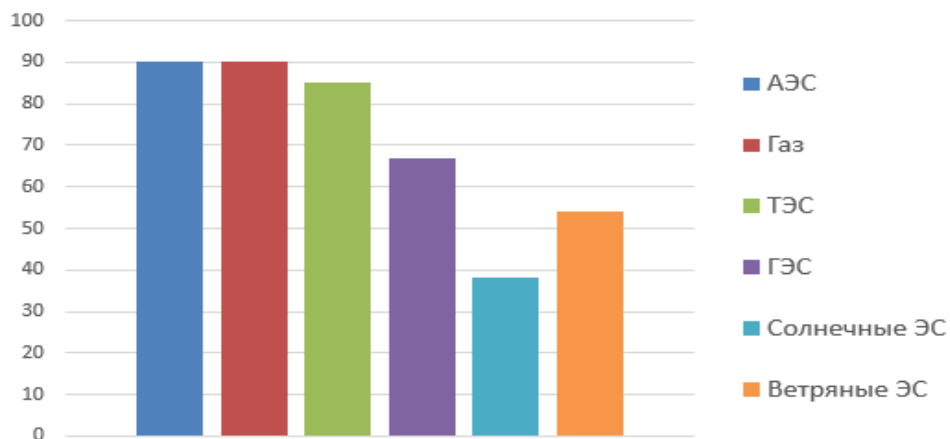


Рисунок 3.2. Анализ сопоставимости технологии электрогенерации по КИУМ (%)

Показатели производительности анализируемых технологий различаются несущественно, но выделяется небольшое значение КИУМ у технологии на фотоэлектрических установках. Однако разрыв по показателю КИУМ с фотоэлектрическими установками нивелируется техническими устройствами и очень низкими капитальными затратами, в соответствие с которыми имеется необходимость рассмотрения данной технологии наравне с остальными.

4. В качестве неуправляемых факторов выступает комплексная неопределенность, включающая в себя диапазон значений электрической мощности, неопределенность значения ставки дисконтирования, неопределенность курса валют и многое другое.
5. В роли показателя эффективности выбирается показатель удельных капиталовложений.

6. Матрица эффективности в зависимости от неуправляемых факторов (x) и управляемых факторов (y) имеет вид $\| F1 = F1(x, y) \|$ и отражена в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Матрица эффективности по показателю удельных капиталовложений

Значения показателей Тип электрогенерации	Удельные капиталовложения, USD/kWe		
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения
Газ (ПГУ)	254	823	1 109
ТЭС (Каменный уголь)	800	1 897	4 382
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	2 326	3 557	6 681
АЭС	2 157	3 606	6 920
Солнечные ЭС	534	995	2 006
Ветряные ЭС (Береговой ветер))	877	1 391	3 022

Источник: составлено автором

7. Реализуется комплексное применение принципов оптимальности.

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.3) анализируются удельные капитальные затраты, следовательно, принцип принимает вид $F_{\text{опт}}(X_0) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} F(x, y)$

Таблица 3.3. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

Значения показателей Тип электрогенерации	Удельные капиталовложения, USD/kWe			min F1(x,y)	min(min F1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	877	1 391	3 022	877	4
ТЭС (Каменный уголь)	800	1 897	4 382	800	3
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	2 326	3 557	6 681	2 326	6
АЭС	2 157	3 606	6 920	2 157	5
Солнечные ЭС	534	995	2 006	534	2
Ветряные ЭС (Береговой ветер, ≥ 1 МВт))	254	823	1 109	254	1

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.4) анализируются удельные капитальные затраты, следовательно, принцип принимает вид

$$F_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} F(x, y)$$

Таблица 3.4. Матрица эффективности при использовании принципа гарантированного результата

Значения показателей Тип электрогенерации	Удельные капиталовложения, USD/kWe			maxF1(x,y)	min(max F1(x,y))
	Минимальные значение	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	877	1 391	3 022	3022	3
ТЭС (Каменный уголь)	800	1 897	4 382	4 382	4
ГЭС (русло реки, ≥5 МВт)	2 326	3 557	6 681	6 681	5
АЭС	2 157	3 606	6 920	6 920	6
Солнечные ЭС	534	995	2 006	2 006	2
Ветряные ЭС (Бере- говой ветер)	254	823	1 109	1109	1

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа Сэвиджа

В данном случае анализируются удельные капитальные затраты, следовательно, прин-

цип имеет вид $Y_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} Y(x, y)$, где « Y_{Γ} » – гарантированная величина ущерба. В табл. 3.5 приведена матрица ущерба, которая сформирована на основе табл. 3.2.

Таблица 3.5. Матрица ущерба

Значения показате- лей Тип электрогенерации	Удельные капиталовложения, USD/kWe			maxF1(x,y)	min(max F1(x,y))
	Минимальные значение	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	623	568	1 913	1 913	3
ТЭС (Каменный уголь)	546	1074	3 273	3 273	4
ГЭС (русло реки)	2072	2734	5 572	5 572	5
АЭС	1903	2783	5 811	5 811	6
Солнечные ЭС	280	172	897	897	2
Ветряные ЭС (Бере- говой ветер)	0	0	0	0	1

Источник: составлено автором

8. Проверка согласованности результатов, полученных при ранжировании по каждому принципу оптимальности.

В табл. 3.6 представлены результаты предварительного ранжирования.

Таблица 3.6. Общая таблица результатов ранжирования

Принципы оптимальности Направление инжиниринга электроэнергии	Принцип оптимизма	Принцип гарантированного результата	Принцип Сэвиджа
Газ (ПГУ)	4	3	3
ТЭС (Каменный уголь)	3	4	4
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	6	5	5
АЭС	5	6	6
Солнечные ЭС	2	2	2
Ветряные ЭС (Береговой ветер, ≥ 1 МВт))	1	1	1

Источник: составлено автором

Результаты ранжирования совпадают частично. В такой ситуации необходимо осуществление согласования результатов.

9. Выбор принципов многокритериального анализа.

Применяются следующие принципы: доминирования, Парето, выделение главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений.

10. Определение наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования.

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор более эффективного направления инжиниринга производится из результатов применения принципов оптимальности (табл. 3.7). Таким образом, решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

Таблица 3.7. Выбор наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа

Принципы оптимальности Направление инжиниринга	Принцип оптимизма	Принцип гарантированного результата	Принцип Сэвиджа
Газ (ПГУ)	4	3	3
ТЭС (Каменный уголь)	3	4	4
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	6	5	5
АЭС	5	6	6
Солнечные ЭС	2	2	2
Ветряные ЭС (Береговой ветер, ≥ 1 МВт))	1	1	1

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.7 принцип доминирования дает возможность определить более эффективное направление инжиниринга среди множества. Первое место в рейтинге по удельным капиталовложениям занимают ветряные ЭС, второе место – солнечные ЭС.

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более эффективных технологий электрогенерации, куда попадают технологии с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.7). В результате в множество более эффективных технологий попадают станции на газе (ПГУ) и ТЭС (Каменный уголь). Второй этап – определение множества менее эффективных технологий электрогенерации, к которому АЭС и ГЭС (зеленый цвет).

Сравнение направлений инжиниринга при выделении главного показателя, в данном случае принципа оптимальности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем принцип гарантированного результата, в связи с тем, что принцип предполагает, что неуправляемый фактор примет наихудшее состояние, при этом действия осуществляются рационально и выбирается наилучший исход событий. Следовательно, получаем рейтинг эффективности технологий электрогенерации по показателю удельных капитальных затрат: 1 – ветряные ЭС, 2 – солнечные ЭС, 3 – станции на газе (ПГУ), 4 – ТЭС (каменный уголь), 5 – ГЭС, 6 – АЭС.

Таким образом, в данном параграфе был получен рейтинг направлений инжиниринга в области электрогенерации по удельным капиталовложениям в условиях неопределенности внешней среды.

Анализ эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации по показателю затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание в условиях неопределенности внешней среды

Анализ проводится в соответствии с основными этапами методики, первые четыре пункта анализа проводятся аналогично приведенным в п. 3.1.

5. В роли показателя эффективности выбирается показатель затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание.
6. Матрица эффективности в зависимости от неуправляемых факторов (x) и управляемых факторов (y) имеет вид $\| V1 = V1(x, y) \|$ и отражена в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Матрица эффективности по показателю затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание

Значения показателей	Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, USD/kWe		
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения
Тип электрогенерации			
Газ (ПГУ)	10	45	160
ТЭС (Каменный уголь)	25	65	140
ГЭС (русло реки, ≥5 МВт)	20	47	90
АЭС	10	75	190
Солнечные ЭС	6	18	60
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	35	58

Источник: составлено автором

7. Реализуется комплексное применение принципов оптимальности.

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.9) анализируются затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, следовательно, принцип принимает вид

$$V_{\text{опт}}(X_o) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} V(x, y)$$

Таблица 3.9. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

Значения показателей	Удельные капиталовложения			min V1(x,y)	min(min V1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Тип электрогенерации					
Газ (ПГУ)	10	45	160	10	3
ТЭС (Каменный уголь)	25	65	140	25	5
ГЭС (русло реки, ≥5 МВт)	20	47	90	20	4
АЭС	10	75	190	10	3
Солнечные ЭС	6	18	60	6	2
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	35	58	1	1

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.10) анализируются затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, следовательно, принцип принимает вид

$$V_{\Gamma}(X_o) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} V(x, y)$$

Таблица 3.10. Матрица эффективности

Значения показателей Тип электрогенерации	Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, USD/kWe			max V1(x,y)	min(max V1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	10	45	160	160	5
ТЭС (Каменный уголь)	25	65	140	140	4
ГЭС (русло реки, ≥5 МВт)	20	47	90	90	3
АЭС	10	75	190	190	6
Солнечные ЭС	6	18	60	60	2
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	35	58	58	1

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа Сэвиджа

В данном случае анализируются затраты на эксплуатацию и тех. обслуживание, следова-

тельно, принцип имеет вид $Y_{\Gamma}(X_o) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} Y(x, y)$. В табл. 3.11 приведена матрица ущерба, которая сформирована на основе табл. 3.8.

Таблица 3.11. Матрица ущерба

Значения показателей Тип электрогенерации	Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, USD/kWe			max V1(x,y)	min(max V1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	9	27	102	102	5
ТЭС (Каменный уголь)	24	47	82	82	4
ГЭС (русло реки, ≥5 МВт)	19	29	32	32	3
АЭС	9	57	132	132	6
Солнечные ЭС	5	0	2	5	1
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	0	17	0	17	2

Источник: составлено автором

8. Проверка согласованности результатов, полученных при ранжировании по каждому принципу оптимальности.

В табл. 3.12 представлены результаты ранжирования по разным принципам оптимальности.

Таблица 3.12. Общая таблица результатов ранжирования

Принципы оптимальности Направление инжиниринга	Принцип оптимизма	Принцип гаранти- рованного резуль- тата	Принцип Сэвиджа
Газ (ПГУ)	3	5	5
ТЭС (Каменный уголь)	5	4	4
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	4	3	3
АЭС	3	6	6
Солнечные ЭС	2	2	1
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	1	2

Источник: составлено автором

Результаты ранжирования совпадают частично. В такой ситуации необходимо осуществление согласования результатов.

9. Выбор принципов многокритериального анализа.

Применяются следующие принципы: доминирования, Парето, выделение главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений.

10. Определение наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования.

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор более эффективного направления инжиниринга производится из результатов применения принципов оптимальности (табл. 3.13). Таким образом, решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

Таблица 3.13. Выбор наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа

Принципы оптимальности Направление инжиниринга	Принцип оптимизма	Принцип гаранти- рованного резуль- тата	Принцип Сэвиджа
Газ (ПГУ)	3	5	5
ТЭС (Каменный уголь)	5	4	4
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	4	3	3
АЭС	3	6	6
Солнечные ЭС	2	2	1
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	1	2

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.13 принцип доминирования не дает возможность определить более эффективное направление инжиниринга.

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более эффективных технологий электрогенерации, куда попадают технологии с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.13). В результате в множество более эффективных технологий попадают ветряные ЭС (береговой ветер) и солнечные ЭС. Второй этап – определение множества менее эффективных технологий электрогенерации, к которому относятся электростанции на газе (ПГУ), ГЭС (русло реки) и АЭС (выделение голубым цветом). На третьем этапе в множество еще менее эффективных видов генерации электричества попадают ТЭС (каменный уголь).

Сравнение направлений инжиниринга при выделении главного показателя, в данном случае принципа оптимальности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем принцип гарантированного результата, в связи с тем, что принцип предполагает, что неуправляемый фактор примет наихудшее состояние, при этом действия осуществляются рационально и выбирается наилучший исход событий. Следовательно, получаем рейтинг эффективности технологий электрогенерации по показателю затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание: 1 – ветряные ЭС (береговой ветер), 2 – солнечные ЭС, 3 – ГЭС (русло реки), 4 – электростанции на газе (ПГУ), 5 – АЭС, 6 – ТЭС (каменный уголь).

Таким образом, в данном разделе был получен рейтинг направлений инжиниринга в области электрогенерации по показателю затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание в условиях неопределенности внешней среды.

Анализ эффективности направлений инжиниринга в области электрогенерации по показателю нормированной стоимости электроэнергии в условиях неопределенности внешней среды

Анализ проводится в соответствии с основными этапами методики, первые четыре пункта анализа проводятся аналогично приведенным в п. 3.1.

5. В роли показателя эффективности выбирается показатель нормированной стоимости электроэнергии.
6. Матрица эффективности в зависимости от неуправляемых факторов (x) и управляемых факторов (y) имеет вид $\| L1 = L1(x, y) \|$ и отражена в табл.3.14.

Таблица 3.14. Матрица эффективности по показателю нормированной стоимости электроэнергии

Значения показателей Тип электрогенерации	Нормированная стоимость электроэнергии (USD/kWe)		
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения
Газ (ПГУ)	43	75	108
ТЭС (Каменный уголь)	75	82	110
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	48	68	101
АЭС	42	70	103
Солнечные ЭС	34	55	175
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	26	50	140

Источник: составлено автором

7. Реализуется комплексное применение принципов оптимальности.

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.15) анализируются нормированная стоимость электроэнергии, следовательно, принцип принимает вид

$$L_{\text{ОПТ}}(X_0) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} L(x, y)$$

Таблица 3.15. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

Значения показателей Тип электрогенерации	Нормированная стоимость электроэнергии (USD/kWe)			min L1(x,y)	min(min L1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	43	75	108	43	4
ТЭС (Каменный уголь)	75	82	110	75	6
ГЭС (русло реки)	48	68	101	48	5
АЭС	42	70	103	42	3
Солнечные ЭС	34	55	175	34	2
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	26	50	140	26	1

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.16) анализируются нормированная стоимость электроэнергии, следовательно, принцип принимает вид

$$L_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} L(x, y)$$

Таблица 3.16. Матрица эффективности

Значения показателей Тип электрогенерации	Нормированная стоимость электроэнергии (USD/kWe)			max L1(x,y)	min(max L1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	43	75	108	108	3
ТЭС (Каменный уголь)	75	82	110	110	4
ГЭС (русло реки)	48	68	101	101	1
АЭС	42	70	103	103	2
Солнечные ЭС	34	55	175	175	6
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	26	50	140	140	5

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа Сэвиджа

В данном случае анализируется нормированная стоимость электроэнергии, следовательно,

$$Y_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} Y(x, y)$$

но, принцип имеет вид

. В табл. 3.17 приведена матрица ущерба, которая сформирована на основе таблицы 3.14.

Таблица 3.17. Матрица ущерба

Значения показателей Тип электрогенерации	Нормированная стоимость электроэнергии (USD/kWe)			max L1(x,y)	min(max L1(x,y))
	Минимальные значения	Средние значения	Максимальные значения		
Газ (ПГУ)	17	25	7	25	3
ТЭС (Каменный уголь)	49	32	9	49	5
ГЭС (русло реки)	22	18	0	22	2
АЭС	16	20	2	20	1
Солнечные ЭС	8	5	74	74	6
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	0	0	39	39	4

Источник: составлено автором

8. Проверка согласованности результатов, полученных при ранжировании по каждому принципу оптимальности.

В табл. 3.18 представлены результаты ранжирования по разным принципам оптимальности.

Таблица 3.18. Общая таблица результатов ранжирования

Принципы оптимальности Направление инжиниринга электроэнергии	Принцип оп- тимизма	Принцип гарантиро- ванного результата	Принцип Сэвиджа
Газ (ПГУ)	4	3	3
ТЭС (Каменный уголь)	6	4	5
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	5	1	2
АЭС	3	2	1
Солнечные ЭС	2	6	6
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	5	4

Источник: составлено автором

Результаты ранжирования совпадают частично. В такой ситуации необходимо осуществление согласования результатов.

9. Выбор принципов многокритериального анализа.

Применяются аналогично три принципа многокритериального анализа.

10. Определение наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования.

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор более эффективного направления инжиниринга производится из результатов применения принципов оптимальности. Таким образом, решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

Таблица 3.19. Выбор наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа

Принципы оптимальности Направление инжиниринга электроэнергии	Принцип оптимизма	Принцип гарантирован- ного результата	Принцип Сэвиджа
Газ (ПГУ)	4	3	3
ТЭС (Каменный уголь)	6	4	5
ГЭС (русло реки)	5	1	2
АЭС	3	2	1
Солнечные ЭС	2	6	6
Ветряные ЭС (Береговой ветер)	1	5	4

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.19 принцип доминирования не дает возможность определить более эффективное направление инжиниринга среди множества.

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более эффективных технологий электрогенерации, куда попадают технологии с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.19). В результате в множество более эффективных технологий попадают ветряные ЭС (береговой ветер), АЭС, ГЭС (русло реки). Второй этап – определение множества менее эффективных технологий электрогенерации, к которому солнечные ЭС (выделение голубым цветом). На третьем этапе в множество еще менее эффективных видов генерации электричества попадают электростанции на газе (ПГУ) (зеленый цвет). В четвертом этапе в множество неэффективных технологий попадает ТЭС (каменный уголь).

Сравнение направлений инжиниринга при выделении главного показателя, в данном случае принципа оптимальности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем принцип гарантированного результата, в связи с тем, что принцип предполагает, что неуправляемый фактор примет наихудшее состояние, при этом действия осуществляются рационально и выбирается наилучший исход событий. Следовательно, получаем рейтинг эффективности технологий электрогенерации по показателю нормированной стоимости электроэнергии: 1 – ГЭС (русло реки), 2 – ветряные ЭС (береговой ветер), 3 – АЭС, 4 – солнечные ЭС, 5 – электростанции на газе (ПГУ), 6 – ТЭС (каменный уголь).

Таким образом, в данном параграфе был получен рейтинг направлений инжиниринга в области электрогенерации по показателю нормированной стоимости электроэнергии в условиях неопределенности внешней среды.

Ранжирование направлений инжиниринга в области электрогенерации по результатам анализа экономической эффективности по трем показателям

В результате анализа экономической эффективности направлений инжиниринга по показателю удельных капиталовложений, затрат на эксплуатацию и технической обслуживание, нормированной стоимости электроэнергии были получены рейтинги технологий электрогенерации, которые были сведены в общую табл. 3.20.

Таблица 3.20. Результирующая таблица рейтингов направлений инжиниринга

Анализ эффективности Тип электрогенерации	По удельным капитальным затратам (USD/kWe)	По затратам на ЭиТО (USD/kWe)	По LCOE (USD/kWe)
Газ (ПГУ)	3	4	5
ТЭС (Каменный уголь)	4	6	6
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	5	3	1

АЭС	6	5	3
Солнечные ЭС	2	2	4
Ветряные ЭС (Береговой ветер, ≥ 1 МВт)	1	1	2

Источник: составлено автором

С помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования по показателям эффективности определим результирующий рейтинг направлений инжиниринга генерации электроэнергии.

На этом этапе роль критериев играют показатели эффективности, выбор наиболее эффективного направления инжиниринга производится из результатов ранжирования по выбранным показателям эффективности. Таким образом, решается проблема выбора одного показателя эффективности с помощью комплексного применения различных показателей эффективности и согласования результатов.

Таблица 3.21. Выбор наиболее эффективного направления инжиниринга с помощью принципов многокритериального анализа

Анализ эффективности Тип электрогенерации	По удельным капитальным затратам (USD/kWe)	По затратам на ЭиТО (USD/kWe)	По LCOE (USD/kWe)
Газ (ПГУ)	3	4	5
ТЭС (Каменный уголь)	4	6	6
ГЭС (русло реки, ≥ 5 МВт)	5	3	1
АЭС	6	5	3
Солнечные ЭС	2	2	4
Ветряные ЭС (Береговой ветер, ≥ 1 МВт)	1	1	2

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.21 принцип доминирования не дает возможность определить более эффективное направление инжиниринга среди множества.

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более эффективных технологий электрогенерации, куда попадают технологии с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.21). В результате в множество более эффективных технологий попадают ветряные ЭС (береговой ветер) и ГЭС (русло реки). Второй этап – определение множества менее эффективных технологий электрогенерации, к которому солнечные ЭС (выделение голубым цветом). На третьем этапе в множество еще менее эффективных видов генерации электри-

чества попадают электростанции на газе (ПГУ) и АЭС (зеленый цвет). В четвертом этапе в множество неэффективных технологий попадает ТЭС (каменный уголь).

Сравнение направлений инжиниринга при выделении главного показателя, в данном случае показателя эффективности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем показатель нормированной стоимости электроэнергии, в связи с тем, что показатель учитывает общую стоимость жизненного цикла электростанции и общее производство энергии за весь срок службы. Следовательно, получаем рейтинг эффективности технологий электрогенерации по трем показателям эффективности: 1 – ГЭС (русло реки), 2 – ветряные ЭС (береговой ветер), 3 – солнечные ЭС, 4 – АЭС, 5 – электростанции на газе (ПГУ), 6 – ТЭС (каменный уголь).

Таким образом, в данном параграфе был получен рейтинг направлений инжиниринга в области электрогенерации по экономической эффективности, определенной по трем показателям в условиях неопределенности внешней среды.

3.2. Анализ экономической эффективности в условиях неопределенности внешней среды АЭС с различными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран

Необходимость анализа эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран и предлагаемых на мировом рынке

Согласно «Видению 2030» ГК «Росатом» к 2030 г. стремится стать глобальным технологическим лидером в атомной энергетике [46]. С этой целью Инжиниринговому Дивизиону необходимо наращивать масштабы деятельности на мировых рынках, а также создавать и предлагать конкурентоспособную продукцию, которая позволит занять лидирующие позиции на международных рынках. С этой целью ведутся разработки систем повышения надежности энергоблоков, способов сокращения расходов на сооружение, методов повышения экономической эффективности АЭС.

Экономическая эффективность АЭС зависит в первую очередь от типа и дизайна используемой реакторной установки. Более 80% мирового реакторного парка на сегодняшний день

приходится на сегмент легководных реакторов (LWR), к которым относятся реакторы PWR (с водой под давлением), BWR (кипящий водо-водяной реактор), ВВЭР (водо-водяной реактор российского производства), ALWR (улучшенный легководный реактор), EPR (европейский водо-водяной реактор). Ожидается, что LWR составят ~89% введенных в строй до 2025 г. новых реакторов.

Широкое распространение легководных реакторов обусловливается высокими экономическими показателями данного типа установок и высокой степенью изученности технологии. Несмотря на это идет постоянное совершенствование систем безопасности и защиты окружающей среды от распространения радиоактивных веществ в случае аварии, повышается эффективность выработки электроэнергии и многое другое, что привело к созданию реакторных установок нового поколения.

Первое поколение ядерных реакторов было разработано в 1950-х - 60-х гг., и ни один из них до сих пор не работает. Почти все из 450 ядерных энергетических реакторов, действующих в настоящее время по всему миру, являются конструкциями второго поколения, которые доказали свою безопасность и надежность, но их заменяют более совершенные конструкции [79].

Первые несколько передовых реакторов следующего поколения работают в Японии и Южной Корее, а другие находятся в стадии строительства или готовы к заказу. Их иногда называют энергетическими реакторами поколения III, и они являются улучшенными версиями тех, которые обеспечивали электроэнергию в течение полувека, хотя нет четкого консенсуса относительно точной точки перехода поколений. Проекты поколения IV все еще находятся в стадии проектирования и вряд ли будут коммерциализированы до 2030-х гг. Такие реакторы включают в себя улучшения систем безопасности, а также должны быть проще в сборке, эксплуатации, проверке и обслуживании, что повышает их общую надежность и экономичность.

Таким образом, реакторы нового поколения обладают следующими характеристиками:

- более высокий уровень стандартизации дизайна с целью снижения капитальных затрат и сокращения сроков строительства, а также ускорения процесса лицензирования;
- более простая и прочная конструкция, что упрощает их эксплуатацию и уменьшает вероятность появления уязвимых эксплуатационных проблем;
- увеличенный срок службы установки до 60 лет, по сравнению с 40 годами более ранних компоновок;
- снижение вероятности аварий, при которых происходит расплавление активной зоны реактора;
- повышение устойчивости конструкций к серьезным повреждениям, которые могут повлечь за собой выброс радиоактивных веществ при столкновении с воздушным судном;

- повышение уровня выгорания топлива с целью повышения эффективности выработки электроэнергии и уменьшения количества отходов.

Самое существенное отличие реакторных установок нового поколения от большинства действующих в настоящее время конструкций заключается в том, что многие новые атомные станции имеют «пассивные» системы безопасности, такие как гравитация и естественная конвекция. Такие системы дают операторам больше времени для принятия решений и обеспечивают большую вероятность в сдерживании радиоактивности при любых обстоятельствах.

Наиболее прогрессивные типы легководных энергетических реакторов, сконструированных инжиниринговыми компаниями разных стран:

- Реактор APR1400. В Южной Корее усовершенствованный дизайн PWR APR1400 был разработан в США. Корейский сертификат на проектирование был выдан в 2003 году, и первый из этих реакторов мощностью 1450 МВт работает в Шин-Кори, в общей сложности шесть запланированных на двух площадках. Четыре из них находятся в стадии строительства в Объединенных Арабских Эмиратах, первый запущен в эксплуатацию в 2018 г.
- Реактор ВВЭР-1200. Российская разработка, предприятие Гидропресс ранее спроектировала хорошо зарекомендовавшую себя реакторную установку ВВЭР-1000 с повышенной безопасностью, на основе которой были построены энергоблоки АЭС в Китае и Индии. На основе ВВЭР-1000 был разработан реактор нового поколения ВВЭР-1200 (на установках AES-2006) с более длительным сроком службы, большей мощностью и большей эффективностью. Энергоблок с ВВЭР-1200 работает в составе Нововоронежской АЭС-2, а другие строятся на Ленинградской АЭС-2, в Беларуси и Бангладеш. Другие запланированы в Венгрии, Турции и Египте.
- Реактор AP1000. В 2005 г. Комиссия по ядерному регулированию США выдала сертификат Westinghouse на строительство реактора AP1000 мощностью 1100 МВт, который был первым проектом третьего поколения. При необходимости он способен работать на полностью смешанном оксидном топливе (МОХ), а его модульная конструкция потенциально сокращает время строительства. Первые из них строятся в Саньмэне и Хайяне в Китае. Два из них строятся в США. Китай разрабатывает реактор CAP1400 на его основе.
- Реактор EPR. Компания Framatome (ранее Areva NP) разработала и получила одобрение на строительство в 2004 г. большого (мощностью 1600 МВт) европейского реактора с водой под давлением (EPR). Он обладает способностью гибко работать в соответствии с нагрузками и способен использовать полную загрузку МОХ-топлива. Первые установки EPR строились в Олкилуото в Финляндии, во Фламанвиле во Франции и два в Тайшане в Китае. Несколько из них запланированы для Великобритании. Более простая версия реакторной установки планируется для нескольких сменных энергоблоков во Франции.

- Реактор Хуалун Один. Это первый китайский проект реакторной установки, основанный на французских предшественниках и способный продаваться по всему миру, как HPR-1000. Первые установки мощностью 1150 МВт строятся в Китае и Пакистане. Проект прошел сертификацию соответствия европейским стандартам.
- Реактор Atmea1. Совместное предприятие Atmea было создано Mitsubishi Heavy Industries и Framatome для производства эволюционного реактора мощностью 1150 МВт с 60-летним сроком службы и возможностью использования только смешанного оксидного топлива. Он имеет возможность варьирования нагрузки. Реактор будет продаваться в первую очередь странам, приступающим к реализации ядерно-энергетических программ.

На 2022 г. около 55 энергетических реакторов находятся в стадии строительства в 15 странах мира, в частности, в Китае, Индии, России и Объединенных Арабских Эмиратах. Имеются АЭС, строительство которых в настоящее время приостановлено – Ангра 3 (Бразилия), Ома 1 и Симанэ 3 (Япония) и Хмельницкий 3 и 4 (Украина).

На 2022 г. заказаны или планируются около 90 энергетических реакторов общей мощностью около 90 000 МВт, предлагаются к строительству еще более 300 реакторных установок. Около 30 стран, многие из которых являются развивающимися, рассматривают, планируют или начинают ядерно-энергетические программы, и еще около 20 стран проявляют интерес к атомной энергетике. Большинство запланированных в настоящее время реакторов находятся в Азии, где экономика быстро растет, соответственно, и спрос на электроэнергию быстро растет. Многие страны с существующими ядерно-энергетическими программами либо планируют, либо строят новые энергетические реакторы.

Следовательно, необходимо проводить анализ экономической эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран и предлагаемых на мировом рынке. Однако в рыночных условиях при анализе эффективности АЭС приходится учитывать условия неопределенности внешней среды, обусловленные воздействием неуправляемых факторов, таких как, трансформация мировых энергетических рынков, внешнеполитических и внутривнутриполитических процессов, усиление конкуренции, внедрение новых технологий получения, преобразования и использования энергии, инфляционные процессы и др.

Таким образом, имеется необходимость анализа экономической эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок в условиях неопределенности внешней среды.

**Апробация разработанной методики при анализе эффективности АЭС
с различными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми
компаниями разных стран**

Далее представлена апробация методики анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей при решении реальной практической задачи анализа эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран, таких как Россия (VVER), Китай (LWR), США (LWR), Франция (EPR), Япония (ALWR), Корея (ALWR), Индия (LWR).

Для каждого типа АЭС представлены следующие данные: электрическая мощность, КПД, удельные капитальные затраты, а также нормированная стоимость электроэнергии. Капитальные затраты, нормированная стоимость электроэнергии всех установок зависят от используемой ставки дисконтирования (табл. 3.22), поэтому в связи с наличием неопределенности значения используемых показателей рассчитаны по каждой из трех ставок дисконтирования – 3%, 7 % и 10 %. Данные для анализа собраны из отчета Международного Энергетического Агентства [68].

Таблица 3.22. Показатели эффективности АЭС с различными технологиями реакторных установок

Страна	Технология	Мощность	КПД (%)	Удельные капитальные затраты в зависимости от ставки дисконтирования (USD/MWh)			Нормированная стоимость электроэнергии в зависимости от ставки дисконтирования (USD/MWh)		
				3%	7%	10%	3%	7%	10%
France	EPR	1 650	33%	21.32	47.46	73.29	45.27	71.10	96.89
Japan	ALWR	1 152	33%	21.05	46.87	73.37	61.16	86.67	112.13
Korea	ALWR	1 377	36%	11.46	25.51	39.39	39.42	53.30	67.16
Russia	VVER	1 122	38%	12.06	26.86	41.47	27.41	42.02	56.61
USA	LWR	1 100	33%	22.58	50.26	77.61	43.90	71.25	98.56
China	LWR	950	33%	13.28	29.57	45.65	49.92	66.01	82.08
India	LWR	950	33%	14.76	32.85	50.73	48.17	66.06	83.91

Источник: составлено автором

Анализ эффективности АЭС с различными технологиями реакторных установок по удельным капиталовложениям в условиях неопределенности внешней среды

Анализ проводится в соответствии с основными этапами методики.

1. Цель исследования – определить наиболее эффективный дизайн АЭС с легководным реактором среди разнообразия разработок инжиниринговых организаций разных стран по удельным капиталовложениям.

2. В качестве объектов анализа (управляемых факторов) выступают АЭС с водо-водяными реакторными установками, разработанные инжиниринговыми компаниями следующих стран: Россия (VVER), Китай (LWR), США (LWR), Франция (EPR), Япония (ALWR), Корея (ALWR), Индия (LWR)

3. Сопоставимость рассматриваемых дизайнов АЭС анализировалась по показателю электрической мощности в МВт и по относительному показателю – КПД установки в % (рис. 3.3 и 3.4).

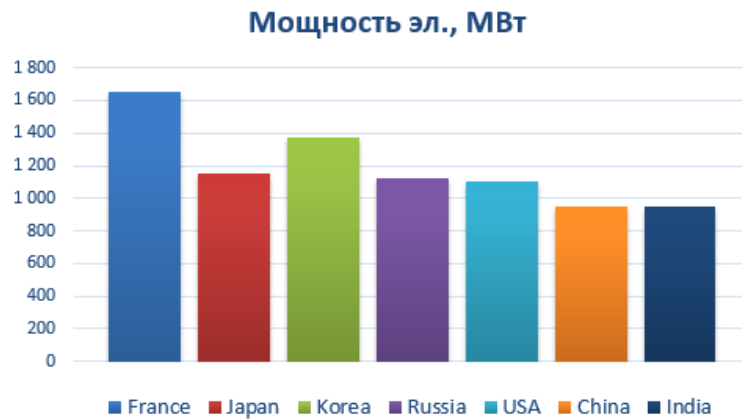


Рисунок 3.3. Анализ сопоставимости АЭС с водо-водяными реакторными установками по показателю электрической мощности, МВт

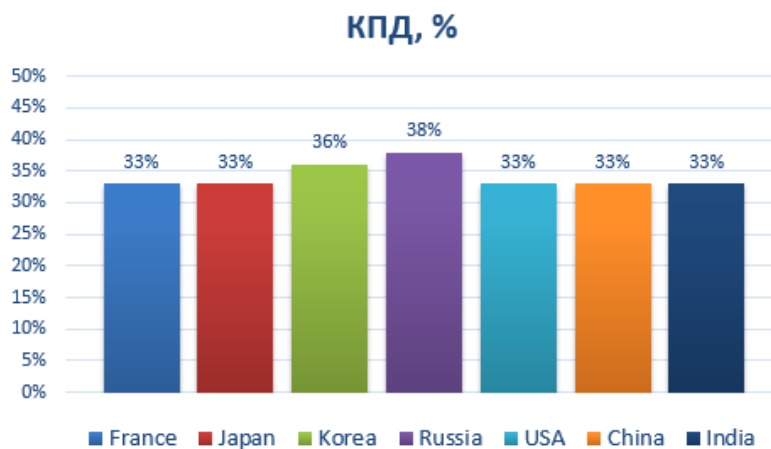


Рисунок 3.4. Анализ сопоставимости АЭС с водо-водяными реакторными установками по относительному показателю КПД установки, %

Показатели производительности анализируемых дизайнов АЭС различаются несущественно, следовательно, рассматриваемые АЭС с водо-водяными реакторными установками сопоставимы.

4. В качестве неуправляемых факторов выступает неопределенность применяемой ставки дисконтирования.

5. В роли показателя эффективности выбирается показатель удельных капиталовложений.

6. Матрица эффективности в зависимости от неуправляемого фактора (x) и управляемых факторов (y) имеет вид $\| F_2 = F_2(x, y) \|$ и отражена в табл.е 3.23, где r – ставка дисконтирования в %.

Таблица 3.23. Матрица эффективности по показателю удельных капиталовложений

Тип реакторной установки	Удельные капиталовложения, USD/MWh		
	$r = 3\%$	$r = 5\%$	$r = 7\%$
France (EPR)	21.32	47.46	73.29
Japan (ALWR)	21.05	46.87	73.37
Korea (ALWR)	11.46	25.51	39.39
Russia (VVER)	12.06	26.86	41.47
USA (LWR)	22.58	50.26	77.61
China (LWR)	13.28	29.57	45.65
India (LWR)	14.76	32.85	50.73

Источник: составлено автором

7. Реализуется комплексное применение принципов оптимальности.

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.24) анализируются удельные капитальные затраты, следовательно, принцип принимает вид $F_{\text{опт}}(X_o) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} F(x, y)$

Таблица 3.24. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

Ставка дисконтирования Тип реакторной установки	Удельные капиталовложения, USD/MWh			min F2(x,y)	min(min F2(x,y))
	r =3%	r =5%	r =7%		
France (EPR)	21.32	47.46	73.29	21.32	6
Japan (ALWR)	21.05	46.87	73.37	21.05	5
Korea (ALWR)	11.46	25.51	39.39	11.46	1
Russia (VVER)	12.06	26.86	41.47	12.06	2
USA (LWR)	22.58	50.26	77.61	22.58	7
China (LWR)	13.28	29.57	45.65	13.28	3
India (LWR)	14.76	32.85	50.73	14.76	4

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.25) анализируются удельные капитальные затраты, следовательно, принцип принимает вид

$$F_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} F(x, y)$$

Таблица 3.25. Матрица эффективности

Ставка дисконтирования Тип реакторной установки	Удельные капиталовложения, USD/MWh			Max F2(x,y)	min(max F2(x,y))
	r =3%	r =5%	r =7%		
France (EPR)	21.32	47.46	73.29	73.29	5
Japan (ALWR)	21.05	46.87	73.37	73.37	6
Korea (ALWR)	11.46	25.51	39.39	39.39	1
Russia (VVER)	12.06	26.86	41.47	41.47	2
USA (LWR)	22.58	50.26	77.61	77.61	7
China (LWR)	13.28	29.57	45.65	45.65	3
India (LWR)	14.76	32.85	50.73	50.73	4

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа Сэвиджа

В данном случае анализируются удельные капитальные затраты, следовательно, принцип имеет вид $Y_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} Y(x, y)$. В табл. 3.26 приведена матрица ущерба, которая сформирована на основе табл. 3.23.

Таблица 3.26. Матрица ущерба

Тип реакторной установки \ Ставка дисконтирования	Удельные капиталовложения, USD/MWh			Max F2(x,y)	min(max F2(x,y))
	r =3%	r =5%	r =7%		
France (EPR)	9.86	21.95	33.9	33.9	5
Japan (ALWR)	9.59	21.36	32.98	33.98	6
Korea (ALWR)	0	0	0	0	1
Russia (VVER)	0.6	1.35	2.08	2.08	2
USA (LWR)	11.12	24.75	38.22	38.22	7
China (LWR)	1.82	4.06	6.26	6.26	3
India (LWR)	3.3	7.34	11.34	11.34	4

Источник: составлено автором

8. Проверка согласованности результатов, полученных при ранжировании по каждому принципу оптимальности.

В табл. 3.27 представлены результаты ранжирования по разным принципам оптимальности.

Таблица 3.27. Общая таблица результатов ранжирования

Принципы оптимальности \ Дизайн АЭС	Принцип оптимизма	Принцип гарантированного результата	Принцип Сэвиджа
	France (EPR)	6	5	5
Japan (ALWR)	5	6	6
Korea (ALWR)	1	1	1
Russia (VVER)	2	2	2
USA (LWR)	7	7	7
China (LWR)	3	3	3
India (LWR)	4	4	4

Источник: составлено автором

Результаты ранжирования совпадают частично. В такой ситуации необходимо осуществление согласования результатов.

9. Выбор принципов многокритериального анализа.

Применяются следующие принципы: доминирования, Парето, выделение главного показателя и перевод остальных в разряд ограничений.

10. Определение наиболее эффективных АЭС с водо-водяными реакторными установками с помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования.

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор более эффективной технологии производится из результатов применения принципов оптимальности. Таким образом, решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

Таблица 3.28. Анализ дизайнов АЭС с помощью принципов многокритериального анализа

Принципы оптимальности	Принцип оптимизма	Принцип гарантированного результата	Принцип Сэвиджа
Франция (EPR)	6	5	5
Япония (ALWR)	5	6	6
Корея (ALWR)	1	1	1
Россия (VVER)	2	2	2
США (LWR)	7	7	7
Китай (LWR)	3	3	3
Индия (LWR)	4	4	4

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.28, принцип доминирования дает возможность определить более эффективные дизайны АЭС с легководными реакторными установками среди множества. Первое место в рейтинге по удельным капиталовложениям занимает АЭС корейской разработки – Korea (ALWR), второе место – Russia (VVER), третье – China (LWR), четвертое – India (LWR), а также определена наименее эффективная АЭС по удельным капиталовложениям – это разработка USA (LWR).

Принцип Парето. Применение данного принципа не дает возможность сформировать рейтинг АЭС.

Необходимо сравнение дизайнов АЭС при выделении главного показателя, в данном случае принципа оптимальности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем принцип гарантированного результата в связи с тем, что принцип предполагает, что неуправляемый фактор примет наихудшее состояние, при этом действия осуществляются рационально и выбирается наилучший исход событий. Следовательно, получаем рейтинг эффективности АЭС с легководными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран, по показателю удельных капитальных затрат: 1– Korea (ALWR), 2 – Russia (VVER), 3 China (LWR), 4 – India (LWR), 5 – France (EPR), 6 – Japan (ALWR), 7 – USA (LWR).

Таким образом, в данном параграфе был получен рейтинг АЭС с легководными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран, по удельным капиталовложениям в условиях неопределенности внешней среды.

Анализ эффективности дизайнов АЭС с различными реакторными установками по показателю нормированной стоимости электроэнергии в условиях неопределенности внешней среды

Анализ проводится в соответствии с основными этапами методики, первые четыре пункта анализа проводятся аналогично п. 3.2.

5. В роли показателя эффективности выбирается показатель нормированной стоимости электроэнергии.

6. Матрица эффективности в зависимости от неуправляемых факторов (x) и управляемых факторов (y) имеет вид $\|L_2 = L_2(x, y)\|$ и отражена в табл. 3.29.

Таблица 3.29. Матрица эффективности по показателю нормированной стоимости электроэнергии

Тип реакторной установки \ Ставка дисконтирования	Нормированная стоимость электроэнергии, USD/MWh		
	r = 3%	r = 5%	r = 7%
France (EPR)	45.27	71.10	96.89
Japan (ALWR)	61.16	86.67	112.13
Korea (ALWR)	39.42	53.30	67.16
Russia (VVER)	27.41	42.02	56.61
USA (LWR)	43.90	71.25	98.56
China (LWR)	49.92	66.01	82.08
India (LWR)	48.17	66.06	83.91

Источник: составлено автором

7. Реализуется комплексное применение принципов оптимальности.

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.30) анализируются нормированная стоимость электроэнергии, следовательно, принцип принимает вид

$$L_{\text{опт}}(X_0) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} L(x, y)$$

Таблица 3.30. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

Ставка дисконтирования Тип реакторной установки	Нормированная стоимость электроэнергии, USD/MWh			min L2(x,y)	min(min L2(x,y))
	r =3%	r =5%	r =7%		
France (EPR)	45.27	71.10	96.89	45.27	4
Japan (ALWR)	61.16	86.67	112.13	61.16	7
Korea (ALWR)	39.42	53.30	67.16	39.42	2
Russia (VVER)	27.41	42.02	56.61	27.41	1
USA (LWR)	43.90	71.25	98.56	43.90	3
China (LWR)	49.92	66.01	82.08	49.92	6
India (LWR)	48.17	66.06	83.91	48.17	5

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.31) анализируются нормированная стоимость электроэнергии, следовательно, принцип принимает вид

$$L_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} L(x, y).$$

Таблица 3.31. Матрица эффективности

Ставка дисконтирования Тип реакторной установки	Нормированная стоимость электроэнергии, USD/MWh			max L2(x,y)	min(max L2(x,y))
	r =3%	r =5%	r =7%		
France (EPR)	45.27	71.10	96.89	96.89	5
Japan (ALWR)	61.16	86.67	112.13	112.13	7
Korea (ALWR)	39.42	53.30	67.16	67.16	2
Russia (VVER)	27.41	42.02	56.61	56.61	1
USA (LWR)	43.90	71.25	98.56	98.56	6
China (LWR)	49.92	66.01	82.08	82.08	3
India (LWR)	48.17	66.06	83.91	83.91	4

Источник: составлено автором

Ранжирование при применении принципа Сэвиджа

В данном случае анализируется нормированная стоимость электроэнергии, следовательно-

$$Y_{\Gamma}(X_0) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} Y(x, y)$$

но, принцип имеет вид

которая сформирована на основе табл. 3.29.

. В табл. 3.32 приведена матрица ущерба,

Таблица 3.32. Матрица ущерба

Ставка дисконтирования Тип реакторной установки	Нормированная стоимость электроэнергии, USD/MWh			max L2(x,y)	min(max L2(x,y))
	r =3%	r =5%	r =7%		
France (EPR)	17 .86	29 .08	40 .28	40 .28	5
Japan (ALWR)	33 .75	44 .65	55 .52	55 .52	7
Korea (ALWR)	12 .01	11 .28	10 .55	12 .01	2
Russia (VVER)	0	0	0	0	1
USA (LWR)	16 .49	29 .23	41 .95	41 .95	6
China (LWR)	22 .51	23 .99	25 .47	25 .47	3
India (LWR)	20 .76	24 .04	27 .3	27 .3	4

Источник: составлено автором

8. Проверка согласованности результатов, полученных при ранжировании по каждому принципу оптимальности.

В табл. 3.33 представлены результаты ранжирования по разным принципам оптимальности.

Таблица 3.33. Общая таблица результатов ранжирования

Принципы оптимальности Дизайн АЭС	Принцип оптимизма	Принцип гарантированного результата	Принцип Сэвиджа
	France (EPR)	4	5
Japan (ALWR)	7	7	7
Korea (ALWR)	2	2	2
Russia (VVER)	1	1	1
USA (LWR)	3	6	6
China (LWR)	6	3	3
India (LWR)	5	4	4

Источник: составлено автором

Результаты ранжирования совпадают частично. В такой ситуации необходимо осуществление согласования результатов.

9. Выбор принципов многокритериального анализа.

Применяются аналогично три принципа многокритериального анализа.

10. Определение наиболее эффективных дизайнов АЭС с легководными реакторными установками с помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования.

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор более эффективной технологии производится из результатов применения принципов оптимальности. Таким образом, решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

Таблица 3.34. Анализ АЭС с водо-водяными реакторными установками с помощью принципов многокритериального анализа

Принципы оптимальности	Принцип оптимизма	Принцип гарантированного результата	Принцип Сэвиджа
Дизайн АЭС			
France (EPR)	4	5	5
Japan (ALWR)	7	7	7
Korea (ALWR)	2	2	2
Russia (VVER)	1	1	1
USA (LWR)	3	6	6
China (LWR)	6	3	3
India (LWR)	5	4	4

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.34, принцип доминирования дает возможность определить более эффективные дизайны АЭС с легководными реакторными установками среди множества. Первое место в рейтинге по нормированной стоимости электроэнергии занимает АЭС российской разработки – Russia (VVER), второе место – Korea (ALWR), а также определена наименее эффективная АЭС по нормированной стоимости электроэнергии – это разработка Japan (ALWR).

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более АЭС с водо-водяными реакторными установками, куда попадают АЭС с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.34). В результате в множество более эффективных технологий попадают разработки China (LWR) и USA (LWR). Второй этап – определение множества менее эффективных технологий электрогенерации, к которому относятся India (LWR) и France (EPR) (голубой цвет).

Проведем сравнение дизайнов АЭС при выделении главного показателя, в данном случае принципа оптимальности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем принцип гарантированного результата в связи с тем, что принцип предполагает, что неуправляемый фактор примет наихудшее состояние, при этом действия осуществляются рационально и выбирается наилучший исход событий. Следовательно, получаем рейтинг эффективности АЭС с легководными реакторными установками, разработанными

инжиниринговыми компаниями разных стран, по показателю удельных капитальных затрат: 1 – Russia (VVER), 2 – Korea (ALWR), 3 – China (LWR), 4 – USA (LWR), 5 – India (LWR), 6 – France (EPR), 7 – Japan (ALWR).

Таким образом, в данном параграфе был получен рейтинг АЭС с легководными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран, по показателю нормированной стоимости электроэнергии в условиях неопределенности внешней среды.

Ранжирование дизайнов АЭС, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран, по результатам анализа экономической эффективности по двум показателям

В результате анализа экономической эффективности дизайнов АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок по показателю удельных капиталовложений и нормированной стоимости электроэнергии были получены рейтинги дизайнов АЭС, которые были сведены в общую табл. 3.35.

Таблица 3.35. Результирующая таблица рейтингов АЭС с легководными реакторными установками

Тип реакторной установки \ Показатели эффективности	По удельным капитальным затратам, USD/MWh	По нормированной стоимости электроэнергии, USD/MWh
France (EPR)	5	6
Japan (ALWR)	6	7
Korea (ALWR)	1	2
Russia (VVER)	2	1
USA (LWR)	7	4
China (LWR)	3	3
India (LWR)	4	5

Источник: составлено автором

С помощью принципов многокритериального анализа по результатам предварительного ранжирования по показателям эффективности определим результирующий рейтинг дизайнов АЭС с реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран.

На этом этапе роль критериев играют показатели эффективности, выбор более эффективной АЭС производится из результатов ранжирования по выбранным показателям эффективности. Таким образом, решается проблема выбора одного показателя эффективности

с помощью комплексного применения различных показателей эффективности и согласования результатов.

Таблица 3.36. Анализ дизайнов АЭС, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран с помощью принципов многокритериального анализа

Тип реакторной установки	Показатели эффективности	
	По удельным капитальным затратам, USD/MWh	По нормированной стоимости электроэнергии, USD/MWh
France (EPR)	5	6
Japan (ALWR)	6	7
Korea (ALWR)	1	2
Russia (VVER)	2	1
USA (LWR)	7	4
China (LWR)	3	3
India (LWR)	4	5

Источник: составлено автором

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.36 принцип доминирования дает возможность определить дизайн АЭС, который займет третье место – это китайская разработка China (LWR).

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более эффективных технологий электрогенерации, куда попадают технологии с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.36). В результате в множество более эффективных АЭС попадают Korea (ALWR) и Russia (VVER). Второй этап – определение множества менее эффективных технологий электрогенерации, к которому относятся разработки USA (LWR) и USA (LWR) (голубой цвет). На третьем этапе в множество еще менее эффективных видов АЭС с водо-водяными реакторными установками попадают электростанции France (EPR). В четвертом этапе в множество неэффективных АЭС попадает Japan (ALWR).

Проведем сравнение направлений инжиниринга при выделении главного показателя, в данном случае показателя эффективности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем показатель нормированной стоимости электроэнергии в связи с тем, что показатель учитывает общую стоимость жизненного цикла электростанции и общее производство энергии за весь срок службы. Следовательно, получаем рейтинг эффективности АЭС с легководными реакторными установками по двум показателям эффек-

тивности: 1 – Russia (VVER), 2 – Korea (ALWR), 3 – China (LWR), 4 – USA (LWR), 5 – India (LWR), 6 – France (EPR), 7 – Japan (ALWR).

Таким образом, в данном параграфе был получен рейтинг дизайнов АЭС с легководными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран, по экономической эффективности, определенной по двум показателям в условиях неопределенности внешней среды.

3.3. Развитие методики SWOT-анализа применительно к инжиниринговым компаниям атомной энергетики

Экономическая эффективность объектов обуславливается целями экономического объекта, его потенциальными возможностями, а также влиянием дестабилизирующих факторов внешней среды. Следовательно, экономическую эффективность объекта можно рассматривать как результат его целевой деятельности с позиции экономических, социальных, экологических и других показателей, отражающих ожидания, цели и задачи заинтересованных сторон [14,18].

Необходимость учета специфических отраслевых особенностей экономического объекта атомной энергетики при анализе экономической эффективности привела к возникновению потребности в дальнейшем развитии теории и практики SWOT-анализа с учетом интересов заинтересованных сторон [47].

Сущность методики заключается в представлении последовательности этапов реализации SWOT-анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики с совместным применением комплекса принципов оптимальности и комплекса принципов многокритериального анализа, с помощью которого методика позволяет обоснованно сформировать рейтинг сильных и слабых сторон инжиниринговых организаций, что дает возможность рационально составить стратегии развития с учетом особенностей инжиниринговых компаний атомной энергетики [34].

Отличительными особенностями методики являются:

- учет особенностей инжиниринговых компаний атомной энергетики;
- комплексное применение различных принципов оптимальности, путем согласования результатов;
- комплексное применение различных принципов многокритериального анализа путем согласования результатов;

- аргументированное ранжирование сильных сторон компании по результатам комплексного анализа сочетаний: «сильные стороны – возможности», «сильные стороны – угрозы»;
- аргументированное ранжирование слабых сторон компании по результатам комплексного анализа сочетаний: «слабые стороны – возможности», «слабые стороны – угрозы».

Основные этапы методики представлены в виде блок-схемы на рис. 3.5.

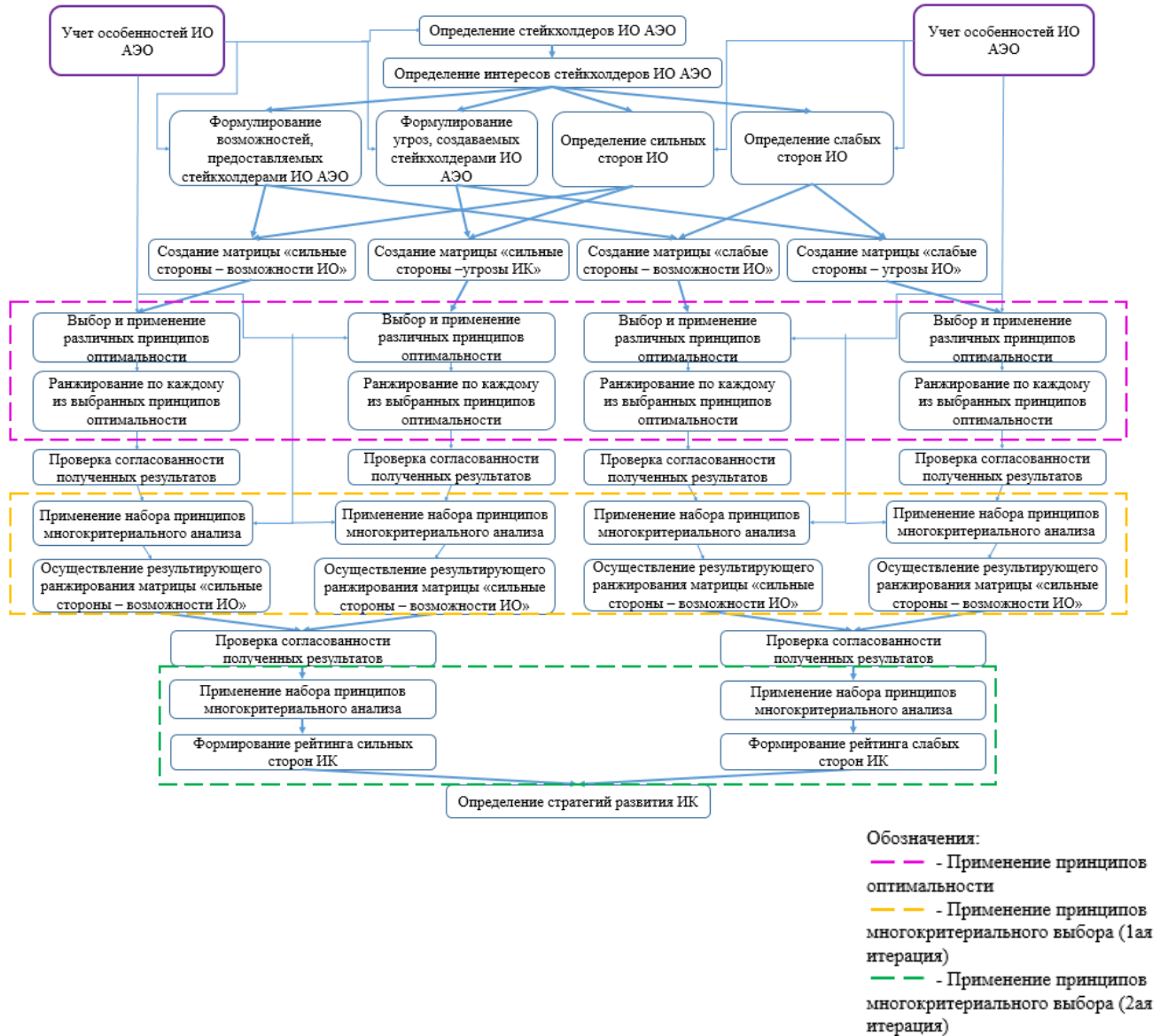


Рисунок 3.5. Методика SWOT-анализа применительно к инжиниринговым компаниям атомной энергетики

Рассмотрим более подробно основные этапы методики.

1. Выделение заинтересованных сторон при функционировании инжиниринговых

компаний атомной энергетики.

2. Определение интересов заинтересованных сторон.
3. Формирование возможностей, предоставляемых заинтересованными сторонами инжиниринговым компаниям.
4. Определение угроз компаний.
5. Определение сильных сторон инжиниринговых компаний.
6. Определение слабых сторон анализируемых компаний.
7. Разработка матриц в виде таблиц: «сильные стороны – возможности инжиниринговых компаний», «сильные стороны – угрозы», «слабые стороны компании – возможности», «слабые стороны – угрозы».

Например, рассмотрим в табл. 3.37 матрицу «сильные стороны компании – возможности».

Таблица 3.37. Матрица «сильные стороны компании – возможности»

SC \ OC	OC ₁	OC ₂	...	OC _j
SC ₁	α_{11}	α_{12}	...	α_{1j}
SC ₂	α_{21}	α_{22}	...	α_{2j}
...
SC _i	α_{i1}	α_{i2}	...	α_{ij}

Источник: составлено автором

Здесь SC_i – сильные стороны инжиниринговых компаний; OC_j – возможности инжиниринговых компаний; α_{ij} – показатели эффективности сильных сторон.

8. Выбор и применение различных принципов оптимальности (оптимизма, гарантированного результата, пессимизма и другие) для ранжирования сильных сторон организации в таблице «сильные стороны организации – возможности».

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.38) анализируются возможности, следовательно, принцип принимает вид $F_{\text{опт}}(X_o) = \max_{x \in X} \max_{y \in Y} F(x, y)$

Таблица 3.38. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

SC \ OC	OC ₁	OC ₂	...	OC _j	R1(SC)1
SC ₁	α_{11}	α_{12}	...	α_{1j}	R1(SC ₁)1
SC ₂	α_{21}	α_{22}	...	α_{2j}	R1(SC ₂)1
...
SC _i	α_{i1}	α_{i2}	...	α_{ij}	R1(SC _i)1

Источник: составлено автором

Здесь $R1(SC_i)1$ – ранги сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – возможности» при применении принципа оптимизма.

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.39) анализируются возможности организации, следовательно, принцип принимает вид $F_T(X_O) = \max_{x \in X} \min_{y \in Y} F(x, y)$

Таблица 3.39. Матрица эффективности

OC \ SC	OC ₁	OC ₂	...	OC _j	R2(SC)1
SC ₁	α_{11}	α_{12}	...	α_{1j}	R2(SC ₁)1
SC ₂	α_{21}	α_{22}	...	α_{2j}	R2(SC ₂)1
...
SC _i	α_{i1}	α_{i2}	...	α_{ij}	R2(SC _i)1

Источник: составлено автором

Здесь $R2(SC_i)1$ – ранги сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – возможности» при применении принципа гарантированного результата.

Ранжирование при применении принципа пессимизма

При использовании принципа пессимизма анализируются возможности организации, следовательно, принцип принимает вид $F_{\text{пес}}(X_O) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} F(x, y)$.

Таблица 3.40. Матрица эффективности при использовании принципа пессимизма

OC \ SC	OC ₁	OC ₂	...	OC _j	R3(SC)1
SC ₁	α_{11}	α_{12}	...	α_{1j}	R3(SC ₁)1
SC ₂	α_{21}	α_{22}	...	α_{2j}	R3(SC ₂)1
...
SC _i	α_{i1}	α_{i2}	...	α_{ij}	R3(SC _i)1

Источник: составлено автором

Здесь $R3(SC_i)1$ – ранги сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – возможности» при применении принципа пессимизма.

Возможно применение различных принципов оптимальности.

9. Проверка согласованности полученных результатов предварительного ранжирования сильных сторон компании в соответствии с возможностями.

10. Применение принципов многокритериального выбора для результирующего ранжирования сильных сторон компании в соответствии с возможностями на основе

результатов применения принципов оптимальности.

Приведем условный пример осуществления результирующего ранжирования сильных сторон компании (табл.3.41).

Таблица 3.41. Результирующее ранжирование сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – возможности»

Ранг SC _i	Принцип оптимизма		Принцип гарантированного результата		Принцип пессимизма	
	Ранг SC	Результат ранжирования	Ранг SC	Результат ранжирования	Ранг SC	Результат ранжирования
SC ₁	R1(SC ₁)1	1	R2(SC ₁)1	3	R3(SC ₁)1	2
SC ₂	R1(SC ₂)1	3	R2(SC ₂)1	4	R3(SC ₂)1	3
SC ₃	R1(SC ₃)1	5	R2(SC ₃)1	2	R3(SC ₃)1	1
SC ₄	R1(SC ₄)1	4	R2(SC ₄)1	1	R3(SC ₄)1	4
SC ₅	R1(SC ₅)1	2	R2(SC ₅)1	5	R3(SC ₅)1	5

Источник: составлено автором

На этом этапе роль критериев играют принципы оптимальности, выбор более эффективной технологии производится из результатов применения принципов оптимальности. Таким образом, решается проблема выбора принципов оптимальности с помощью комплексного применения различных принципов оптимальности.

Принцип доминирования. Согласно данным из табл. 3.41 принцип доминирования не дает возможность определить более важные сильные стороны.

Принцип Парето. Данный принцип реализуется в несколько этапов.

Первый этап – определяется множество более важных сильных сторон организации с лучшими результатами предварительного ранжирования (желтый цвет в табл. 3.41). В результате в множество более важных сильных сторон попадают SC₁, SC₃ и SC₄. Второй этап – определение множества менее важных сильных сторон организации, к которому относятся SC₅ (голубой цвет). Третий этап – множество еще менее важных сильных сторон – SC₂ (зеленый цвет).

Проведем сравнение сильных сторон при выделении главного показателя, в данном случае принципа оптимальности, и переводе остальных показателей в разряд ограничений. В роли главного показателя выбираем принцип гарантированного результата в связи с тем, что принцип предполагает, что неуправляемый фактор примет наихудшее состояние, при этом действия осуществляются рационально и выбирается наилучший исход событий. Следовательно, получаем рейтинг сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – возможности»: 1 – SC₄, 2 – SC₃, 3 – SC₁, 4 – SC₅, 5 – SC₂.

11. Выбор и применение различных принципов оптимальности (оптимизма, гарантированного результата, Сэвиджа и др.) для ранжирования сильных сторон организации в таблице «сильные стороны – угрозы».

Ранжирование при применении принципа оптимизма

При использовании принципа оптимизма (табл. 3.42) анализируются угрозы, следовательно, принцип принимает вид $F_{\text{опт}}(X_o) = \min_{x \in X} \min_{y \in Y} F(x, y)$

Таблица 3.42. Матрица эффективности при использовании принципа оптимизма

TC \ SC	TC ₁	TC ₂	...	TC _j	R1(SC) ₂
SC ₁	β_{11}	β_{12}	...	β_{1j}	R1(SC ₁) ₂
SC ₂	β_{21}	β_{22}	...	β_{2j}	R1(SC ₂) ₂
...
SC _i	β_{i1}	β_{i2}	...	β_{ij}	R1(SC _i) ₂

Источник: составлено автором

Здесь R1(SC_i)₂ – ранги сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – угрозы» при применении принципа оптимизма.

Ранжирование при применении принципа гарантированного результата

При использовании принципа гарантированного результата (табл. 3.43) анализируются угрозы организации, следовательно, принцип принимает вид $F_{\Gamma}(X_o) = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} F(x, y)$

Таблица 3.43. Матрица эффективности

TC \ SC	TC ₁	TC ₂	...	TC _j	R2(SC) ₂
SC ₁	β_{11}	β_{12}	...	β_{1j}	R2(SC ₁) ₂
SC ₂	β_{21}	β_{22}	...	β_{2j}	R2(SC ₂) ₂
...
SC _i	β_{i1}	β_{i2}	...	β_{ij}	R2(SC _i) ₂

Источник: составлено автором

Здесь R2(SC_i)₂ – ранги сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – угрозы» при применении принципа гарантированного результата.

Ранжирование при применении принципа пессимизма

При использовании принципа пессимизма анализируются угрозы организации, следовательно, принцип принимает вид $F_{\text{пес}}(X_o) = \max_{x \in X} \max_{y \in Y} F(x, y)$.

Таблица 3.44. Матрица эффективности при использовании принципа пессимизма

TC \ SC	TC ₁	TC ₂	...	TC _j	R3(SC) ₂
SC ₁	β_{11}	β_{12}	...	β_{1j}	R3(SC ₁) ₂
SC ₂	β_{21}	β_{22}	...	β_{2j}	R3(SC ₂) ₂
...
SC _i	β_{i1}	β_{i2}	...	β_{ij}	R3(SC _i) ₂

Источник: составлено автором

Здесь $R3(SC_i)_2$ – ранги сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – угрозы» при применении принципа пессимизма. Возможно применение различных принципов оптимальности.

12. Проверка согласованности полученных результатов предварительного ранжирования сильных сторон компании в соответствии с угрозами.

13. Применение принципов многокритериального выбора для результирующего ранжирования сильных сторон компании в соответствии с угрозами на основе результатов применения принципов оптимальности.

Аналогично пункту 10 данной методики осуществляется результирующее ранжирование сильных сторон организации из группы «сильные стороны организации – угрозы» по результатам предварительного ранжирования с применением комплекса принципов многокритериального анализа.

14. Проверка согласованности полученных результатов ранжирования сильных сторон компании в соответствии с возможностями и угрозами компании. Приведем условный пример осуществления проверки согласования результатов ранжирования сильных сторон компании (табл. 3.45). Результаты ранжирования совпадают частично. В такой ситуации необходимо осуществление согласования результатов.

Таблица 3.45. Проверка согласованности полученных результатов ранжирования сильных сторон компании

Рейтинг \ SC _i	Рейтинг сильных сторон из группы «сильные стороны организации – возможности»	Рейтинг сильных сторон из группы «сильные стороны организации – угрозы»
SC ₁	3	3
SC ₂	5	4
SC ₃	2	2
SC ₄	1	1
SC ₅	4	5

Источник: составлено автором

15. Выбор набора принципов многокритериального выбора и применение.

16. Формирование рейтинга сильных сторон инжиниринговых компаний.

На этом этапе роль критериев играют анализируемые группы – «сильные стороны организации – возможности» и «сильные стороны организации – угрозы», выбор более важной сильной стороны производится из результатов применения принципов оптимальности. Далее аналогично пункту 10 данной методики осуществляется окончательное результирующее ранжирование сильных сторон организации с применением комплекса принципов многокритериального анализа.

17. Аналогично пунктам 8–16 анализируем матрицы «слабые стороны компании – возможности», «слабые стороны – угрозы».

18. Определение стратегий развития инжиниринговых организаций на основе полученных рейтингов слабых и сильных сторон компаний.

Методика позволяет рационально составить стратегии развития с учетом особенностей инжиниринговых организаций благодаря обоснованно сформированному рейтингу сильных и слабых сторон. Разработанная методика может быть использована руководством организаций ГК «Росатом» при составлении стратегий развития инжиниринговых компаний атомной энергетики.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. В третьей главе диссертационного исследования представлено влияние неопределенности на показатели экономической эффективности различных направлений инжиниринга генерирующих установок с разными источниками энергии, такие как мощность, КИУМ, удельные капитальные затраты, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание и нормированная стоимость электроэнергии (LCOE).

2. В работе с целью определения перспективности и экономической эффективности атомной энергогенерации проведен анализ эффективности направлений инжиниринга генерирующих технологий в условиях неопределенности показателей эффективности.

Осуществлена апробация методики анализа экономической эффективности объектов в области энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды при решении определения эффективности генерирующей технологии среди разнообразия технологий генерации электроэнергии: атомные электростанции, электростанции на каменном угле, электростанции на газе (ПГУ), солнечные электростанции, гидроэлектростанции, ветряные электростанции. В результате был получен рейтинг направлений инжиниринга в области электрогенерации по экономической эффективности, определенной по трем показателям в условиях неопределенности внешней среды.

3. В соответствии с поставленной Инжиниринговым Дивизионом целью наращивать масштабы деятельности на мировых рынках, а также создавать и предлагать конкурентоспособную продукцию, которая позволит занять лидирующие позиции на международных рынках, необходимо поводить анализ экономической эффективности предлагаемых на рынке отечественных и зарубежных дизайнов АЭС.

В работе представлена апробация методики анализа экономической эффективности объектов в области энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды при решении реальной практической задачи анализа эффективности АЭС с различными технологиями легководных реакторных установок, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран, таких как Россия (VVER), Китай (LWR), США (LWR), Франция (EPR), Япония (ALWR), Корея (ALWR), Индия (LWR). В результате получен рейтинг АЭС с легководными реакторными установками, разработанными инжиниринговыми компаниями разных стран, по экономической эффективности, определенный по двум показателям в условиях неопределенности внешней среды.

4. В главе представлена разработанная методика SWOT-анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики. Сущность методики заключается в представлении последовательно-

сти этапов реализации SWOT-анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики с совместным применением комплекса принципов оптимальности и комплекса принципов многокритериального анализа, с помощью которого методика позволяет обоснованно сформировать рейтинг сильных и слабых сторон инжиниринговых организаций, что дает возможность рационально составить стратегии развития с учетом особенностей инжиниринговых компаний атомной энергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель диссертационного исследования состояла в разработке методов и методик анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды, позволяющих повысить эффективность их функционирования.

Основные результаты диссертационного исследования заключаются в следующем.

1. В результате проведенного исследования мирового рынка в области инжиниринга атомной энергетики определен состав компаний, действующих на международном рынке атомной отрасли: отечественный инжиниринговый дивизион ГК «Росатом», Korea Electric Power Corp. (KEPCO) (Республика Корея), China National Nuclear Corp. (CNNC) (КНР), EDF Group (Framatome) (Франция), China General Nuclear Power Corp. (CGN) (КНР). Проанализировано экономическое состояние перечисленных лидирующих зарубежных инжиниринговых компаний атомной энергетики и отечественного инжинирингового дивизиона ГК «Росатом». Определены дестабилизирующие внешние факторы и проблемы инжиниринговых компаний атомной энергетики. Полученные результаты необходимо учитывать при анализе эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики.

2. Предложен метод анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с использованием различных комбинаций принципов и показателей эффективности. Метод позволяет решать проблемы стратегического планирования, определения инвестиционной привлекательности компаний и предприятий атомной энергетики, что является задачей государственного уровня согласно энергетической стратегии РФ. Предложенные в рамках метода варианты анализа экономической эффективности деятельности были применены в разработанных в работе методиках.

3. Разработана методика определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики с комплексным применением набора принципов многокритериального анализа. Осуществлена апробация предложенной методики при определении эффективности крупнейших инжиниринговых компаний в области атомной энергетики на мировом рынке. Применение предложенной методики актуально при участии компании в конкурсах и тендерах, при определении инвестиционной привлекательности компаний. Данная методика может использоваться административными организациями, заказчиками проектов и др.

4. Разработана методика анализа эффективности деятельности инжиниринговых компаний атомной энергетики по совокупности групп показателей (экономических, экологический, показателей безопасности, инфраструктурных и социальных показателей), которая позволяет

повысить объективность анализа инжиниринговых компаний атомной энергетики с помощью учета различных направлений развития компании и разностороннего подхода к анализу.

5. Предложен метод определения экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности внешней среды. Данный метод является универсальным и может применяться для анализа инжиниринговых компаний разных отраслей промышленности, таких как топливной промышленности, машиностроения и электроэнергетики. Практическое применение метода необходимо при осуществлении стратегического анализа экономических объектов, в том числе Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», инжиниринговых компаний ГК «Росатом», также с помощью разработанного метода анализ может производиться на нескольких этапах стратегического управления.

6. Разработана методика анализа экономической эффективности деятельности инжиниринговых компаний в области энергетики в условиях неопределенности внешней среды по совокупности показателей. Методика позволила провести анализ экономической эффективности основных направлений инжиниринга в области электрогенерации с использованием набора показателей и с учетом неуправляемых факторов внешней среды, а также анализ экономической эффективности АЭС, разработанных инжиниринговыми компаниями разных стран. Результаты могут быть использованы органами управления на разных уровнях, в том числе при определении стратегий развития энергетической отрасли РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 01.12.2007 № 317 ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» : [федер. закон: принят Гос. Думой 13 ноя. 2007г.: по состоянию на 14.06.2019] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12157441/> (дата обращения 10.02.2023).
2. Указ Президента РФ от 13.05.2019 N 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_324378/d87263c7d000eb14ff8733b0d174803154e9ff77/ (дата обращения 10.02.2023).
3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения 10.02.2023).
4. Государственная программа Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»: постановление Правительства РФ от 02.06.2014 №506-12. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70672764/> (дата обращения 10.02.2023)
5. АО «Атомредметзолото» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.armz.ru/o-kompanii/o-nas> (дата обращения 10.02.2023)
6. АО «Атомэнергопроект» (Инжиниринговый Дивизион Госкорпорации «Росатом») [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ase-ec.ru/about/division-companies/> (дата обращения 10.02.2023)
7. АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И. И. Африкантова" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.okbm.nnov.ru/> (дата обращения 10.02.2023)
8. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф. - Москва: Экономика, 1989. - 303с.
9. Артюгина, И. М. Экономика ядерной энергетики: учебное пособие. 4-е издание, переработанное и дополненное / И. М. Артюгина - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010. – 129 с.
10. Архангельский, И. А. Система международного контроля за мирным использованием атомной энергии / И. А. Архангельский. – М.: Энергоатомиздат, 1986.– 181 с.
11. Асмолов, В. Требования к атомной энергетике с учетом мировых тенденций и вызовов [Электронный ресурс] // АТОМЭКСПО, 2016. – Режим доступа: // <http://www.atomic-energy.ru/video/68645> (дата обращения 10.02.2023).

12. Баканов, М.И. Теория экономического анализа: Учебник для студ.эконом.спец. / М.И. Баканов, М.В. Мельник, А.Д. Шеремет; под ред. М.И. Баканова. – 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 536с.
13. Баринаова, В. А. Нормированная стоимость электроэнергии в России: ВИЭ против дизельных электростанций / В. А. Баринаова, Т.А. Ланьшина. [Электронный источник]. - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25668567> (дата обращения 10.02.2023).
14. Батталова, А.И. Применение SWOT-анализа при формировании стратегии развития проектной организации / А.И. Батталова, Н.И. Мовчан // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – №2 (20). – С. 105-110
15. Беллман Р. Вопросы анализа и процедуры принятия решений [Текст] : сб. переводов // Р. Беллман, Л. Заде ; под ред. канд.физ.-мат. наук И.Ф. Шахнова. – М. : Мир, 1976. – 215 с.
16. Бендииков, М. А. Научно-технологическое развитие как средство обеспечения устойчивости экономики / М. А. Бендииков, И. Э. Фролов, О. Е. Хрусталёв // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2014. – №34. – С. 2-15.
17. Берж, К. Общая теория игр нескольких лиц / К. Берж. – М.: Физматлит, 1961.
18. Богомолова, Е. В. SWOT-анализ: теория и практика применения // Экономический анализ: теория и практика. – 2004. – № 17 (32). – С. 57-60.
19. Брыкалов, С. М. Аналитические методы и инструменты стратегического управления промышленными предприятиями атомной отрасли на основе многоуровневого подхода: дисс. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Брыкалов Сергей Михайлович. – Нижний Новгород, 2017. - 383 с.
20. Брыкалов, С. М. Методика многокритериального выбора эффективных стратегий предприятия атомной отрасли при использовании SWOT-анализа / С. М. Брыкалов, Ф. Ф. Юрлов // Экономика: теория и практика, 2016. - № 2 (42). - С. 76-84.
21. Брыкалов, С. М. Методика сравнительной оценки эффективности функциональных систем предприятия атомной отрасли / С. М. Брыкалов, Ф. Ф. Юрлов // Экономика и предпринимательство. – 2016. - №5 (70). - С. 825-830.
22. Бушуев, В. В. Энергетика России. Том 1. Потенциал и стратегия реализации / В. В. Бушуев. - М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2012. — 520 с.
23. Варнавский В. Г. Глобализация и структурные сдвиги в мировом производстве // Мировая экономика и международные отношения. – 2019 Т. 63 № 1. – С. 25–33.
24. Веденеев, Ф.В. Проектное управление инжиниринговой деятельностью: дис.канд. экон. наук: 08.00.05 / Веденеев Федор Валентинович. – М., 2006.- 179 с.
25. Видение 2030. Стратегические цели. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosatom-academy.ru/media/novosti/otraslevoi-razgovor-o-videnii-rosatoma-2030/> (дата обращения 10.02.2023)

26. Войтишек, Я.В. Методы оптимальных решений (антагонистические игры): учебное пособие / Я.В. Войтишек, М.М. Галилеев, В.П. Чернов, Т.В. Чернэуцану. – СПб.: Изд-во СПбГ-ЭУ, 2018. – 74 с.
27. Годовые отчеты ГК «Росатом» за 2013-2021 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosatom.ru/about/publicchnaya-otchetnost/> (дата обращения 10.02.2023)
28. Григорьев, В. А. Тепловые и атомные электрические станции: справочник; под общ. ред. чл.-корр. АН СССР В. А. Григорьева, В. М. Зорина. Справочная серия. Учебное пособие для ВУЗов. 2-е изд., перераб. М.: Изд-во: Энергоатомиздат, 1989.- 608 с.
29. Дуброва, А.М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. – М.: «Финансы и статистика», 2001.
30. Дубровский, В. Ж. Экономика фирмы (в вопросах и ответах): Учеб. пособие. — Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2019. — 356с.
31. Ершов, Ю. А. Россия и глобальная энергетическая безопасность // Российский внешнеэкономический вестник. – 2006. - №9. – С. 8-9.
32. Ершова М.И. Анализ зарубежного и отечественного опыта повышения эффективности инжиниринговых компаний / М.И. Ершова, Ф.Ф. Юрлов // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы. – Нижний Новгород. 2020. – С. 105-109.
33. Ершова М. И. Выбор эффективных решений в экономике в условиях неопределенности внешней среды путем их ранжирования / Ф.Ф. Юрлов, А.Ф. Плеханова, С.Н. Яшин, М.И. Ершова // Управление устойчивым развитием. – 2021.- № 5 (36). – С. 47- 53.
34. Ершова М. И. Методика SWOT-анализа инжиниринговых компаний атомной отрасли / Ф.Ф. Юрлов, М.И. Ершова // Научное обозрение: теория и практика. – 2020. - Т. 10 (9). – С. 2139-2147.
35. Ершова М.И. Оценка эффективности крупнейших инжиниринговых компаний атомной отрасли на основе многокритериального подхода // Вестник НГИЭИ. 2021. № 5 (120). – С. 89-100.
36. Ершова М. И. Формулирование и анализ подходов к оценке эффективности промышленных объектов атомно-энергетической отрасли / Ф.Ф. Юрлов, М.И. Ершова // Вестник НГИЭИ. – 2020. № 10 (113). – С. 108-118.
37. Забродин, Ю. Н., Управление инжиниринговой компанией. Справочник для профессионалов. / Ю. Н. Забродин, В. В Курочкин — Москва : Омега-Л, 2012. — 872 с.
38. Зуб А. Т. Стратегический менеджмент: Теория и практика: Учеб. пос. для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. 415 с

39. Иванов А.А. Инвестиционная привлекательность экономических систем мезоуровня / А.А. Иванов, Н.Д. Иванова, А.Ф. Плеханова, К.И. Колесов, Д.Ю. Ковылкин, И.Г. Горбунова // Экономика и предпринимательство. - 2015. - № 10-2 (63-2). - С. 271-274.
40. Ильина, Н. А. Анализ становления, текущее состояние и перспективы развития основных участников мирового инновационного атомного рынка / Н. А. Ильина, А. В. Путилов // Инновации. – 2012. - №9 (167). - С. 39-44.
41. Инжиниринговая компания «АСЭ»: официальный сайт. [Электронный ресурс]. – - Режим доступа: // <https://ase-ec.ru/about/> (дата обращения 10.02.2023)
42. Институт энергетических исследований РАН [Электронный ресурс]. – - Режим доступа: <https://www.eriras.ru>. (дата обращения 10.02.2023)
43. Калиева, О. М. Факторы, влияющие на экономическую эффективность деятельности предприятия // Инновационная экономика: материалы междунар. науч. конф. - Казань: Бук, 2014. - С. 93-96.
44. Кальницкая, И.В. Концептуальная модель управления устойчивым развитием организации как основа формирования его учетно-аналитического обеспечения // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 4. С. 290–298.
45. Канеман, Д. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Пер. с англ. - Х.: Изд-во Институт прикладной психологии «Гуманитарный центр», 2005.
46. Караваев, И. А. Стратегия развития ГК «Росатом» до 2030 года.
47. Кизка, Н. Д. Модель углубленного SWOT-анализа / Н. Д. Кизка, А. В. Янгиров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова: Белгород. – 2014. - №3. - С. 109-115.
48. Кини, Р. Л. Принятие решения при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа: пер. с англ.; под ред. И. Ф. Шахнова – М.: Радио и связь, 1981. - 580 с.
49. Киселица, Е.П. Повышение эффективности деятельности предприятий. – М.: Мир, 2006.
50. Козловская, Э. Экономика и управление инновациями: учебник. – Москва: Экономика, 2012. — 359 с.
51. Колесов, К. И. Развитие инжиниринговых компаний / К. И. Колесов, В. П. Чалов // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. Материалы МНПК ученых, специалистов, преподавателей ВУЗов, аспирантов, студентов. Нижний Новгород: НГТУ, 2018. - С. 96-97.
52. Кравченко В.Н. Диагностика и оценка эффективности основной деятельности предприятия // Экономика промышленности. – том 52, №4, 2010год. С. 145-152.

53. Лапаев, Д. Н. Многокритериальная оценка экономического состояния предприятий и отраслей промышленности с учетом интересов сторон: монография / Д. Н. Лапаев, Ф. Ф. Юрлов; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО Нижегородский гос. технический ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород: Нижегородский гос. технический ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2008. – 253 с.
54. Лапаев, Д. Н. Многокритериальное принятие решений в экономике: монография / Д. Н. Лапаев; Нижний Новгород: ВГИПУ, 2010. – 361 с.
55. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. - М.: Логос, 2000. – 296 с.
56. Ленчук, Е. Б. Новые тенденции формирования глобального экономического пространства в условиях четвертой промышленной революции // *Мировая экономика и международные отношения*. 2019 Т. 63 № 8 С. 113–117.
57. Леонтьев, Н. Я. Анализ состояния и трендов развития атомной отрасли на мировых энергетических рынках // *Экономика и предпринимательство*. – 2017. - № 8-2 (85-2). - С. 1217-1221.
58. Леонтьев, Н. Я. Инжиниринговой Дивизион как механизм формирования конкурентных преимуществ атомной отрасли / Н. Я. Леонтьев, А.А. Иванов, Н.Д. Иванова // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. - т.18 (5) – С. 944-957.
59. Леонтьев, Н. Я. Классификация задач многокритериальной оценки эффективности производственных систем / Н. Я. Леонтьев, Ф. Ф. Юрлов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. - 2017. - № 127. -С. 969-979.
60. Леонтьев, Н. Я. Мировой опыт инжиниринга: состояние, тенденции, инновации: монография / Ф. Ф. Юрлов, А. Ф. Плеханова, Н. Я. Леонтьев [и др.]. – Нижний Новгород: Нижегород. Гос. техн. Ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2015. – 133 с.
61. Леонтьев, Н. Я. Организационно-правовые вопросы инжиниринга в России / Н. Я. Леонтьев // *Экономика и предпринимательство*. – 2016. - № 12-2. – С. 713-718.
62. Леонтьев, Н. Я. Проблема многокритериального выбора эффективных решений инжиниринговых компаний атомной отрасли / Н. Я. Леонтьев // *Научное обозрение*. – 2016. - № 18. – С. 127-131.
63. Мазур, И. И. Управление проектами. – М.: Экономика, 2001.
64. Мазур, И. И. Инвестиционно-строительный инжиниринг. Учебное пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге, А. Ю. Забродин — Москва : Экономика, 2009. — 960 с.
65. Мазурова И.И. Анализ эффективности деятельности предприятия: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 113 с.

66. Макаров, А. А. Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России / А. А. Макаров, Т. А. Митрова, В. А. Кулагин // Экономический журнал ВШЭ. – 2012. - № 2. - С. 172 – 204.
67. Малюк, В. И. Проблемы оценки эффективности управления предприятием // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, 2015. - №4 (223). - С. 167-174.
68. Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iea.org/> (дата обращения 10.02.2023)
69. Микони, С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив: Учеб. пос. – СПб.: Лань, 2009.
70. Мильская, Е.А. Вопросы неопределенности при обеспечении экономической устойчивости предприятия / Труды V научно-практической конференции – СПб. – Изд-во СПбГПУ, 2005. – с.248-254.
71. Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – - Режим доступа: <http://economy.gov.ru/mines/main>. (дата обращения 10.02.2023)
72. Министерство энергетики РФ [Электронный ресурс]. – - Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru>.
73. Мишин, С. А. Инжиниринг, Россия, 2012 / С. А. Мишин // Актуальные рекомендации, 2012. - 73 с.
74. Морозко, Н.И. Оценка эффективности деятельности предприятия // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №2 –2015.
75. Найт, Ф. Х. Риск, неопределенность и прибыль. – М.: Дело, 2003. 360 с.
76. Ногин, В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: Физматлит, 2005.
77. Нейман, Дж.Фон Теория игр и экономическое поведение / Нейман Дж.Фон, О. Моргенштерн // пер. с англ. под ред. и с доб. Н. Н. Воробьева. М.: Наука, 1970. - 707 с.
78. Орлов, В.В. Ядерная энергетика и человек [Электронный ресурс] / Орлов В.В., Пономарев Л.И. - - Режим доступа: http://elib.biblioatom.ru/text/orlov_yadernaya-energiya-i-chelovek_2011/go,0/ (дата обращения 10.02.2023)
79. Осика, Л. К. Из истории отечественного инжиниринга // Журнал «ЭнергоРынок». - №7/8, 2010. - С. 18-28.
80. Осика, Л. К. Современный инжиниринг: определение и предметная область // Журнал "ЭнергоРынок". - №4. - 2010. - С. 11-21.

81. Павлов, К. В. Экономические «черные дыры» и экстремальный уровень неопределенности производственных процессов и экономическая среда // Науч. тр./ДонНТУ Сер. Экономическая. 2006. Вып. 30. С. 4-12.
82. Плеханова, А. Ф. Анализ проблем сопоставимости и многокритериальности решений, принимаемых в экономике / А. Ф. Плеханова. - Н. Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 1999. – 135 с.
83. Подиновский, В. В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений: учебное пособие / В. В. Подиновский. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 64 с.
84. Предприятия и организации «Росатома» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosatom.ru/about/factories/> (дата обращения 10.02.2023)
85. Проекты ГК «Росатом» за рубежом [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosatom.ru/production/design/stroyashchiesya-aes/> (дата обращения 10.02.2023)
86. Рапопорт, Б. М. Инжиниринг и моделирование бизнеса / Б. М.Рапопорт, А. И. Скубченко — Москва : ЭКМОС, 2011. — 240 с.
87. Роббинс, С., Коултер М. Менеджмент/Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. 880 с.
88. Российский поставщик изотопной продукции. АО «В/О «Изотоп» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.isotop.ru/> (дата обращения 10.02.2023).
89. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности: учебник. 4-е изд., испр. – Минск: РИПО, 2016. 374 с.
90. Смирнова, Е.В. Актуальные проблемы формирования плановых систем промышленных предприятий // Вестник Оренбургского государственного университета,. 2010. - № 13 (119).
91. Стратегия деятельности государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosatom.ru/about/mission/> (дата обращения 10.02.2023)
92. Стратегия Инжинирингового Дивизиона ГК «Росатом» на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ase-ec.ru/sustainability/> (дата обращения 10.02.2023)
93. Субботин, А. Перспективы глобального рынка // Мировая экономика и международные отношения. - 2005. - № 1. - С. 75-80.
94. Тельнов Ю. Ф. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. Методология и технология: учеб. пособие / Ю.Ф. Тельнов, И.Г. Федоров. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2015. - 207 с
95. Токарев, В. В. Методы оптимальных решений. В 2 томах. Том 2. Многокритериальность. Динамика. Неопределенность / В.В. Токарев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 420 с.

96. Трифонов, О. В. Выбор эффективных решений в экономике в условиях неопределённости / О. В. Трифонов, А. Ф. Плеханова, Ф.Ф. Юрлов. - Н.Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 1998. – 140 с.
97. Трофимец, В.Я. Модифицированная вычислительная процедура решения задач многокритериального выбора на основе метода анализа иерархий // Вестник Костромского государственного университета. 2004. - №6.
98. Филиппова, И. А. Основные направления системы государственного обеспечения экономической безопасности в Российской Федерации // Основы ЭУП. 2020 № 3 (22). С. 53–57.
99. Фишберн, П.С. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1977.
- 100.Фридман А. М. Экономика предприятий торговли и питания потребительского общества : учебник. 5-е. изд., стер. – М.: Дашков и К, 2019. 656 с.
- 101.Чернова, Т.Ф. Человеческие ресурсы в стратегическом управлении инжиниринговыми и консалтинговыми компаниями // Вестник университета. – 2012. – №5. С.93-97
- 102.Черняховская, Ю. В. Эволюция методологических подходов к оценке стоимости электроэнергии. Анализ зарубежного опыта [Электронный ресурс] // Вестник ИГЭУ. 2016. №4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-metodologicheskikh-podhodov-k-otsenke-stoimosti-elektroenergii-analiz-zarubezhnogo-opyta> (дата обращения 10.02.2023).
- 103.Шапкин, Е.И. Выбор эффективных стратегических решений на основе многоуровневого и многокритериального подходов. – Н. Новгород: НГТУ. 2007. 206
- 104.Шапкин, Е. И. Многоуровневый и многокритериальный подход к анализу и прогнозированию конечных целей и методов конкурентной борьбы крупных монополий // Экономический анализ: теория и практика. 2015, № 12 (411). С. 12–22.
- 105.Шеремет, А.Д. Комплексный анализ показателей устойчивого развития предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 45. С. 2–10.
- 106.Юрлов, Ф. Ф. Постановка и анализ задач выбора эффективных решений в экономике в условиях неопределенности внешней среды [Электронный ресурс] / Ф. Ф. Юрлов, И. Д. Андрианова // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. – 2014. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15798> (дата обращения 10.02.2023)
- 107.Юрлов, Ф.Ф. Выбор оптимальных решений в экономике / Ф.Ф. Юрлов, А.Ф. Плеханова, М.Ю. Маркитанов. – Нижний Новгород: НГТУ, 2006. - № 7. - С. 34-39.
- 108.Яновская, Е. Б. Антагонистические игры / Е. Б. Яновская // В сб.: Проблемы кибернетики. – М., 1978. – Вып. 34. – С. 221–246.

109. Яшин, С.Н. Сравнительная оценка совокупного экономико-организационного эффекта функционирования предприятий // Экономический анализ: теория и практика, 2005. -№ 6 (39), С. 8-14

110. China General Nuclear Power Corporation (CGN) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://en.cgnp.com.cn/> (дата обращения 10.02.2023)

111. China National Nuclear Corporation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.cnncc.com.cn/> (дата обращения 10.02.2023)

112. Framatome [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.framatome.com/fr/a-propos/implantations/slovaquie/> (дата обращения 10.02.2023)

113. Hitachi Ltd. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hitachi.com/> (дата обращения 10.02.2023)

114. Korea Electric Power Corporation (KEPCO) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://home.kepco.co.kr/kepco/EN/main.do> (дата обращения 10.02.2023)

115. Mitsubishi Heavy Industries Ltd. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mhi.com/network/area/europe.html> (дата обращения 10.02.2023)

116. Toshiba Corp. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.toshiba.ru/o-kompanii/> (дата обращения 10.02.2023)

117. Westinghouse Electric Company LLC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.westinghousenuclear.com/> (дата обращения 10.02.2023)