

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

На правах рукописи



Жильцов Сергей Алексеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ
ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ИННОВАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

Специальность 5.2.6 – Менеджмент

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
д.э.н., доцент
Митяков Е.С.

Владимир – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ | 13 |
| 1.1. Эволюция научно-практических подходов проектного управления инновациями | 13 |
| 1.2. Особенности управления проектами в области энергоснабжения | 28 |
| 1.3. Современные тенденции и перспективы развития инновационных технологий энергоснабжения | 39 |
| ГЛАВА 2. РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ | 58 |
| 2.1. Гибкий подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей | 58 |
| 2.2. Критерии выбора инновационной системы энергообеспечения удаленных пользователей | 76 |
| 2.3. Разработка алгоритма управления инновационным проектом энергообеспечения удаленных потребителей, основанного на бинарном подходе | 85 |
| ГЛАВА 3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЕКТОМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ | 104 |
| 3.1. Управление начальной стадией жизненного цикла проекта энергоснабжения удаленных потребителей в Красноярском крае | 104 |

| | |
|--|-----|
| 3.2 Управление стадиями эксплуатации и ликвидации системы автономного энергообеспечения в Красноярском крае | 126 |
| 3.3. Разработка рекомендаций по повышению эффективности методического инструментария проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае | 133 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 150 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 152 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 186 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования определяется необходимостью совершенствования методического инструментария проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей (далее – ЭУП). В современных экономических реалиях проектное управление справедливо занимает лидирующие позиции среди многочисленных управленческих подходов и выступает одним из наиболее перспективных методов внедрения инновационных технологий в сфере энергоснабжения (в том числе энергоснабжения удаленных территорий РФ). Вместе с тем в настоящее время в отечественной и зарубежной научной литературе, посвященной теории и практике проектного управления, до сих пор не выявлены характерные особенности современной системы автономного энергетического обеспечения удаленных потребителей, которые должны учитываться при выборе адекватного инструментария. Решение данных проблем является актуальной задачей для теории и практики энергообеспечения удаленных потребителей.

Энергоснабжение играет значительную роль в социально-экономическом развитии России и ее отдельных регионов. Приоритетной задачей энергетического комплекса остается обеспечение энергией потребителей, удаленных от стационарных сетей. При этом следует отметить наличие острой проблемы энергоснабжения удаленных потребителей, до сих пор не сопровождаемой научно обоснованными и продуктивными методическими решениями, поиск которых является важным компонентом национальной энергетической политики России, – обеспечение удаленных потребителей энергетическими ресурсами. Это одна из приоритетных задач энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г.

По разным оценкам, на изолированных территориях проживает от 11 до 20 млн граждан Российской Федерации, прежде всего жителей районов Крайнего Севера,

Сибири и Дальнего Востока¹. Население данных районов зачастую не имеет доступа к централизованному энергоснабжению. В то же время вышеуказанные территории играют важную роль для экономики страны. Отсутствие надежных систем качественного, экологически безопасного и дешевого энергоснабжения значительно тормозит социоэкономическое развитие удаленных регионов, которые вынуждены покрывать производственные и потребительские нужды за счет дорогостоящего привозного топлива.

Учитывая то, что процессы производства, распределения и потребления энергии в промышленных масштабах совпадают во времени, возникает необходимость принятия управленческих решений, направленных на обеспечение надежных систем сбора, резервного хранения и своевременной поставки энергии потребителям для сглаживания сезонных и погодных колебаний выработки на возобновляемых источниках энергетики (далее – ВИЭ).

Таким образом, актуальность диссертационного исследования обусловлена настоятельной потребностью в совершенствовании методического инструментария проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей и отсутствием научно обоснованных методических и практических разработок для реализации указанной потребности в современных экономических условиях.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в теорию и практику проектного управления внесли такие ученые, как Р. Арчибальд, Л.Н. Боронина, В.И. Воропаев, Г. Керзнер, В.И. Либерзон, И.И. Мазур, С.Н. Никешин, Дж.К. Пинто, В.Д. Шапиро и др.

Вопросы применения проектного подхода к управлению инновациями, в том числе в энергетической отрасли промышленности, изучены в работах В.Я. Афанасьева, В.В. Безпалова, В.Н. Борисова, А.М. Губернаторова, М.Н. Гусевой,

¹ Рекомендации «круглого стола» Комитета Государственной Думы по энергетике на тему «О законодательном обеспечении развития распределенной генерации для удаленных и труднодоступных территорий Крайнего Севера и Дальнего Востока» // Государственная Дума Федерального собрания Российской Федерации. URL: <http://komitet2-13.km.duma.gov.ru/Rabota/Rekomendacii-po-itogam-meropriyatij/item/26802626> (дата обращения: 11.02.2023).

П.Н. Захарова, В.И. Колибабы, Н.Г. Любимовой, Е.В. Мальковой, Н.Н. Ползуновой, И.В. Рыжова, А.С. Славянова, С.С. Чернова, Т.А. Филипповой, С.Н. Удалова.

Проблемы и перспективы использования энергогенерирующих установок на ВИЭ для обеспечения энергетических потребностей удаленных населенных пунктов исследовали отечественные и зарубежные авторы: В.И. Велькин, Х.Дж. Вагнер, С.Р. Древинг, А.В. Кулаков, Ю.А. Назарова, Б.И. Нигматулин, С.В. Ратнер, Л. Родригес, И.Н. Рубанов, Е.В. Соломин, А.С. Тулупов, Н.В. Хильченко и др.

Вопросы разработки и совершенствования методического инструментария управления проектами исследованы в работах О.Н. Ильиной, Д.А. Новикова, А.С. Товба, Г.Л. Ципеса, С. Эшмира и др.

Критический анализ научных исследований в области проектного управления энергоснабжением удаленных территорий показал, что остаются непроработанными следующие аспекты исследуемой проблемы:

- отсутствует целостная классификация критериев выбора инновационных систем энергетического обеспечения удаленных потребителей;

- не прослеживается дифференциация природно-климатических и технологических условий применения инновационных систем в рамках проектного управления;

- отсутствуют эффективные экономические модели энергетического менеджмента при снабжении удаленных потребителей с помощью применения инновационных систем.

В этой связи возникает необходимость дальнейшего теоретического обоснования и обобщения практического опыта, разработки необходимого научно-методического обеспечения для решения проблем активизации инновационного энергообеспечения удаленных потребителей и совершенствования методического инструментария управления проектами создания объектов генерации на возобновляемых источниках. Все вышеизложенное определило тему диссертации, формулировку цели и задач исследования.

Цель исследования заключается в обосновании методических и практических разработок по совершенствованию проектного управления инновационными технологиями обеспечения удаленных потребителей.

Для достижения указанной цели в работе сформулированы следующие **задачи**:

– разработать классификацию критериев, используемых при выборе состава и структуры управления инновационной системой энергоснабжения удаленных потребителей;

– предложить бинарный подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей;

– сформировать организационную структуру «обратной иерархии» проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей;

– обосновать целесообразность введения в систему управления рисками проектного управления инновационными технологиями энергообеспечения удаленных потребителей нового показателя – «эксплуатационный риск энергоснабжения»;

– предложить и апробировать систему показателей для оценки эффективности проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

Объектом исследования является процесс проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

Предметом исследования выступают экономические и организационные отношения, возникающие в процессе проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются фундаментальные положения и выводы теории управления проектами, научные исследования и публикации российских и зарубежных ученых в области проектного управления, экономики, права, статистики, моделирования, управления объектами автономного энергоснабжения удаленных потребителей. Для решения исследовательских задач использовались общенаучные методы познания, в частности: исторический метод и метод логических обобщений, методы научной абстракции, конкретизации, анализа, синтеза, индукции, дедукции, системный подход, методы сравнения и аналогии. Были также использованы и специальные методы: графический, формализации и экономического анализа, статистические.

Информационной базой исследования выступают законодательные акты, нормативные документы, инструктивные материалы, регламентирующие порядок работы субъектов управления объектами энергоснабжения. В процессе исследования использовались данные органов официальной статистики стран мира, Федеральной службы государственной статистики, информационных агентств, аналитических центров, профильных научных институтов, российских и зарубежных энергогенерирующих компаний, материалы отечественных и иностранных периодических изданий.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в решении научных задач по обоснованию методических и практических разработок, направленных на совершенствование проектного управления инновационными технологиями обеспечения удаленных потребителей. Наиболее существенные результаты, обладающие научной новизной исследования, выносятся на защиту.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработана классификация критериев, используемых при выборе состава и структуры управления инновационной системой энергоснабжения удаленных потребителей. *В отличие от известных ранее*, новая классификация включает критерии, связанные с природно-климатическими условиями, энергетической потребностью территории, техническими параметрами электрогенераторов, повышающих адекватность выбора инновационной системы энергоснабжения и эффективность ее функционирования. Использование авторской классификации *позволит* принимать наиболее объективные и эффективные управленческие решения по выбору инновационных систем энергоснабжения удаленных потребителей.

2. Разработан бинарный подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей, основанный на двойственной природе понятия «гибкость управления», сочетающего динамическую и стабильную составляющие. На основе бинарного подхода, *отличительной особенностью которого* является использование трех групп показателей, определяющих соответствие технологии техническому критерию: природно-климатические

условия, энергетические потребности территории и технические характеристики энергогенератора, предложена пошаговая процедура проектного управления инновационными технологиями, которая *позволяет* усилить устойчивость проекта к бифуркационным колебаниям в долгосрочной перспективе в условиях неопределенности, что обеспечивается благодаря сбалансированному сочетанию гибкости и стабильности управления.

3. Сформирована организационная структура «обратной иерархии» проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей, *отличающаяся от существующих разработок* ориентацией на бинарный подход посредством изменения иерархической соподчиненности уровней управления и акцентирования внимания на ключевой роли конечных исполнителей в создании ценности. Особенностью оргструктуры является учет обратной зависимости между уровнем иерархии управляющих звеньев и временем непосредственного участия в выполнении проекта, что *позволит* более продуктивно организовывать взаимодействие участников проектов по управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

4. Обоснована целесообразность внедрения в систему управления рисками проектного управления инновационными технологиями энергообеспечения удаленных потребителей показателя «эксплуатационный риск энергоснабжения», *важным отличием которого* выступает возможность расчета вероятности и масштабов негативного влияния изменений природно-климатических условий и технических факторов как суммы технико-технологического и погодного рисков энергоснабжения. Расчетные значения составляющих данного показателя *позволяют* разработать мероприятия двух типов – технические и климатические, снижающие риск. В результате *обеспечивается* минимизация эксплуатационного риска за счет его полноценного контроля, что меняет действующий подход к оценке рисков управленческих решений по выбору инновационных систем энергоснабжения удаленных потребителей.

5. Предложена система показателей для оценки эффективности проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных

потребителей, *отличительной особенностью* которых выступает их деление на экологические, технические и экономические. Данная система показателей *позволяет* учитывать изменение расходов энергии, динамику налоговых поступлений в бюджеты различных уровней, объем выработки энергии в сравнении с предпроектным уровнем, негативное влияние на природные экосистемы и ряд других.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке и обосновании методического инструментария управления проектом ЭУП на базе инновационных технологий, которые могут быть использованы при решении задач инновационного развития экономики России. В частности, дополнена классификация критериев выбора инновационных технологий энергообеспечения, представленная в научной литературе; выявлены особенности современной системы автономного энергоснабжения удаленных потребителей.

Практическое значение диссертационного исследования заключается в том, что предложенный инструментарий проектного управления инновационными технологиями обеспечения удаленных потребителей позволит разрешить существующие проблемы их энергообеспечения – неоптимальности состава и структуры управления инновационной системой энергоснабжения удаленных потребителей и неполноты системы показателей для оценки эффективности проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

Обоснованность и достоверность диссертационного исследования. Результаты, полученные в ходе проведенного исследования, обуславливаются многообразием используемых автором методов, а также анализом и глубоким изучением научных трудов отечественных и зарубежных ученых. Их позиции подвергались глубокому анализу, что делает использование научной литературы более релевантным и позволяющим достичь объективных оценок и выводов.

Личный вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии на всех стадиях исследования, начиная с постановки цели и задач исследования и их реализации до отражения результатов в научных публикациях и докладах, а также положениях, выносимых на защиту.

Апробация результатов диссертационного исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования обсуждены и одобрены на международных и всероссийских научно-практических конференциях и конгрессах, в том числе: Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в создании и управлении бизнесом» (Москва, 2018); VII Международном научном конгрессе «Новое в развитии предпринимательства: инновации, технологии, инвестиции» (Москва, 2019); Научно-практической конференции с международным участием «Инженерные системы» (Москва, 2020); Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций» (Нижний Новгород, 2022) и др.

Результаты исследования получили апробацию в Нижегородском региональном отделении Вольного экономического общества России, ЗАО «Институт ресурсосбережения», а также в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», что подтверждается соответствующими справками о внедрении.

По теме диссертационного исследования автором опубликованы 23 научные работы общим объемом 11,87 п.л. (из них авторский объем – 6,33 п.л.), в том числе 14 статей в научных журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Область диссертационного исследования соответствует следующим пунктам Паспорта научной специальности 5.2.6 «Менеджмент»: п. 16 «Теория и методология управления проектами. Процессы, методы, модели и инструменты управления проектами и программами. Управление рисками (риск-менеджмент)»; п. 19 «Управление инновациями. Инновационные способности фирмы. Управление организационными и технологическими инновациями. Межорганизационные формы управления инновациями».

Структура и содержание диссертации обусловлены кругом исследуемых проблем, отвечающим поставленным целям, задачам, объекту и предмету исследования, а также логикой изложения. Диссертационная работа изложена на

212 страницах компьютерного текста, состоит из введения, трех глав, включающих в себя 9 параграфов, последовательно раскрывающих понятие, сущность и особенности исследуемых проблем, а также заключения, списка литературы из 303 источников, в том числе зарубежных, и 3 приложений на 27 страницах. Диссертация содержит 27 таблиц и 29 рисунков.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

1.1. Эволюция научно-практических подходов проектного управления инновациями

Проекты как завершённая деятельность человека, направленная на достижение поставленных результатов, появились на заре человеческой цивилизации. Примерами масштабных строительных проектов в Древнем мире являются великие египетские пирамиды, статуи фараонов, древнегреческие полисы, древнеримские мосты и акведуки; в Средние века – замки, которые представляли собой города в миниатюре; в эпоху Возрождения и Новое время – архитектурные памятники государств Европы и России. Соответственно, существовали знания о способах управления проектами, в том числе крупными и сложными, но они носили прикладной утилитарный характер. Только в Новейшее время, с первых десятилетий XX в., начали зарождаться основы науки об управлении, из которой впоследствии проектное управление оформилось в отдельную область научного знания.

Следует отметить, что уже много тысяч лет тому назад строительство населённых пунктов реализовывалось в виде проекта. Зачастую управленческие принципы явно не формулировались и отображались в символической форме в контексте разнообразных философских, мифологических или религиозных учений и систем.

Краткая история проектного управления в древних цивилизациях, Средние века, эпоху Возрождения и Новое время представлена в табл. 1.1.

История проектного управления

| Историческая эпоха (цивилизация) | Особенности управления | Результаты |
|----------------------------------|---|--|
| Древнешумерская цивилизация | Власть сакральна, снисходит свыше, поэтому общественный лидер – это не функциональный служащий, а своего рода руководитель общественного проекта по достижению обществом поставленных свыше задач | Возникла письменность, развивались торговые отношения, жрецы выполняли первые управленческие функции (учет, ведение деловой переписки, планирование, контроль, снабжение и т.д.) |
| Древний Египет | Сформировалась парадигма централизованного управления, появились первые университеты управления (дома по обучению писанию), в которых готовили менеджеров того времени | Реализованы крупные проекты высокой сложности в области монументального строительства (пирамиды), макроэкономики (ирригационная система) и общественной политики (религиозные преобразования Эхнатона) |
| Древняя Греция | Утверждаются демократические концепции управления. Организационными формами становились временные проектные образования, направленные на достижение поставленной цели | Реализованы крупные проекты в строительной сфере: Парфенон, храм Артемиды в Эфесе и др. |
| Древний Рим | Подход к управлению развивался в направлении, противоположном древнегреческому: от горизонтально-демократического к вертикально-иерархическому стилю государственного управления | Системный подход к организации административной деятельности, эффективная бюрократическая система, которая функционировала исключительно на основе оптимально выстроенной структуры |
| Средние века в Западной Европе | Централистические принципы управления | Создание жесткой функционально-иерархической структуры Римско-Католической Церкви. Управление проектами было сконцентрировано на строительстве замков – городов в миниатюре |
| Эпоха Возрождения | Повышение интереса к античным идеям децентрализации управления | Создана основа для будущей концепции целевого политического управления |
| Новое время | Возврат к идеям абсолютизма и централизма государственной власти на фоне утраты Римско-Католической Церковью былого авторитета | Закладываются основы современных государств. Тогда же появляется новая организационная сила – хозяйственные предприятия. Ручной труд стал механизироваться и в дальнейшем появилось массовое серийное производство |

Источник: составлено автором с использованием: *Емельянов В.В.* Древний Шумер. Очерки культуры. СПб.: Азбука-Классика, 2003. 319 с.; *Маршев В.И.* История управленческой мысли: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим специальностям. М.: Проспект, 2016. 729 с.; *Грей К.Ф., Ларсон Э.У.* Управление проектами: практическое руководство / пер. с англ. М.: Дело и Сервис, 2003. 528 с.; *Лялин А.М.,*

Бронникова Т.С., Разу Б.М., Титов С.А., Якутин Ю.В. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник / под ред. проф. М.Л. Разу. М.: КНОРУС, 2010. 759 с.

В развитии подходов к проектному управлению в Новейшее время (начало–середина XX в.) можно выделить два направления. Первое связано с именами М. Вебера, Ф. Тейлора, Р. Гилбретта и У. Бернса, которые стремились распространить на управление инженерно-механистический подход (оптимизировать ручные операции, движения тела и т.д.) и мотивировать работников денежными стимулами к труду. Целью этих усовершенствований было улучшение материального производства. Представители второго направления (А. Богданов², Г.П. Кендалл³) подчеркивали необходимость использования системного подхода к управлению производством, однако их идеи были восприняты научным сообществом только в середине XX в.

Разразившийся кризис 1930-х гг. создал условия для окончательного осознания того, что роль собственников и управляющих производством в одном лице неэффективна; организацию, планирование и контроль на предприятии целесообразно поручить профессиональным менеджерам, которые начали выделяться в отдельную социальную группу («менеджерская революция» Дж. Бернхайма (1930-е гг.), «молчаливая революция» Д. Бэлла (переход контроля над производством и управлением от собственников к менеджерам), новое индустриальное общество Дж. Гелбрейта). Эмпирические исследования А. Берла и Г. Минса подтвердили тот факт, что искажение традиционного понимания собственности, при котором владельцы производственных мощностей больше не могут контролировать деятельность предприятия, разрушают основу экономического устройства трех предыдущих столетий. Собственников заменили владельцы акций и менеджеры⁴.

² *Богданов А.А.* Всеобщая организационная наука (тектология). Т. 1. М.–Л., 1925, Т. 2. М.–Л., 1927, Т. 3. М.–Л., 1929.

³ *Kendall H.P.* Systematized and Scientific Management // The Journal of Political Economy. 1913. Vol. 21. P. 593–617.

⁴ *Morris P.W.G.* Reconstructing Project Management. Wiley-Blackwell, 2013. 342 p.

На наметившийся переход капиталистического строя к менеджерскому указывает П. Сорокин⁵. Описывая «новое индустриальное общество», Дж. Гелбрейт подчеркивает, что в управлении крупными корпорациями максимальную эффективность демонстрируют профессиональные руководители, обученные управленческим процедурам и методам⁶. Т. Парсонсу принадлежит высказывание о трансформации семейной собственности на производство в корпоративную собственность⁷.

Активный поиск новых методов управления привел к созданию в конце 1950-х гг. основных инструментов управления – методов сетевого планирования и управления (Program Evaluation and Review Technique и Critical Path Method)⁸. Именно в конце 1950-х гг. началось формирование основ теории и практики управления, которое привело впоследствии к становлению современного проектного управления⁹. Его возникновению способствовала потребность в горизонтальных организационных структурах, позволяющих учитывать разнонаправленную динамику внешней среды и всесторонне мотивировать работников, области занятости которых эволюционировали от преимущественно материального производства к созданию продуктов экономики знаний и сферы услуг. Самолетостроение стало одной из первых отраслей, где начали появляться пионерные проектно-ориентированные формы организации.

Первым шагом к формированию основ проектного управления принято считать создание в 1937 г. Американским ученым Л. Гуликом организационной матрицы для управления сложными проектами. Практическое применение она получила в 1954 г. во время реализации проектов ВВС и ВМС США¹⁰. Данная

⁵ Сорокин П. Человек. Цивилизация. Общество / общ. ред., сост. и предисл. А.Ю. Согомонова. М.: Политиздат, 1992. 542 с.

⁶ Galbraith J.K. The New Industrial State. Boston: Princeton University Press, 1967. 576 p.; Galbraith J.K. Economics and the Public Purpose. Boston: Houghton Mifflin, 1973. 334 p.

⁷ Elliott Ch. Planning and Installing Micro-Hydro Systems: A Guide for Designers, Installers and Engineers. 1st ed. Routledge, 2014. 256 p.

⁸ Кочетков А.И., Никешин С.Н., Рудаков Ю.П., Шатино В.Д., Шейнберг М.В. Управление проектами. Зарубежный опыт. СПб.: Два Три, 1993. 446 с.

⁹ Решеке Х., Шелле Х. Мир управления проектами. М.: АЛАНС, 1994. 303 с.

¹⁰ Meredith J.R. Mantel S.J Project Management: A Managerial Approach. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2012. 600 p.

практика выработала первые принципы проектного управления: детальное точное формулирование целей, тщательный контроль, назначение ведущего ответственного менеджера. Ранние публикации по проектному управлению появились в 1957 г., после того как изобретенный метод критического пути (СРМ) был апробирован во время строительства фабрики по производству химического волокна в штате Кентукки. Метод PERT (Program (Project) Evaluation and Review Technique) был создан для программы Polaris военно-морского флота США, в которой приняли участие 250 предприятий и 9 тыс. субподрядчиков¹¹.

Техника сетевого планирования нашла широкое применение в проектном управлении. С 1958 г. СРМ и PERT прочно вошли в инструментарий менеджеров крупных гражданских и военных проектов для планирования работ, управления рисками, ресурсами и стоимостью. Особую важность приобрел предпроектный анализ.

Обзорная публикация Л. Геддиса в *Harvard Business Review* завершила этап становления проектного управления¹².

Одновременно с развитием методов сетевого планирования произошел переход от фрагментарного к системному подходу в управлении. Основой научных разработок в данной области послужили труды А.А. Богданова, Л. фон Бергаланфи и др. 1960-е гг. ознаменовались дальнейшим развитием методов сетевого планирования: оптимизацией стоимости (PERT/COST), планирования и распределения ресурсов (RAMPS, RPSM и т.д.). В этот период в Европе и Америке появляются и приобретают популярность первые программные системы контроля проектов на основе сетевых технологий¹³.

В 1950–1960-е гг. в СССР получило развитие программно-целевое планирование, предшествовавшее становлению проектного управления. В инструментарий системного анализа органично включались методы дерева

¹¹ *Kerzner H.* Project Management: a system approach to planning, scheduling and controlling. 7th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2001. 880 p.

¹² *Arto K., Heinonen R., Arenius M., Kovanen V., Nyberg T.* Global Project Business and the Dynamics of Change. Technology Development Centre Finland (Tekes). Finland: PMA, 1998. 147 p.

¹³ *Кочетков А.И., Никешин С.Н., Рудаков Ю.П., Шаниро В.Д., Шейнберг М.В.* Управление проектами. Зарубежный опыт. СПб.: Два Три, 1993. 446 с.

решений, теории игр, средства анализа в условиях риска и неопределенности и др. Протест общественных организаций в области защиты окружающей среды в 1970-е гг. против строительства крупных промышленных объектов потребовал включения в системы проектного управления модулей анализа влияния производственной деятельности на динамику развития экосистем. В 1977–1979 гг. усовершенствовались методы урегулирования конфликтов, были изучены оргструктуры управления проектами и проблемы руководителя и командного состава проекта. В 1980-е гг. частичное сворачивание серийного производства и наметившиеся тенденции «кастомизации» (индивидуализации) производства обусловили развитие методов проектного управления, ориентированного на предпочтения заказчика и на изменение содержания проекта (методы конфигурации). Управление рисками выделилось в самостоятельную область научного знания и практики управления¹⁴.

Организационная интеграция в матричной форме была разработана в 1960-е гг. А в 1967–1977 гг. усилиями П. Лоуренса и Дж. Лорша были созданы интеграционные механизмы, целостная система управления материально-технической базой и система сетевого планирования GERT. Благодаря творческой научно-поисковой работе американского ученого С. Эльмахраби в 1964 г. теория сетевого планирования расширилась за счет включения в нее методов построения стохастических альтернативных сетевых моделей¹⁵. В 1970-е гг. метод СРМ в США получил поддержку на законодательном уровне, что проявилось в принятии рядом судов к рассмотрению только претензий сторон проектов при наличии соответствующих компьютерных расчетов. На инженерных факультетах в учебных заведениях техника сетевого планирования получила статус обязательной дисциплины. Среди новых системных методов управления, развивавшихся в этот период, следует отметить Pattern-метод для структурирования целей и задач в соответствии с выявленными проблемами. Система корпоративного управления

¹⁴ Воронаев В.И., Гальперина З.М., Разу М.Л., Секлетова Г.И., Якутии Ю.В. и др. Управление программами и проектами / под ред. М.Л. Разу М.: Инфра-М, 1999. 392 с.

¹⁵ Meredith J.R., Mantel S.J. Project Management: A Managerial Approach. 8th ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2012.

Planning Programming Budget System ориентирована на достижение оптимального сочетания ресурсного потенциала, ограничений и целей предприятия¹⁶.

Развитие IT-технологий в конце XX в. (1974–1982 гг.) обеспечило техническую базу для составления графиков работ, планирования и контроля времени, ресурсов, себестоимости и др. Методы управления проектами стали активно проникать в деятельность не только крупных, но и средних и малых компаний. В 1980-е гг. интенсифицировалось выявление, накопление и обобщение лучших практик проектного управления. В 1987 г. специалистами Американского института проектного управления (PMI) впервые был опубликован «Свод знаний по проектному управлению» (PMBOK)¹⁷. В данном стандарте в систематизированной форме были изложены структура методов проектного управления и их место и роль в управленческой деятельности. В настоящее время институт PMI выпускает общепризнанные мировые специализированные стандарты в области проектного управления (управление портфелями, программами, рисками, сроками, содержанием, оценкой проекта, прибавочной стоимостью, практикой рабочей структурной декомпозиции проекта, компетентностью проектного менеджера и управление проектом в стадии зрелости¹⁸).

С середины XX столетия методология проектного управления интенсивно развивалась и достигла своего апогея в начале XXI в. В эпоху массового производства обнаружился диссонанс между хорошо налаженными потоками готовой продукции, производственными процессами и потоками движения товаров к потребителям. Поиск путей максимизации продаж заставлял менеджеров предприятий наделять товары индивидуальными множественными рекламными и функциональными характеристиками, в результате чего производство и потребление каждого товара/услуги начало приобретать черты уникальной инициативы. Сегодня

¹⁶ Маршев В.И. История управленческой мысли: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим специальностям. М.: Проспект, 2016. 729 с.

¹⁷ A guide to UK mini-hydro developments // The British Hydropower Association. URL: http://www.british-hydro.org/Useful_Information/A%20Guide%20to%20UK%20mini-hydro%20development%20v3.pdf (дата обращения: 24.01.2023).

¹⁸ Practice Standards & Framework // Project Management Institute. URL: <http://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/framework> (дата обращения: 12.03.2023).

электронная коммерция позволяет перейти от массового серийного производства к точечному удовлетворению спроса (производству, закупке, доставке). Данное утверждение особенно актуально для предприятий, работающих по индивидуальному заказу. Однако даже малые, средние и нередко крупные фирмы предпочитают использовать точечный метод, который позволяет оптимизировать потоки оборотных средств, повысить финансовую и производственно-сбытовую эффективность. Отрицательным результатом данного процесса стало повышение роли рекламы и маркетинга, навязывающих потребителям ложные потребности, которые не являются истинными нуждами. Общество потребления ценит не ценность, а символы, знаки, образы, имидж, престиж, общественное мнение. Развитие общества потребления вызвало к жизни такие новые феномены, как «быстрая еда», «быстрая мода», «быстрые отношения»¹⁹. В определенной степени это относится к факту беспрецедентного ускорения всех процессов на земле.

В этих условиях бизнес начал значительно зависеть от жизненного цикла товаров/услуг, и парадигма управления предприятием или проектом постепенно трансформировалась в деятельность по организации кругооборота жизненных циклов товаров и услуг. Современный ассортимент товаров – это не совокупность однотипных серийных продуктов, это ряд товаров-проектов с их индивидуальностью, ориентированностью на ключевую (как правило, узкую) аудиторию, рыночное существование которых ограничено стремительным физическим и моральным износом и, следовательно, жесткими временными рамками.

Большой удельный вес неудачных проектов обусловил необходимость дальнейшего поиска путей совершенствования существующей методологии. Кроме того, проектный образ мышления проникал во все сферы человеческой жизни и требовал методов управления, отличных от управления инженерно-техническими проектами. Развитие оргструктур, программного обеспечения и другие предпосылки динамичной среды требовали изменения методологии и усиления роли менеджеров инновационных проектов. Специалисты IPMA разработали первый вариант «Целевого плана компетенций» (IPMA Competence Baseline),

¹⁹ Горелов А.А. Расщепленный человек и целостная личность. М., 1990. 255 с.

который содержал перечень знаний, умений и навыков, необходимых управляющему проектами. Ключевая роль отводилась таким личным качествам менеджера, как лидерские наклонности, навыки общения и участия, умение управлять конфликтами и изменениями. На Всемирном конгрессе IPMA в Вене в 1990 г. была постулирована парадигма «управление по проектам». Получили распространение такие концепции анализа и совершенствования зрелости в проектном управлении, как метод Delta (Германия) и модель зрелости проектного управления Керзнера (РМММ). После падения Берлинской стены проектное управление получило возможность дальнейшего международного развития и обогатило опыт межкультурного взаимодействия²⁰.

В 1990-е гг. продолжилось углубление специализации областей управления проектами, усложнялась методика расчетов. В 1991 г. Национальная ассоциация управления проектами Германии (German Project Management Association, GPM, основана в 1979 г., немецкое представительство IPMA) опубликовала труд, в котором в систематизированной форме был представлен богатый немецкий практический опыт управления проектами и теоретические наработки ученых. В настоящее время 40% ВВП Германии создается деятельностью, организованной в проектной форме²¹.

Таким образом, в постиндустриальном обществе проектное управление оформилось в ключевую управленческую методологию. Диверсификация товарного пространства, функциональная и рекламно-имиджевая дополнительная обработка товара до его выхода в продажу превратили каждую товарную позицию в уникальную, а процесс их продвижения до конечного потребителя – в проект с уникальной целью. Суть управления организацией, ее производственно-сбытовыми процессами трансформировалась в управление инновационными проектами.

Анализа мирового исторического опыта за XX – начало XXI в. в сфере проектного управления позволил выделить для разнообразных временных этапов различные наиболее востребованные методы управления проектами (табл. 1.2).

²⁰ The Art of Project Management – Past, Present, Future // Reinhard Wagner. IPMA. URL: <https://www.ipma.world/the-art-of-project-management-past-present-future> (дата обращения: 22.01.2023).

²¹ Там же.

**Наиболее востребованные методы управления проектами
в различные временные периоды XX–XXI вв.**

| Временной период | Методы управления проектами |
|-------------------------|--|
| 1910-е гг. | Диаграмма Г. Гантта |
| 1920-е гг. | Теория научной организации труда (НОТ) А.К. Гастева |
| 1930-е гг. | Разработка Л. Гуликом модели матричной организации руководства сложными проектами |
| 1940-е гг. | Развитие управления проектами на основе теории исследования операций, обеспечивающей нахождение оптимальных проектных решений |
| 1950-е гг. | Внедрение разработок по матричной организации для руководства и осуществления сложных проектов. Разработка метода критического пути (СРМ). Разработка системы сетевого планирования PERT. Разработка системного подхода к управлению проектом по стадиям его жизненного цикла |
| 1960-е гг. | Развитие методов сетевого планирования. Предложены различные виды возможных интеграционных механизмов и условий целесообразного использования матричной формы организации процессов управления проектами. Разработаны методы графической оценки и анализа (GERT – Graphical Evaluation and Review Technique) |
| 1970-е гг. | Развитие системного подхода к управлению проектами |
| 1980-е гг. | Формирование управления проектами как сферы профессиональной деятельности |
| 1990-е гг. | Инновационное развитие сферы управления проектами |
| 2000-е гг. | Фокусировка методов управления проектами на целевой характер управления |
| 2010-е гг. | Развитие методов управления проектами на базе информационных технологий |
| 2020-е гг. | Развитие методов управления проектами на базе комбинаторных технологий |

Источник: *Тебекин А.В.* Эволюция методов управления проектами: мировой опыт и перспективы развития // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18. № 24. С. 3969–3994.

На основе результатов исследования эволюции управленческой мысли применительно к инновационным проектам считаем возможным сделать следующие обобщения:

– проекты как завершенная деятельность человека, направленная на достижение поставленных результатов, реализовывались еще в Древнем мире, но знания о способах управления проектами носили прикладной утилитарный характер;

– основы научных знаний об управлении были заложены в начале XX в. в рамках структурно-функционального подхода к управлению ручными и машинно-ручными операциями;

– становление проектного управления как науки началось в 1950-е гг. в связи с необходимостью решения сложных задач ракетостроительной отрасли и оборонной промышленности, благодаря чему значительное распространение получила наука об исследовании операций (например, проект Polaris);

– парадигма проектного менеджмента в 1950-е и 1960-е гг. заключалась в анализе проекта, структурировании его на рабочие блоки, планировании сроков и вычислении критического пути участниками команд по управлению проектами;

– осознание ограниченности возможностей методов сетевых техник обусловило постепенный переход в 1970-е гг. к более целостному подходу к проектному управлению, выходящему за рамки сетевого планирования, призванному преодолеть организационные проблемы проектов, встроенных в функционально-иерархические оргструктуры организаций. В этот период актуализировались вопросы лидерства вследствие обострения противоречий между высшей исполнительной властью и менеджерами проектов;

– в 1980-е гг. методы проектного управления начали проникать в разные отрасли (строительство, информационные технологии, связь и др.). Тем не менее основные исследования в проектном управлении по-прежнему концентрировались на методологии сетевого планирования;

– в 1990-е гг. после принятия стандарта ISO 9000 во многих организациях утвердился процессный подход, что оказало влияние и на проектное управление. Процессный подход в проектном управлении завоевал хорошую репутацию. PMI опубликовал первый свод правил PMBOK (1987 г.), в котором были представлены методология и процессы для управления проектами, основанные на ранее созданных и апробированных подходах;

– в 2000-е гг. развитие методологии проектного управления ориентировано на целевой характер. В условиях рыночного насыщения в данный временной

период в проектах реализуется концепция максимального приближения к потребителям;

– в 2010-е гг. можно констатировать бурное развитие методов управления проектами с использованием информационных технологий. Рост управленческих возможностей обеспечивается за счет увеличения объемов информации. При этом рост эффективности управленческой деятельности напрямую зависит от точности и достоверности данных.

Современный этап эволюции управления проектами можно охарактеризовать следующими трендами:

- появление искусственного интеллекта и автоматизации²²;
- использование гибридных подходов к управлению проектами;
- массовое использование инструментов и программного обеспечения для управления проектами;
- зависимость от аналитики данных и чисел;
- спрос на гибкие навыки и т.д.

На наш взгляд, наиболее существенный вклад в модификацию проектного управления в последнее время связан с развитием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения²³. Использование названного инструментария помогает руководителям проектов получать актуальную и своевременную информацию на базе технологий анализа данных и позволяет производить идентификацию рисков, а также прогнозировать проблемы до момента их возникновения²⁴.

В работе Кэт Бугард²⁵ изложены ключевые области использования искусственного интеллекта в проектном управлении:

²² Жильцов С.А., Антонова А.Е., Пономарева Е.А., Романов А.А., Украинцев С.Д. Роль управления проектами в цифровой экономике // Экономика и предпринимательство. 2019. № 7 (108). С. 688–693.

²³ Щербакова А.А. Управление экономическими проектами в условиях цифровизации России // Вестник науки. 2022. Т. 2. № 2 (47). С. 84–89.

²⁴ Rastogi A. Project Management 2019 trends. URL: <https://www.greycampus.com/blog/project-management/top-project-management-trends-in-2019> (дата обращения: 09.02.2023).

²⁵ Boogaard K. Project Management Trends and Predictions for 2019. URL: <https://www.goskills.com/Project-Management/Articles/Project-management-trends-predictions-2019> (дата обращения: 09.02.2023).

- идентификация потенциальных рисков;
- рост качества оценки рисков;
- интеллектуальное планирование;
- автоматизация рутинных и повторяющихся задач;
- повышение согласованности процессов и принятия решений.

Сегодня проектное управление претерпевает значительную трансформацию. Цифровизация экономических процессов, расширение возможностей и областей применения технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, расширение возможностей в деловой коммуникации и ряд других факторов в настоящее время изменяют характер организационно-управленческих взаимоотношений в проектной деятельности.

Благодаря цифровизации экономики одновременно в управлении проектами появляются как новые возможности, так и новые проблемы²⁶. В настоящее время можно зафиксировать перераспределение функционала и разделение компетенций цифровых инструментов и компетенций руководителя и команды проекта для успешного проектного управления²⁷.

Названное диктует целесообразность рассмотрения тенденций, которые, на наш взгляд, будут оказывать значительное воздействие на проекты в обозримом будущем²⁸. К таким тенденциям можно отнести:

- цифровизацию проектного управления;
- наличие требования введения устойчивых практик управления проектами;

²⁶ Курбанова, З.К. Особенности управления проектами в условиях цифровизации экономики России // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2019. № 3 (41). С. 19–23.

²⁷ Калязина Е.Г. Цифровой менеджмент в управлении проектами // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 12. С. 4747–4766.

²⁸ Mcgrath J., Kostalova J. Project Management Trends and New Challenges 2020+. URL: https://www.researchgate.net/publication/340387660_Project_Management_Trends_and_New_Challenges_2020 (дата обращения: 12.02.2023); Грошева Е.К., Начаркин М.А., Чуприна А.Д. Современные тренды в управлении проектами // Бизнес-образование в экономике знаний. 2021. № 2 (19). С. 30–32.; Кошевенко С.В., Куксин Р.П. Современные тренды и тенденции в управлении проектами // Становление и развитие предпринимательства в России: история, современность и перспективы : сборник статей IX Международной научной конференции. Смоленск, 27 мая 2022 года / Смоленский государственный университет. Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2022. С. 93–95.

- формирование адаптированных подходов для каждой проектной среды;
- растущий спрос на менеджеров проектов, а также растущие требования к их компетенциям;
- рост роли предиктивной аналитики и искусственного интеллекта в проектном менеджменте;
- популяризацию удаленной работы;
- увеличение числа гибридных команд;
- возникновение новых требований к навыкам руководителя проекта и членов команды.

Будущее науки об управлении проектами ученые и практики связывают с трансформацией подходов к пониманию конечных целей предпринимательской деятельности и качества ее результатов. Как справедливо отмечает М. Сильва в книге «Сказки на ночь для менеджеров проектов» (2016), необходимо новое видение завтрашнего дня – парадигма, в которой проекты рассматриваются не только как инвестиции, но и как наследие, которое представляет собой сознательное, устойчивое управление проектами и в котором успех проекта выходит за рамки треугольника «качество–сроки–затраты», а, скорее, измеряется удовлетворенностью заинтересованных сторон, характером краткосрочных и долгосрочных последствий и созданием настоящей ценности²⁹.

Приоритетные направления развития подходов к проектному управлению инновациями в ближайшем будущем, по нашему мнению, будут связаны с поисками решения следующих актуальных проблем³⁰:

- управление человеческими ресурсами и машинами с целью создания рабочей силы, адекватной требованиям цифровой эпохи;
- сохранение доверия в организации в век усиливающихся виртуальных связей;

²⁹ *Silva M.* Bedtime Stories for Project Managers: And others with trouble sleeping. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2016. 103 p.

³⁰ 20 years inside the mind of the CEO... What's next? // PwC. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/ceo-survey/2017/pwc-ceo-20th-survey-report-2017.pdf> (дата обращения: 11.02.2023).

- создание возможностей для каждого ощутить положительное влияние глобализации посредством более справедливого распределения преимуществ;
- управление в условиях неопределенности.

Анализ данных, планирование и контроль проектов, обмен информацией и поддержка эффективной коммуникации между заинтересованными сторонами составляют основу проектного управления инновациями³¹. Тем не менее для того, чтобы проектировать проект, принимать решения, приводить других людей к успеху, защищать проект публично перед клиентами и представителями более высоких уровней управления, необходимы высококвалифицированные управленческие кадры. Человеческая интуиция, чувства, идеи, эмоции не могут быть заменены искусственным интеллектом, поэтому руководитель проекта будет необходим и в будущем. Основатель Всемирного экономического форума профессор К.М. Шваб прогнозирует трансформацию роли проектного менеджмента в направлении от управляющей до «дирижирующей», «координирующей»³². Проекты реализуются с целью создания инновационных продуктов и услуг, требуют гибкой, адаптивной, зависящей от контекста координации, осуществляются в виртуальном пространстве исполнителями, которые слабо связаны между собой. Навыки межкультурного и социального взаимодействия необходимы для того, чтобы направлять людей, находящихся далеко от «фабрики», которая может представлять собой виртуальное рабочее пространство или онлайн-лабораторию. Люди объединяются для выполнения одного инновационного проекта, «растворяются» и собираются в другом составе. Команды становятся все более гибкими и требуют гибкого стиля организации. Специализация людей, работающих в такой среде, предполагает приобретение новых навыков, позволяющих оставаться привлекательными для организации, предлагающей возможности. По мнению К.М. Шваба, стиль руководства изменится, поскольку больше не будет зависимых работников – будут только «коллеги». Необходимый стиль управления будет больше напоминать дирижирование большим оркестром. Новый мир, новые

³¹ Жильцов С.А., Бондарчук Н.В., Налбатова Е.И., Байбакова С.А., Соловьева Д.А. Управление проектами в условиях цифровой трансформации энергетики // Экономика и предпринимательство. 2019. № 8 (109). С. 800–804.

³² Schwab K. The Fourth Industrial Revolution Paper back. Geneva, 2016. 198 p.

проекты и дальнейшая эволюция подходов к управлению проектами потребуют включения в работу новых специалистов, а для реализации каждой стадии проекта будет необходим новый состав участников³³.

Одновременно с этим для внедрения проектного управления на предприятии требуется длительное время, высокая квалификация руководителя проекта и членов команды проекта. Между командами разных проектов может возникать конкуренция за ограниченные ресурсы. Для небольших проектов многие инструменты проектного управления могут оказаться избыточными и привести к необоснованному расходованию ресурсов.

Таким образом, исследование эволюции управленческой мысли применительно к проектному управлению инновациями показало, что оно осуществлялось еще в Древнем мире, но знания о способах управления проектами носили прикладной утилитарный характер. Более целостный подход к проектному управлению сформировался в 1970-е гг. Основные исследования в 1980-х гг. сосредоточивались на методологии сетевого планирования. После принятия стандарта ISO 9000 в 1990-х гг. в организациях утвердился процессный подход, что привело к образованию методологии управления проектами. В настоящее время обозначился переход от понимания проектного управления как методологического подхода в менеджменте к формированию проектного образа мышления в проектно-ориентированном обществе, а также активное задействование современных информационных технологий.

1.2. Особенности управления проектами в области энергоснабжения

Проектный подход и проектно-ориентированное мировоззрение проникают во все сферы и отрасли экономики, в том числе и в сферу энергетики. О признании на высшем государственном уровне целесообразности использования проектного подхода в решении проблем в области энергоснабжения свидетельствует создание в апреле 2017 г. в Министерстве энергетики РФ Департамента по проектному

³³ Schwab K. The Fourth Industrial Revolution Paper back. Geneva, 2016. 198 p.

управлению³⁴. Одной из ключевых задач деятельности Департамента является разработка и реализация государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности³⁵.

В качестве одного из основных направлений государственной политики, закрепленной в энергетической стратегии России до 2035 г. (далее – Стратегия), утверждено создание условий для качественного надежного энергоснабжения в ряде удаленных регионов, а также в районах с низкой плотностью потребителей³⁶. Актуальность реализации данной задачи обусловлена высокой степенью изолированности населенных пунктов от централизованной энергосистемы: неэлектрифицированные зоны и зоны децентрализованного электроснабжения составляют 65–70% территории России³⁷. К удаленным потребителям относятся физические лица и предприятия, проживающие (расположенные) в населенных пунктах, имеющих слабые транспортные связи с промышленно развитыми районами и изолированные от централизованного энергоснабжения.

Согласно Стратегии, изолированные и удаленные энергорайоны признаны перспективной областью применения ВИЭ в России, поэтому ввод в эксплуатацию новых экономически эффективных генерирующих мощностей, функционирующих на основе возобновляемых источников, является одной из задач развития ВИЭ в РФ³⁸. Учитывая указанные обстоятельства, разработка методического инструментария управления инновационными проектами энергоснабжения удаленных потребителей приобретает особую актуальность и требует проведения углубленного

³⁴ Минэнерго России создан новый Департамент по проектному управлению // Министерство энергетики Российской Федерации (офиц. сайт). 25.04.2017. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/7826> (дата обращения: 04.02.2023).

³⁵ Департамент проектного управления и обеспечения деятельности Министерства // Министерство энергетики Российской Федерации (офиц. сайт). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/51> (дата обращения: 12.01.2023).

³⁶ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. // Министерство энергетики Российской Федерации (офиц. сайт). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 09.02.2023).

³⁷ Основные направления и перспективы развития альтернативной энергетики. URL: <http://https://ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-211/tehnologii/osnovnye-napravleniya-i-perspektivy-razvitiya-alternativnoy-energetiki> (дата обращения: 06.02.2023).

³⁸ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. // Министерство энергетики Российской Федерации (офиц. сайт). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 09.02.2023).

содержательного исследования предметного поля специфики управления предприятиями данной отрасли.

Энергогенерирующие предприятия преобразуют природные ресурсы в тепловую и электрическую энергию с целью обеспечения производственных и потребительских энергетических нужд. При выборе управленческих воздействий и их последовательности необходимо учитывать не только отраслевые особенности и технические параметры генератора, но и стадии и фазы жизненного цикла проекта³⁹. Продолжительность стадии создания соответствует периоду жизненного цикла строительного проекта (рис. 1.1)⁴⁰, поэтому в период до сдачи объекта в эксплуатацию управление им связано, прежде всего, с особенностями проектного управления строительством энергогенерирующих станций.

Ключевая роль управления стадией создания объекта энергоснабжения обусловлена ее повышенной капиталоемкостью: строительство объекта энергоснабжения требует значительных вложений финансов и времени, а также интеллектуального и физического труда на этапах предпроектной подготовки (20–40% времени), разработки проекта и проведения непосредственно строительномонтажных работ (60–80% от общего времени стадии создания объекта).

На стадии эксплуатации наибольшая доля расходов приходится на поддержание текущей работы станции. Минимизация расходов на содержание персонала достигается посредством автоматизации процессов выработки, хранения и транспортировки энергии конечным потребителям. Как правило, персонал современных СЭС и ВЭС состоит из диспетчера, который контролирует работу систем автоматики, предоставляет технические отчеты, вызывает технических специалистов в случае возникновения неисправностей, наступления аварийных/предаварийных ситуаций, для проведения плановых ремонтов или диагностики оборудования, а также бухгалтера (финансового менеджера), который составляет финансовую и статистическую отчетность для внутренних и внешних

³⁹ Управление инновационными проектами: учеб. пособие / под ред. проф. В.Л. Попова. М.: ИНФРА-М, 2022. 336 с.

⁴⁰ Жильцов С.А. Теоретические основы управления проектами в области энергоснабжения удаленных потребителей на базе возобновляемых источников энергии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 220–228.

пользователей, реализует процедуры внутреннего контроля, анализирует динамику показателей эффективности деятельности и разрабатывает рекомендации по ее повышению (корректирует тарифную политику на этапах роста, зрелости и ликвидации объекта и т.д.), и исполнительного директора, который выполняет представительские и общеуправленческие функции.

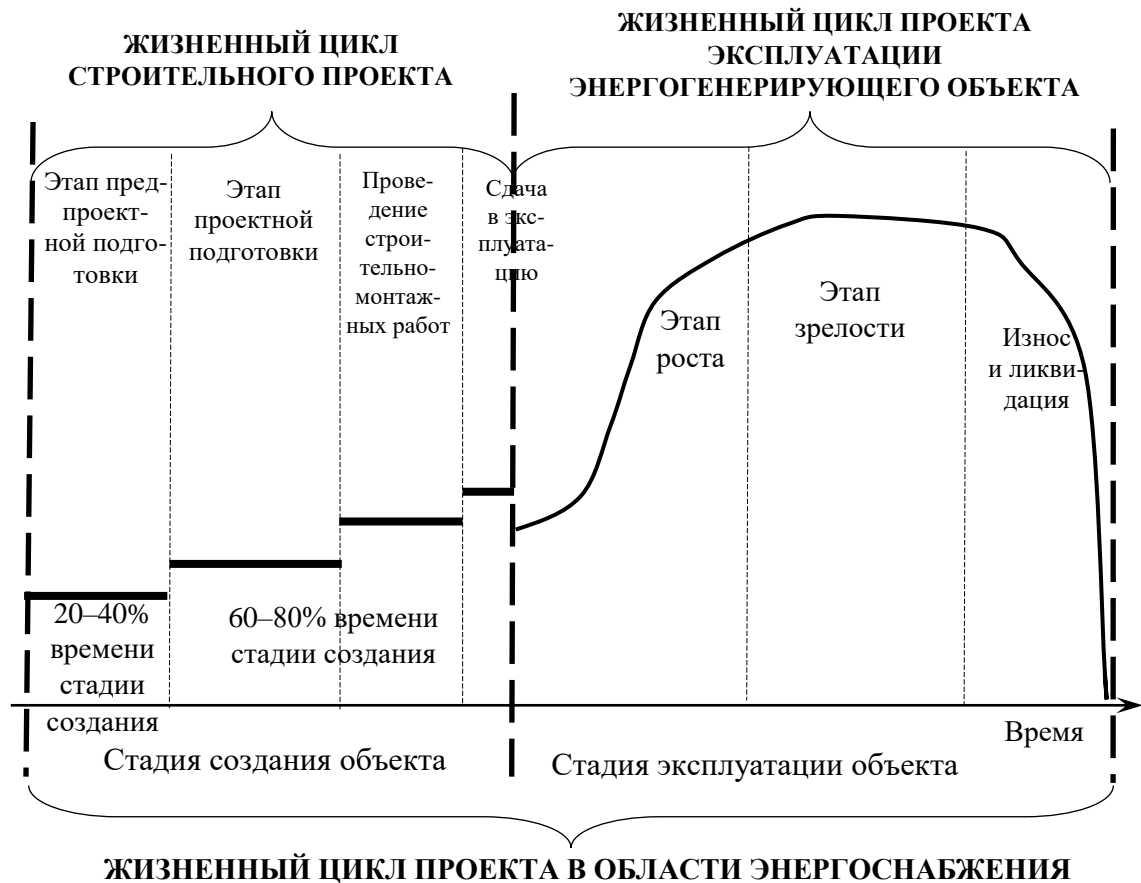


Рис. 1.1. Стадии жизненного цикла проектов в области энергоснабжения

Источник: составлено автором.

Как представлено на рис. 1.1, управление на стадии эксплуатации включает как управленческие процедуры, характерные для всех хозяйствующих субъектов, так и специфические черты, связанные с технологическими особенностями производственного процесса энергогенерации и транспортировки энергии к потребителям на этапах роста, зрелости, износа и ликвидации объекта. Наряду с отраслевыми тенденциями, наблюдаемыми в подотрасли российской возобновляемой энергетики, на выбор методологического инструментария управления

инновационными проектами в сфере децентрализованного энергоснабжения удаленных потребителей влияют технологические особенности генерации⁴¹.

К первой группе можно отнести следующие характерные черты комплекса автономного энергоснабжения РФ⁴²:

- стратегическое значение подотрасли для хозяйственной системы и социального развития удаленных территорий;
- наличие дисбалансов в территориальном размещении возобновляемых энергоресурсов;
- непостоянство возобновляемых энергетических потоков;
- умеренно благоприятные природно-технические условия для создания объектов генерации на ВИЭ (средняя инсоляция составляет 250–500 Вт/м², скорость ветра – 3–5 м/с на 80% территории, что обусловлено удаленностью от морей и океанов и резкоконтинентальным климатом);
- высокая капиталоемкость на этапе создания объекта генерации;
- более низкие показатели прибыльности, более высокая стоимость и степень децентрализации активов, менее продолжительный жизненный цикл оборудования по сравнению с традиционной энергетикой;
- ограниченные возможности дополнения ВИЭ невозобновляемыми энергоносителями на удаленных территориях;
- уязвимость к влиянию геополитических, социальных и экономических факторов.

Вторую группу особенностей считаем возможным представить следующими характеристиками технологических процессов в энергетике⁴³:

⁴¹ Жильцов С.А. Методика реализации проекта автономного энергообеспечения в зависимости от стадий жизненного цикла // Вопросы инновационной экономики. 2018. Т. 8. № 4. С. 731–740.

⁴² Филиппова Т.А., Сидоркин Ю.М., Русина А.Г. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник для студентов энергетических специальностей. 3-е изд. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. 356 с.; Колибаба В.И., Морозова А.А. Стоимостные модели в контроллинге устойчивого развития электроэнергетических компаний и кластеров // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 2 (54). С. 106–119.

⁴³ Там же.

- синхронность производства, распределения и потребления энергии (если не используются накопители) при непрерывном характере ее генерации;
- необходимость синхронизации объемов спроса и предложения на энергию с целью минимизации риска возникновения дисбалансов между ними;
- потребность в осуществлении дополнительных инвестиций в приобретение или строительство мощностей для хранения запасного объема энергии в форме, доступной для ее незамедлительной поставки потребителям в периоды совпадения повышенных энергонагрузок и снижения объемов текущей выработки;
- необходимость создания развитой системы транспортировки конечного продукта;
- необходимость обеспечения высокой надежности и маневренности энергогенерирующих установок и транспортной энергетической инфраструктуры;
- получение оплаты за услуги после потребления энергии.

Исходя из перечисленных особенностей, управление объектами энергоснабжения можно представить в виде административно-хозяйственного и производственно-технического управления, в том числе диспетчерско-операционного управления (ДОУ), с выделением в составе первого отдела подразделений по функциональному признаку, в составе второго отдела подразделений по производственному критерию (лаборатории, цеха и т.д.) (рис. 1.2).

На крупных объектах традиционной энергетики административно-хозяйственное управление объектами энергоснабжения предполагает реализацию традиционного набора взаимосвязанных управленческих процедур, характерных для управления всеми хозяйствующими субъектами (планирование, контроль, мониторинг и анализ результатов, внесение изменений в хозяйственные процессы) и осуществляется в рамках функциональных отделов.

Обязанности производственно-технического управления выполняют производственно-технические подразделения (лаборатория, цех, технические службы).



Рис. 1.2. Классификация уровней управления объектом энергоснабжения

Источник: составлено автором.

Функции ДОУ определяются специфическими задачами системы оперативного диспетчерского управления объектом традиционного энергоснабжения⁴⁴. К ним относятся:

- определение удельного веса объема производства и распределения энергии объекта энергоснабжения в совокупной мощности системы;
- выявление роли объекта энергоснабжения в регулировании частоты и напряжения тока;
- проектирование и корректировка плана коммутаций сети;

⁴⁴ Прохоренко В.В. Оперативно-технологическое управление и оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике: практические проблемы соотношения понятий // Правовой энергетический форум. 2022. № 3. С. 51–59.

- регулирование релейной защиты;
- определение удельного веса резерва объекта энергоснабжения в совокупном объеме резерва электроэнергетической системы;
- выдача разрешений на ремонт оборудования;
- организация и управление предотвращением и ликвидацией последствий аварий, при которых оборудование не защищено системами аварийной автоматики.

К базовым элементам управления энергоснабжающим объектом относятся энергетические балансы. Они определяют имеющиеся возможности для удовлетворения спроса на энергию в периоды, характеризующиеся различными уровнями нагрузок и, соответственно, режимами работы станции. Балансы мощностей позволяют балансировать нагрузки с источником, разрабатывать ценовую рыночную политику, калькулировать издержки эксплуатации технологий энергоснабжения и проведения ремонтов оборудования.

Баланс энергии (баланс средней мощности) позволяет решать следующие управленческие задачи:

- определять объем необходимых энергоресурсов;
- выявлять и анализировать потери энергии в процессе производства и транспортировки до потребителей;
- вычислять значения технико-экономических параметров работы системы энергоснабжения;
- анализировать динамику потребления энергии на собственные нужды;
- калькулировать себестоимость энергии;
- планировать и реализовывать эффективную хозяйственно-бытовую деятельность.

Несмотря на указанный недостаток, зависимость возможностей ВИЭ удовлетворять потребности нагрузки от природных и погодно-климатических условий⁴⁵ обуславливает широкое распространение метода аккумулирования

⁴⁵ Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии : учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. 457 с.

энергии для сглаживания колебаний генерации, особенно в автономных системах энергоснабжения.

С точки зрения ДОУ, от обеспечения сбалансированности таких технических параметров энергогенерирующего объекта, как генерируемая и распределяемая мощность, нагрузочный диапазон, ограничения по объему и составу энергоресурсов, логистические особенности, регулирующие возможности (скорость набора и сброса нагрузки в автоматическом режиме), надежность, экономичность, маневренность (время, необходимое для останова и пуска агрегатов, их разгрузка или загрузка в соответствии с нуждами потребителей), средства и системы управления, зависит эффективность выполнения функций станции энергоснабжения, к которым относятся⁴⁶: производство активной рабочей мощности, поставка реактивной мощности согласно балансовым показателям, поддержание требуемой частоты тока в системе энергоснабжения, регулирование напряжения в шинах станции.

При управлении техническими параметрами проекта в стадии эксплуатации следует контролировать соответствие рабочей мощности энергогенерирующего объекта ее допустимым значениям, которые находятся в пределах между минимально и максимально допустимой мощностью. Минимально допустимая мощность зависит от качества и вида топлива, а также устойчивости горения факела в топке котла (в традиционной энергетике) и может составлять 50–80% от максимальной мощности. Максимально допустимая (или связанная) мощность определяется техническим состоянием оборудования, качеством и видом топлива, сроками предыдущего капитального ремонта, ограничениями поставок энергоресурсов и другими факторами.

В соответствии с системным подходом, на основе которого реализуется проектный менеджмент, управленческие и обеспечивающие виды работ осуществляются в рамках интегральных направлений или подсистем управления

⁴⁶ Ампилов Ю.П., Ахметшина Л.Г., Горина С.А. [и др.]. Экономика организаций топливно-энергетического комплекса: учебник / Финансовый университет при Правительстве РФ. 2-е изд. М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2021. 578 с.

проектом: управление содержанием, сроками, качеством, стоимостью, персоналом, материально-техническими ресурсами, коммуникациями и рисками. Для каждой из указанных подсистем характерна различная взаимосвязь с предметом и инструментами управления на разных стадиях жизненного цикла объекта энергоснабжения. Управление содержанием осуществляется посредством установления системы целей, которая определяет состав и структуру ресурсов, работ, рисков и результатов проекта создания и функционирования объекта энергоснабжения.

Управление сроками направлено, в первую очередь, на работы, а также имеет отношение к ресурсам (поскольку работы могут начаться только после поступления ресурсов, их проведение невозможно без начала использования ресурсов), результатам (так как завершение работ означает появление результата) и рискам (факторы внешней и внутренней среды влияют на сроки реализации проекта). В управлении качеством и стоимостью проекта энергоснабжения проявляется взаимодействие с каждой предметной областью (работы, риски, ресурсы и результаты) в процессе применения таких инструментов, как технический проект, авторский надзор, структура продукции, состав требований к объекту. В управлении материально-техническим обеспечением, персоналом и коммуникациями ключевую роль играют модели управления соответствующими видами ресурсов (человеческими, материальными, информационными и др.). Для управления ими используются графики поставок, структурирование ресурсов и поставщиков, энергетические балансы и др. Управление рисками позволяет оптимизировать влияние проекта энергоснабжения на окружающую среду. В процессе проектного управления каждой подсистемой создается одна или несколько управляющих моделей (инструментов управления), при помощи которых обеспечивается реализация задач и контроль качества. На каждой стадии и этапе жизненного цикла проекта энергоснабжения решаются разные управленческие задачи.

Особенности управления проектами в области энергоснабжения на стадиях создания и эксплуатации объекта соответствуют особенностям управления проектами строительства объектов энергогенерации и непосредственного

административно-хозяйственного и диспетчерско-оперативного управления объектом после его сдачи в эксплуатацию⁴⁷. Изучение особенностей проектного управления в области энергоснабжения позволило систематизировать их в зависимости от стадии (создание и эксплуатация объекта) и этапа жизненного цикла объекта (рост, зрелость, износ и ликвидация), решаемых технико-экономических задач, используемых инструментов и вида управления (административно-хозяйственное и производственно-техническое, в том числе диспетчерско-операционное) и представить в виде сводной таблицы (Приложение А).

Проектное управление объектами энергоснабжения, основанными на использовании возобновляемых источников энергии, имеет свои особенности, среди которых следует отметить такую важную характерную черту, как необходимость поиска эффективного решения проблемы прерывистости производства энергии вследствие прогнозируемого или непредвиденного изменения погодных-климатических и природных условий. Одним из наиболее эффективных инструментов обеспечения надежности функционирования ВИЭ и сглаживания графиков выработки возобновляемой энергии во времени является применение аккумулирующих устройств, основанных на использовании современных инновационных технологий создания запаса энергии для покрытия потребностей в энергии в периоды ее дефицита.

Итак, обобщение теоретических исследований и опыта управления проектами позволило выделить особенности управления проектами в области энергоснабжения. Данные особенности зависят от специфики отрасли, типа и мощности энергогенерирующего объекта, а также стадии жизненного цикла проекта (стадии создания и стадии эксплуатации объекта). Вторая группа особенностей представлена характеристиками технологических процессов в энергетике⁴⁸. Особенности управления проектами в области энергоснабжения выделены по основным областям знаний проектного управления.

⁴⁷ Жильцов С.А. Особенности инструментов управления при реализации проектов энергоснабжения удаленных потребителей // Инновации в создании и управлении бизнесом: материалы Всероссийской научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов / Российский университет дружбы народов. М., 2018. С. 20–24.

⁴⁸ Дмитриев Н.Д., Родионов Д.Г., Жильцов С.А. Оптимизация управленческих процессов в электроэнергетике на основе математического моделирования // KANT. 2021. № 1 (38). С. 18–23.

1.3. Современные тенденции и перспективы развития инновационных технологий энергоснабжения

Эффективное управление проектами в области энергоснабжения требует проведения регулярного мониторинга и анализа внешней среды функционирования предприятия, в том числе тенденций совершенствования инновационной составляющей энергогенерирующих технологий. Развитие мирового рынка энергетики на современном этапе характеризуется устойчивым усилением внимания правительств, инвесторов, производителей и потребителей к возобновляемым источникам энергии. В настоящее время наблюдается бурный рост объема установленных мощностей энергогенерации на ВИЭ, основанных, прежде всего, на использовании энергии солнца и ветра⁴⁹. Конец 2016 г. ознаменовался рекордным приростом мощности станций на возобновляемых источниках: более 75 и 55 ГВт фотогальванической и ветряной генерации соответственно. Общемировой объем установленной мощности на ВИЭ на начало 2017 г. достиг более 300 ГВт⁵⁰. Годовой объем производства энергии из ВИЭ в 5 раз превысил значение данного показателя в 2000 г. Энергопотребление зданий сократилось наполовину по сравнению с началом XXI в.⁵¹ По данным IRENA (The International Renewable Energy Agency) на конец 2021 г., установленная мощность солнечных электростанций мира (в формате стран, принятых этим агентством) составила уже около 850 ГВт⁵².

⁴⁹ Akhmetshin E., Zhiltsov S., Dmitrieva A., Plotnikov A., Kolomeytseva A. The formation of the contemporary renewable energy sector and its role in the industry development // International Journal of Energy Economics and Policy. 2019. № 9 (6). P. 373–378.

⁵⁰ PV Market Alliance announces the 2016 PV market at 75 GW and a stable market in 2017 // The PV Market Alliance. URL: <http://www.pvmarketalliance.com/pv-market-alliance-announces-the-2016-pv-installations-at-75-gw-and-a-stable-market-in-2017> (дата обращения: 12.02.2023).

⁵¹ Klimaschutzplan 2050 // Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung BMUB – Hausentwurf vom 06.09.2016. URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_entwurf_bf.pdf (дата обращения: 09.02.2023).

⁵² EES EAEC. Мировая энергетика // Установленная мощность ВИЭ. URL: <https://www.eeseaec.org/ustanovlennaa-mosnost-vie> (дата обращения: 02.02.2023).

Доля возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе в период с 2020 по 2021 г. оставалась стабильной (28,1 %), что выше уровня 2019 г. (26,3 %) ⁵³.

Результаты исторического анализа и изучения мировых тенденций развития инновационных технологий энергоснабжения позволяют охарактеризовать современную ситуацию в сфере использования ВИЭ для удовлетворения потребительских и производственных нужд следующими ключевыми фактами:

– в 2021 г. на ВИЭ вырабатывалось 28,1% мирового объема производства энергии;

– 1,3 млрд чел. (20% населения планеты) не имеют доступа к сетям электроснабжения;

– в 2015 г. глобальный объем установленных мощностей на ВИЭ впервые превысил совокупный объем установленной мощности на угле, нефти, газе и ядерном топливе;

– лидирующие позиции в области производства и внедрения установок на ВИЭ занимает Китай.

Высокая стоимость капитальных затрат на строительство объектов ВИЭ требует активной государственной поддержки ⁵⁴. Мировой объем субсидирования возобновляемой энергетики в 2015 г. достиг 150 млрд долл. (средства на реализацию правительственных программ поддержки ВИЭ), из которых государственные инвестиции в создание отопительных мощностей на ВИЭ составили менее 1%, транспорта – менее 20%) ⁵⁵. Однако, несмотря на бурный рост возобновляемой энергетики и значительные финансовые вливания правительств в

⁵³ Share of renewables in electricity production // The Enerdata Yearbook. URL: <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 02.02.2023).

⁵⁴ Захаров П.Н., Врублевский И.А. Проектное управление в государственных корпорациях // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки. 2022. № 3 (33). С. 6–13.

⁵⁵ Cozzi L., Baroni M., Wanner B., Bouckaert S. The Outlook for Renewable Energy // World Energy Outlook 2016. 08.12.2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=44rvJkiRJI8&feature=youtu.be> (дата обращения: 21.01.2023).

развитие данного сектора, государства поддерживают его, как минимум, в 4 раза меньше, чем отрасли традиционного энергоснабжения⁵⁶.

Государственные инициативы оказания финансовой поддержки сектору нетрадиционной энергетики в значительной степени обусловлены поиском возможностей решения проблемы изменения климата. С целью выполнения положений Парижского соглашения от 12.12.2015 (вступило в силу 04.11.2016)⁵⁷, разработанного в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата⁵⁸, правительственные и неправительственные организации большей части стран мира в настоящее время разрабатывают институциональные, финансовые и административные механизмы реализации климатической политики, одним из ключевых направлений которой является сокращение выбросов CO₂ в атмосферу (минимум на 40% к 2030 г. по сравнению с 1990 г.⁵⁹) за счет увеличения выработки возобновляемой энергии.

Правительства промышленно развитых и развивающихся стран реализуют долгосрочные стратегии и программы содействия распространению технологий производства возобновляемой энергии, корректируют существующую нормативно-правовую базу в области энергетики в направлении усиления «зеленых» стандартов. Согласно прогнозам Международного агентства по энергетике, удельный вес возобновляемых источников достигнет 37% мирового объема производства энергии в 2040 г.⁶⁰. Европейское государство-лидер в области энергоэффективности Германия установило эталон для других стран, утвердив в «Плане по защите климата на период до 2050 г.» амбициозную цель – достижение к середине XXI в.

⁵⁶ World Energy Outlook. Chapter 1: Introduction and scope // International Energy Agency. URL: <http://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016Chapter1.pdf> (дата обращения: 09.02.2023).

⁵⁷ Adoption of the Paris Agreement FCCC/CP/2015/L.9 // United Nations. 12.12.2015. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109.pdf> (дата обращения: 09.02.2023).

⁵⁸ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705]. United Nations, 1992. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (дата обращения: 09.02.2023).

⁵⁹ 2030 Climate & Energy Framework // European Commission. URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (дата обращения: 16.01.2023).

⁶⁰ World Energy Outlook. Chapter 1: Introduction and scope // International Energy Agency. URL: <http://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016Chapter1.pdf> (дата обращения: 16.01.2023).

нулевого баланса CO₂ и увеличение удельного веса ВИЭ в энергетическом балансе страны⁶¹. Важно подчеркнуть, что цели, предусмотренные глобальными планами в области климата и энергетики (снижение выбросов парниковых газов на 20%), повышение эффективности использования энергии и эффективности промышленного производства (на 20%), являются взаимосвязанными, достижение каждой из них зависит от возможности реализации сопряженных задач.

Сектор возобновляемой энергетики в России развивается в соответствии с общемировыми тенденциями. Несмотря на незначительную роль ВИЭ в структуре источников производства энергии по сравнению с другими странами мира (рис. 1.3), объем установленной мощности ВИЭ в РФ ежегодно возрастает.

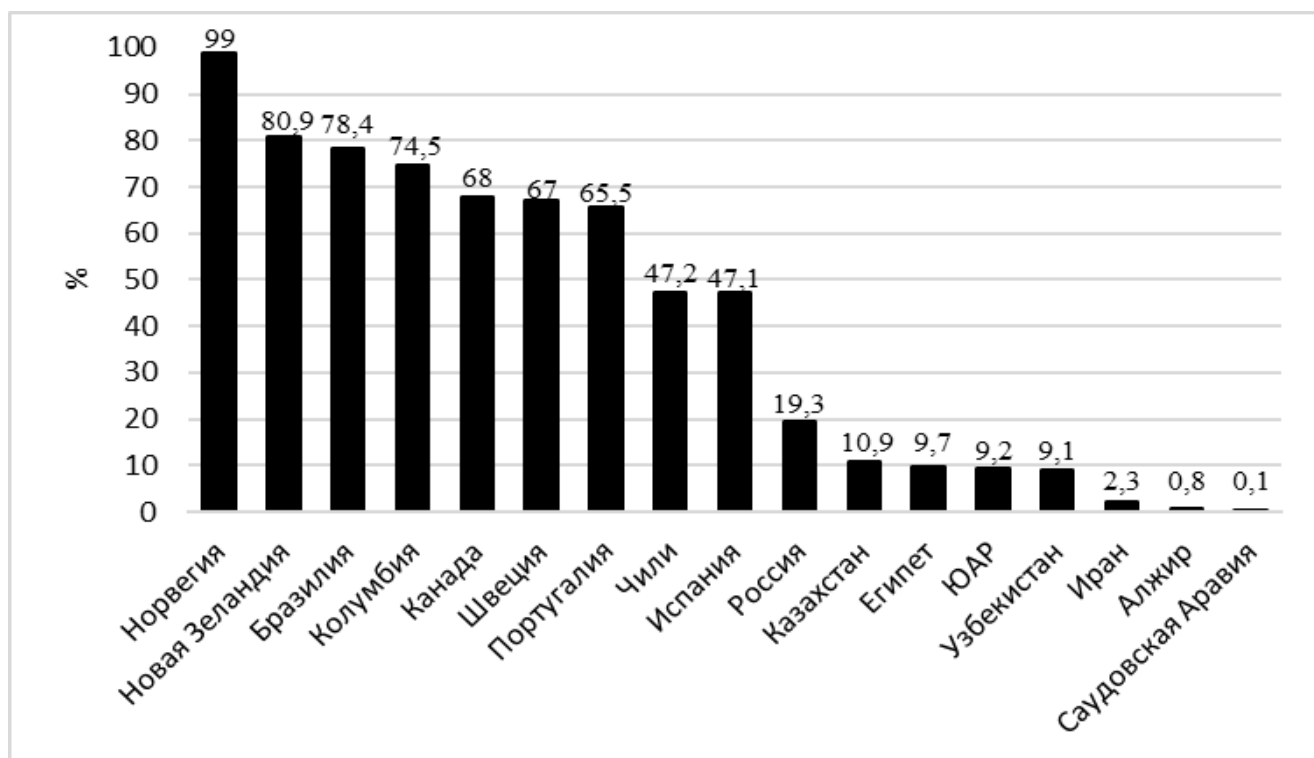


Рис. 1.3. Удельный вес энергии возобновляемых источников в объеме конечного потребления энергии в странах мира в 2021 г.

Источник: составлено автором по: Share of renewables in electricity production // The Enerdata Yearbook. URL: <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 02.02.2023).

⁶¹ Klimaschutzplan 2050 // Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung BMUB-Hausentwurf vom. 06.09.2016. URL: https://www.bmwk.de/%20Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/klimaschutzplan-2050.pdf?%20_blob=publicationFile&v=4 (дата обращения: 09.02.2023).

Согласно результатам конкурсного отбора 2020 и 2021 гг., до 2024 г. в России планируется ввести в эксплуатацию 820 МВт ВИЭ⁶².

В то же время изолированность 65% территории РФ (на которой проживает около 10 млн чел.⁶³) от общей энергосистемы обуславливает особую перспективность использования энергогенерирующих установок на ВИЭ для решения проблемы обеспечения энергетических потребностей удаленных населенных пунктов. Негативные экологические последствия сжигания углеводородов и общемировой вектор технологического развития в направлении безопасных неисчерпаемых источников энергии (рис. 1.4) диктуют необходимость поиска возможностей всестороннего содействия развитию сектора альтернативной энергетики в России. Справедливость данного утверждения подтверждается и оценками экспертов.

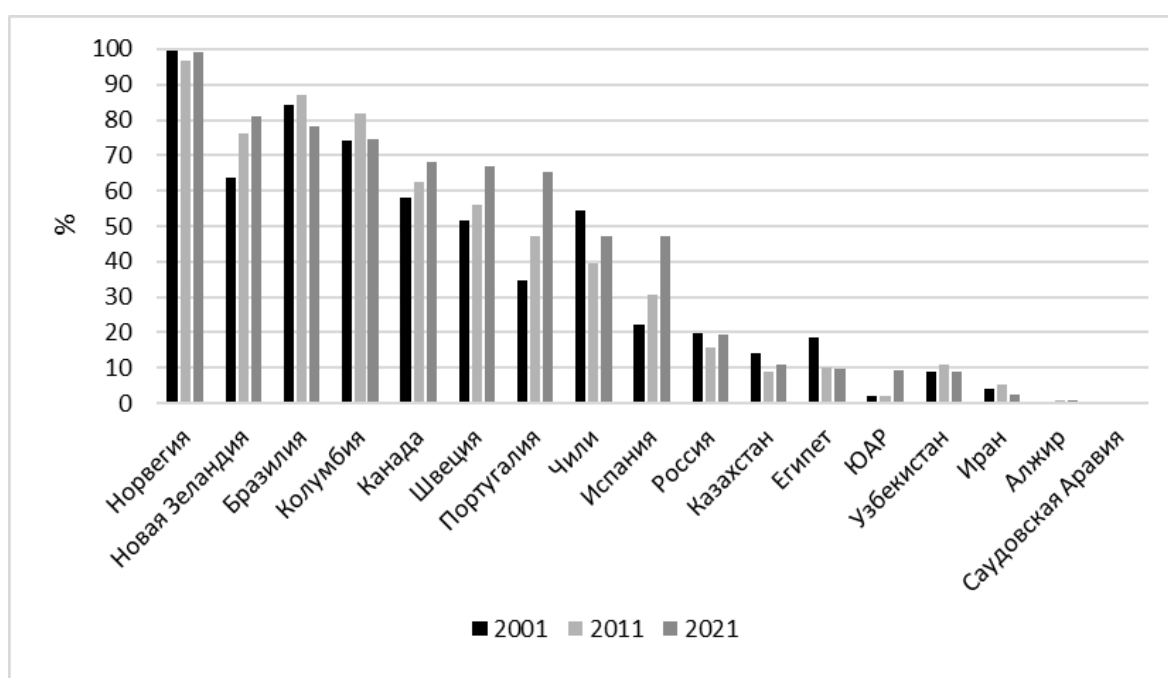


Рис. 1.4. Динамика удельного веса энергии возобновляемых источников в объеме конечного потребления энергии в странах мира в 2001–2021 гг.

Источник: составлено автором по: Share of renewables in electricity production // The Enerdata Yearbook. URL: <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 03.02.2023).

⁶² Результаты отборов проектов // Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии URL: <https://www.atsenergo.ru/vie/proresults> (дата обращения: 02.02.2023).

⁶³ Нигматулин Б., Рубанов И. Счетчик крутится слишком быстро // Эксперт. 2008. № 47 (636). URL: http://expert.ru/expert/2008/47/schetchik_slishkom_bystr (дата обращения: 12.02.2023).

Так, по данным за 2021 г.⁶⁴, валовой потенциал ВИЭ в РФ (количество энергии, заключенное в данном виде энергоресурса, при условии ее полного полезного использования) равен порядка 3093 млрд т у.т. (тонн условного топлива). При этом наибольшую долю в данном значении составляют доли энергии ветра (28,7%) и солнечной энергии (71,3 %). Экономический потенциал ВИЭ в России (часть технического потенциала, использование которого экономически оправдано при существующем уровне развития технологий применения возобновляемой энергетики) оценивается в 320 млн т у.т., что почти в 2,4 раза превышает фактический объем потребления электроэнергии в России в 2021 г. Технический потенциал ВИЭ (часть валового потенциала, которая может быть эффективно использована с применением известных технологий, принимая во внимание социальные и экологические факторы) в России составляет около 24,2 млрд т у.т., что примерно в 178 раз превышает современный уровень энергопотребления России.

Нормативно-правовой базой РФ предусмотрены следующие механизмы поддержки ВИЭ для изолированных систем энергоснабжения:

- регламентация долгосрочных тарифов (формула цены) на приобретение в течение периода окупаемости электроэнергии, произведенной при помощи ВИЭ;
- управление проектами ВИЭ в рамках региональных и федеральных целевых программ;
- создание условий для приоритетной загрузки мощностей, генерирующих электроэнергию из ВИЭ, в системе ДОУ⁶⁵.

Экономические стимулы, созданные для развития отечественного производства основного и вспомогательного технологического оборудования, генерирующего электроэнергию из ВИЭ, предусматривают возмещение части капитала, инвестированного в создание и эксплуатацию квалифицированных генерирующих

⁶⁴ Возобновляемая энергетика в России и мире // Российское энергетическое агентство URL: https://rosenergo.gov.ru/vie-report/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%92%D0%98%D0%AD.pdf (дата обращения: 03.02.2023).

⁶⁵ Кулаков А., Назарова Ю., Копаченко И. Возобновляемые источники энергии в России: итоги 2015 г. [аналитический доклад]. М.: Экспертное партнерство «Совет участников рынка возобновляемой энергетики», 2016. 85 с.

объектов мощностью более 5 МВт (оптовый рынок). Размер компенсации определяется согласно цене на мощность генерирующих объектов на ВИЭ (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Величина удельных эксплуатационных затрат для определения суммы компенсации инвестиций из государственного бюджета по видам ВИЭ

| Вид инновационной энергогенерирующей установки | Удельные эксплуатационные затраты, руб./МВт в месяц |
|---|--|
| Генератор на солнечной энергии | 170 000 |
| Генератор на энергии ветра | 118 000 |
| Генератор на энергии воды | 100 000 |

Источник: составлено автором по: Постановление Правительства Российской Федерации № 449 от 28 мая 2013 г. «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности»: офиц. текст // Консультант плюс. URL: <https://base.garant.ru/70388616> (дата обращения: 11.01.2023).

Относительно более высокая «популярность» установок на солнечной энергии среди инвесторов (рис. 1.5) объясняется не только указанными стимулами, но и технико-экономическими факторами, прежде всего, возможностью приобретения фотогальванических панелей отечественного производства (в отличие от дорогих комплектующих для ветрогенераторов, геотермальных станций и мини-ГЭС, которые закупаются, как правило, за рубежом). Значительная доля геотермальных источников в структуре установленной мощности обусловлена тем, что 97% были созданы до 2003 г. В течение последнего десятилетия в России не было построено ни одной новой геотермальной электростанции (табл. 1.4).

Приоритет ископаемых источников в энергобалансе России приводит к неэффективности управления, или ресурсному парадоксу. Богатые возобновляемыми природными ресурсами регионы РФ (Алтай, Тува, Камчатка) тратят от 50 до 80% бюджетных средств на закупку топлива⁶⁶. В изолированных

⁶⁶ Геотермальная энергетика в России // Alt Energiya.ru. URL: <https://altenergiya.ru/termal/geotermalnaya-energetika-v-rossii.html> (дата обращения: 12.02.2023); Стратегия социально-экономического развития Камчатского края до 2025 г. Утверждена Постановлением Правительства Камчатского края от 27 июля 2010 г. № 332-П. М., 2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/446224042> (дата обращения: 11.02.2023).

районах это значение еще больше вследствие более высокой транспортной составляющей, что приводит к увеличению тарифов на электрическую и тепловую энергию для населения и предприятий.

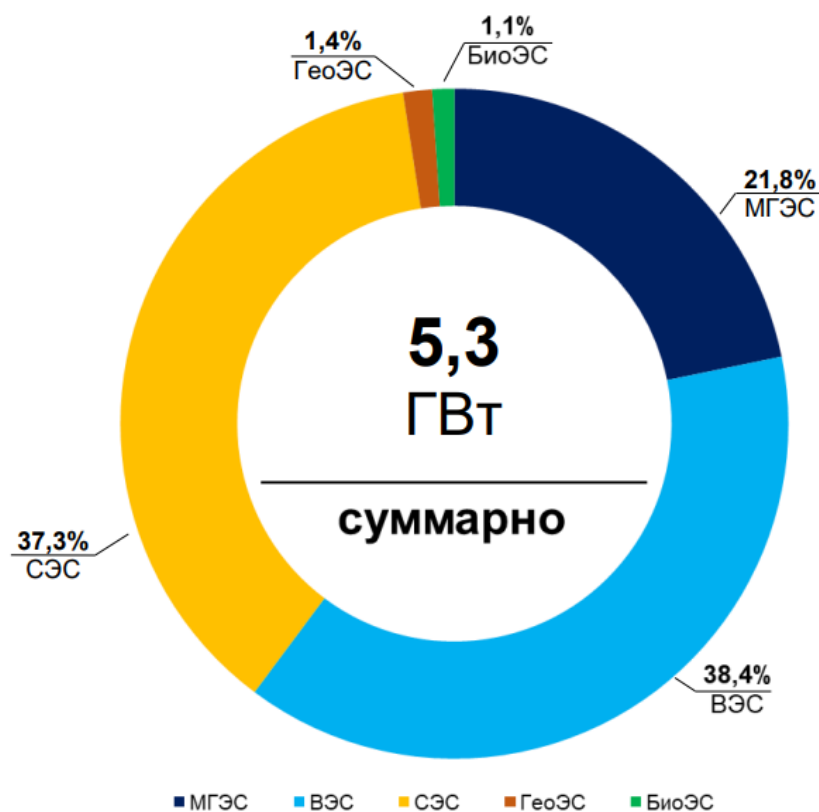


Рис. 1.5. Структура установленной электрической мощности ВИЭ в России (по состоянию на 1 января 2022 г.)

Источник: Возобновляемая энергетика в России и мире // Российское энергетическое агентство. URL: https://rosenergo.gov.ru/vie-report/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%92%D0%98%D0%AD.pdf (дата обращения: 03.02.2023).

Таблица 1.4

Геотермальные электростанции России

| Наименование ГеоЭС | Установленная мощность | Год ввода в эксплуатацию | Местонахождение |
|--------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|
| Мутновская | 50,0 | 2003 | Камчатский край |
| Паужетская | 12,0 | 1966 | Камчатский край |
| Верхне-Мутновская | 12,0 | 1999 | Камчатский край |
| Океанская | 2,5 | 2006 | о. Итуруп |
| Менделеевская | 3,6; 7,4 | 2002; 2019 | о. Кунашир |

Источник: составлено автором по: Геотермальная энергетика в России // Alt Energiya.ru. URL: <https://altenergiya.ru/termal/geotermalnaya-energetika-v-rossii.html> (дата обращения: 12.02.2023).

Возможности российских предприятий по производству оборудования для ВИЭ, по данным Минэнерго России, составляют более 1,5 ГВт/год⁶⁷, что более чем в 1,8 раза превышает планируемую к вводу в эксплуатацию мощность по результатам конкурсного отбора за 2020 и 2021 гг. (0,825 ГВт/год)⁶⁸. При этом многое оборудование закупается за рубежом. Это происходит по причине управленческой дисфункции и лоббирования энергетическими корпорациями своих интересов в ущерб общей эффективности.

Результаты анализа тенденций развития ВИЭ в России позволяют выделить следующие сдерживающие факторы развития ВИЭ: значительный объем первоначальных затрат на строительство объектов генерации и более высокая удельная приведенная стоимость электроэнергии из возобновляемых источников (рис. 1.6); относительно низкие значения коэффициентов полезного использования мощности ВИЭ по сравнению с установками на ископаемых источниках (см. рис. 1.6); недостаточно высокий уровень развития отечественных технологий и производства оборудования для ВИЭ; высокая обеспеченность страны углеводородными ресурсами⁶⁹.

Результаты исследований стоимости производства энергии из разных источников в течение последних лет демонстрируют значительную дифференциацию в зависимости от методов расчета и страны.

Себестоимость 1 кВтч зависит от таких факторов, как обеспеченность энергоносителями (углеводородами, углем, водными ресурсами), климатическая зона, техногенные факторы и уровень технологического развития. Тем не менее сравнительный анализ выходных данных свидетельствует о наличии общей для всех стран тенденции: себестоимость выработки электроэнергии на АЭС и ТЭС с течением времени повышается; стоимость генерации на ВИЭ, напротив, снижается, что, на наш взгляд, обусловлено влиянием ряда объективных предпосылок (рис. 1.7).

⁶⁷ Техника для возобновляемой энергетики // Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/10/974 (дата обращения: 11.02.2023).

⁶⁸ Результаты отборов проектов // Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии. URL: <https://www.atsenergo.ru/vie/proresults> (дата обращения: 02.02.2023).

⁶⁹ Жильцов С.А., Лосев А.Н., Амирова Э.Ф. Альтернативная энергетика России: проблемы и перспективы // Управленческий учет. 2022. № 5-2. С. 497–504.

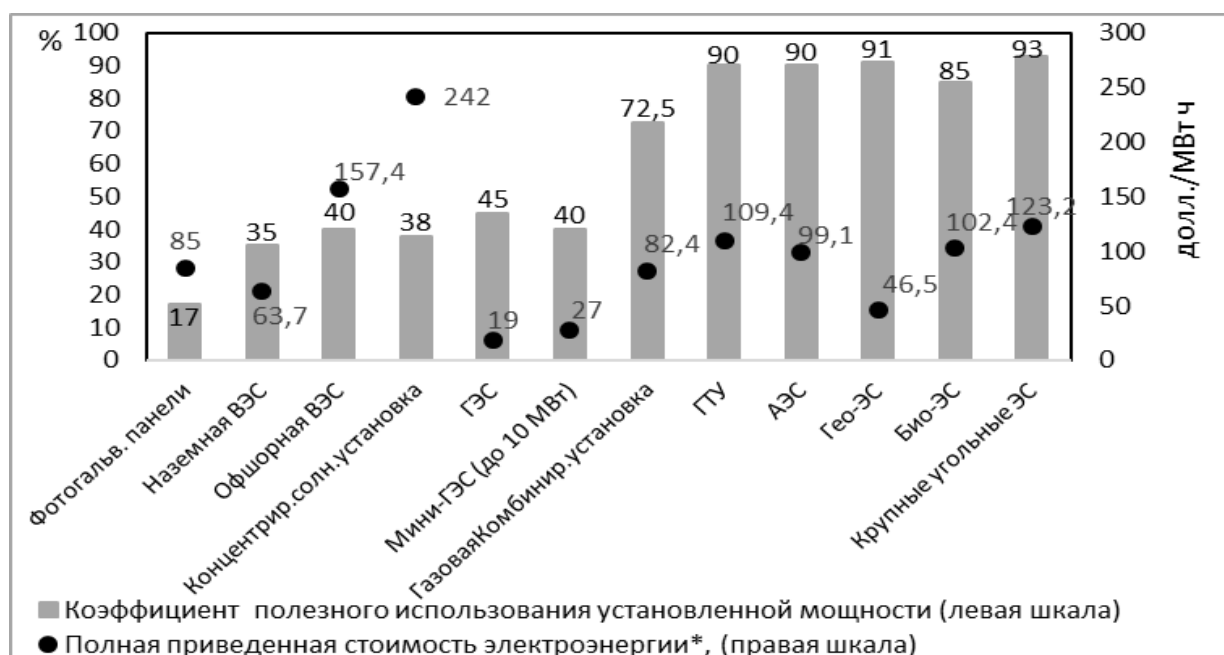


Рис. 1.6. Средние значения коэффициента полезного использования мощности и полной приведенной стоимости электроэнергии, произведенной генераторами разных видов

Источники: составлено автором по: Open Energy Index. (n.d.) Transparent cost database – LCOE // Open Energy Information. Transparent Cost Database. URL: <http://en.openei.org/apps/TCDB> (дата обращения: 20.07.2022); Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2017 // U.S. Energy Information Administration. URL: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf (дата обращения: 28.07.2022); Renewable Energy: Solar and Wind Technology // Ansys. URL: <http://www.ansys.com/solutions/solutions-by-industry/energy/renewable-energy> (дата обращения: 23.11.2022).



Рис. 1.7. Факторы динамики себестоимости традиционной генерации и ВИЭ в средне- и долгосрочной перспективе

Источник: составлено автором.

Наряду с указанными общими движущими силами, сокращение себестоимости выработки на отдельных видах ВИЭ связано с влиянием специфических факторов⁷⁰.

Так, для ВЭС потенциальные возможности снижения стоимости генерации и роста производительности турбин находятся в таких областях научно-исследовательских разработок, как технологии трансмиссии, эффективность технологических процессов, конструктивные решения роторов и опор, электроника сильных токов и операционно-управленческие стратегии (табл. 1.5).

В течение последних 3,5 десятков лет сектору технологий производства энергии на ВИЭ свойственна тенденция снижения себестоимости генерации: для ВЭС – в более чем 20 раз, для СЭС – в 9 раз, для геоЭС – в 4,5 раза, для концентрированных солнечных установок – в 14 раз, для био-ЭС – в 2 раза (рис. 1.8).

Отрицательная динамика цен на инновационные технологии связана с возможностью коммерциализации разработок и выведения их на уровень массового производства.

Динамика жизненного цикла технологий (рис. 1.9) показывает, что последние распространяются географически, экономически и во времени.

Передовая технология обычно возникает в промышленно-технологическом ядре, доходит до окраинных областей и, по мере своего продвижения, достигает периферийных участков тогда, когда в центре она уже перестает быть востребованной.

Решение задачи снижения капитальных затрат на создание генерирующих мощностей на возобновляемые источники энергии имеет значительные перспективы, особенно с точки зрения уменьшения средней стоимости новых проектов. Однако вследствие быстрых темпов удешевления солнечных фотогальванических модулей и – в меньшей степени – ветряных турбин в течение последних лет сокращение будущих затрат в абсолютном выражении, на наш взгляд, будет основываться на балансе системных издержек, стоимости проекта,

⁷⁰ Жильцов С.А., Карпушин А.А. Опыт и перспективы развития волновой энергетики // Международные научные исследования. 2017. № 3 (32). С. 28–35.

оптимизации издержек эксплуатации и технического обслуживания установок на ВИЭ и сокращения финансовых расходов⁷¹.

Таблица 1.5

**Потенциальные источники снижения стоимости генерации
на энергии ветра**

| Область научно-исследовательских разработок | Возможные изменения технологии | Ожидаемый результат |
|--|---|---|
| Технологии трансмиссии | Усовершенствование механизмов трансмиссии, снижение нагрузок за счет улучшения средств управления | Повышение надежности трансмиссии, снижение затрат на передачу энергии |
| Эффективность технологического процесса | Увеличение объемов производства и уровня автоматизации, создание производственных мощностей на площадке | Увеличение эффекта масштаба, сокращение расходов на логистику, повышение согласованности использования комплектующих и звеньев технологического процесса (благодаря более жестким стандартам проектирования и уменьшению веса конструкций) |
| Конструктивный дизайн роторов | Роторы увеличенного диаметра с пониженной нагрузкой на турбину за счет установки передовых средств управления и применения легковесных передовых материалов | Увеличение объема улавливаемой энергии с одновременным повышением уровня надежности и снижением веса ротора; сокращение затрат на другие опорные конструкции турбины |
| Конструктивные решения опор | Увеличение высоты опор, облегчение их веса за счет разработки новых архитектурных решений | Рост производительности турбины, увеличение полезного использования мощности за счет получения доступа к ветрам высокой скорости на больших высотах |
| Электроника в технике сильных токов / регулятор (преобразователь) мощности | Технология проведения измерений в режиме реального времени, вмонтированная в турбину (например, LIDAR), связанная с передовыми системами управления; повышение эффективности процессов моделирования сборки | Увеличение объема улавливаемой энергии при одновременном снижении усталостных нагрузок, что позволяет устанавливать меньшие расчетные предельные параметры и, таким образом, создавать более изящные конструкции турбин и снижать массу установок, повышая производительность станций |

⁷¹ Назарова Ю.А., Горюнов О.А., Жильцов С.А. Анализ факторов, влияющих на развитие возобновляемых источников энергии для энергообеспечения удаленных потребителей // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2018. № 3. С. 28–40.

| Область научно-исследовательских разработок | Возможные изменения технологии | Ожидаемый результат |
|---|---|---|
| Операционно-управленческие стратегии | Улучшение процесса мониторинга состояния технологии и проектировочных решений, усовершенствование стратегий управления процессами | Мониторинг состояния турбины в режиме реального времени, улучшение эксплуатационных характеристик установок, повышение эффективности операционно-управленческого планирования |

Источники: составлено автором по: *Bywaters G., John V., Lynch J., Mattila P., Norton G. et al.* Northern Power Systems WindPACT Drive Train Alternative Design Study Report. NREL/SR-500-35524. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2005; *Cohen J., Schweizer T., Laxson A., Butterfield S., Schreck S. et al.* Technology Improvement Opportunities for Low Wind Speed Turbines and Implications for Cost of Energy Reduction. NREL/TP-500-41036. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2008; *Wiggelinkhuizen E., Verbruggen T., Braam H., Rademakers L., Xiang J., Watson S.* Assessment of Condition Monitoring Techniques for Offshore Wind Farms // *Journal of Solar Energy Engineering*. 2008. № 130:3. P. 031004–031009; UpWind. Design Limits and Solutions for Very Large Turbines. European Commission, Sixth Framework Programme, 2011; *Malcolm D.J., Hansen A.C.* Wind PACT Turbine Rotor Design Study. NREL/SR-500-32495. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2002; *LaNier M.W.* LWST Phase I Project Conceptual Design Study: Evaluation of Design and Construction Approaches for Economical Hybrid Steel // *Concrete Wind Turbine Towers*. June 28, 2002 – July 31, 2004.

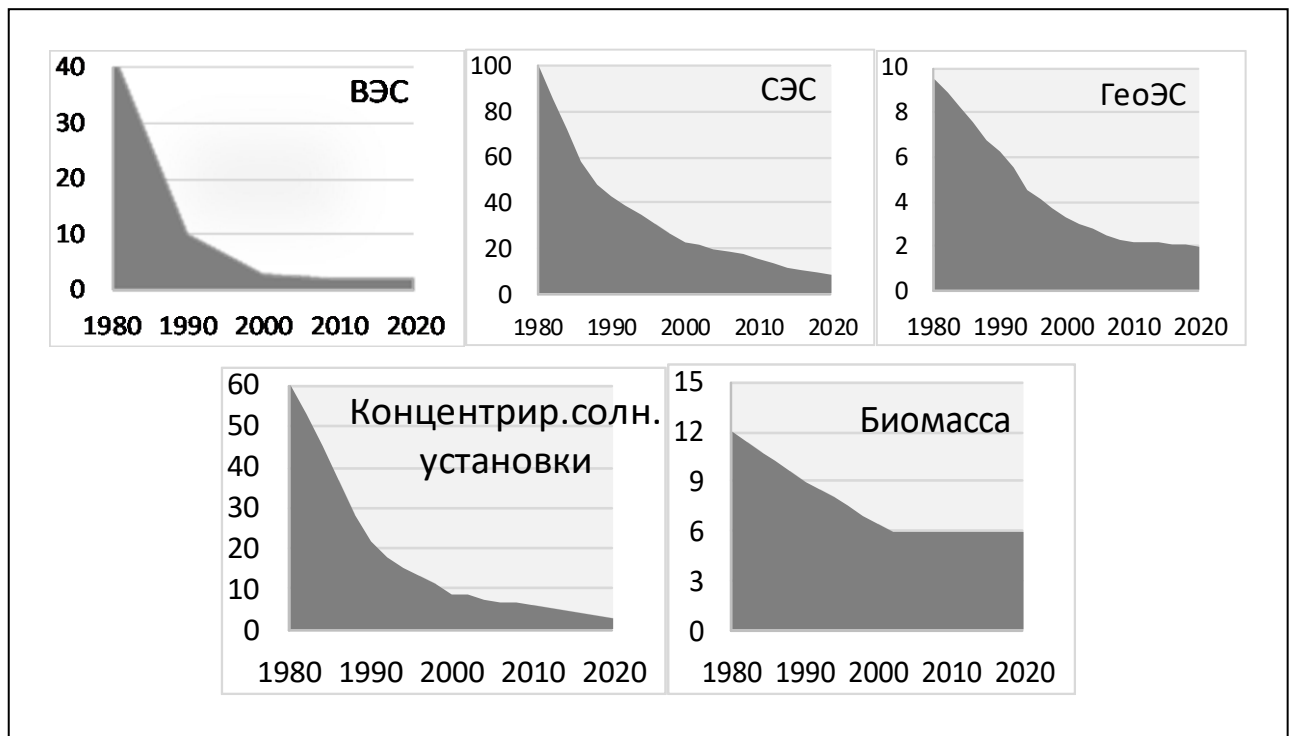


Рис. 1.8. Динамика стоимости энергии из разных видов ВИЭ в 1980–2020 гг., центов/кВт

Источник: составлено автором по: *Glenk G., Reichelstein S.* The economic dynamics of competing power generation source // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 168. P. 1–9.

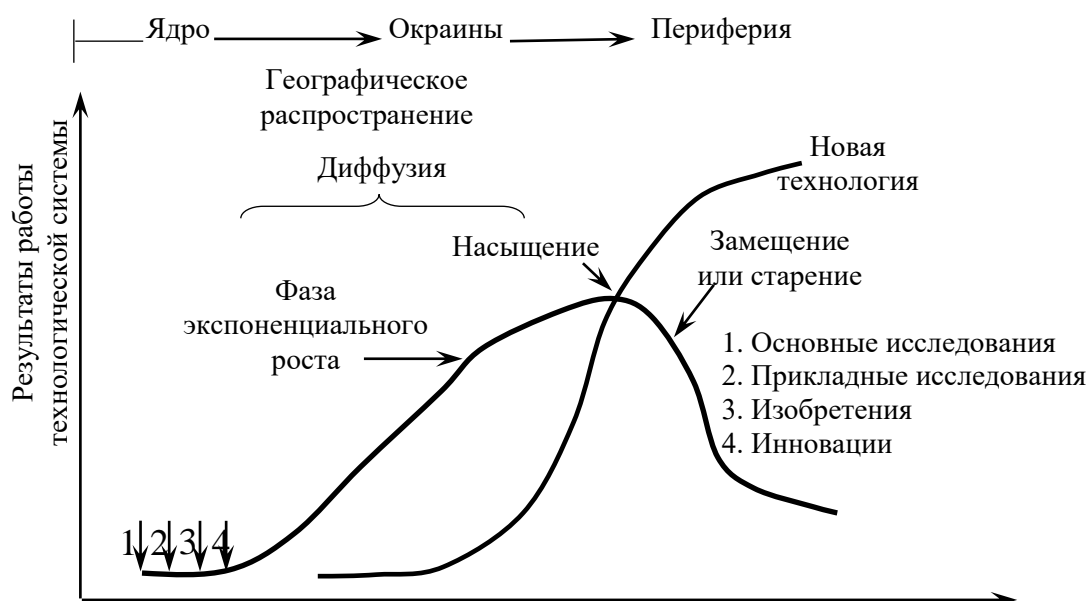


Рис. 1.9. **Жизненный цикл технологии**

Источник: составлено автором по: Grübler A. Technology and Global Change. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1998. 462 p.

На основании анализа динамики мировых цен, уровня зрелости и продолжительности жизненного цикла инновационных энергогенерирующих технологий считаем возможным отнести к технологиям, обладающим наибольшим потенциалом снижения капитальных затрат, фотогальванические батареи, в частности, тонкопленочную технологию их производства, КСУ (концентрирующие солнечные установки) и ветряные турбины.

Резерв уменьшения стоимости выработки за счет гидроресурсов, геотермальной энергии и биомассы менее значительный, поскольку эти технологии являются относительно зрелыми (кроме передовых технологий газификации биомассы и улучшенной геотермальной генерации⁷²) (рис. 1.10).

Уровень технологической зрелости определяет возможности дальнейшего улучшения технологии и, соответственно, снижения объема капитальных и эксплуатационных расходов. Однако существуют технологические и операционные параметры, ограничивающие потенциал снижения затрат, несмотря на значительные перспективы выработки электроэнергии.

⁷² Жильцов С.А. Получение электроэнергии при переработке отходов // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 3. С. 2143–2150.

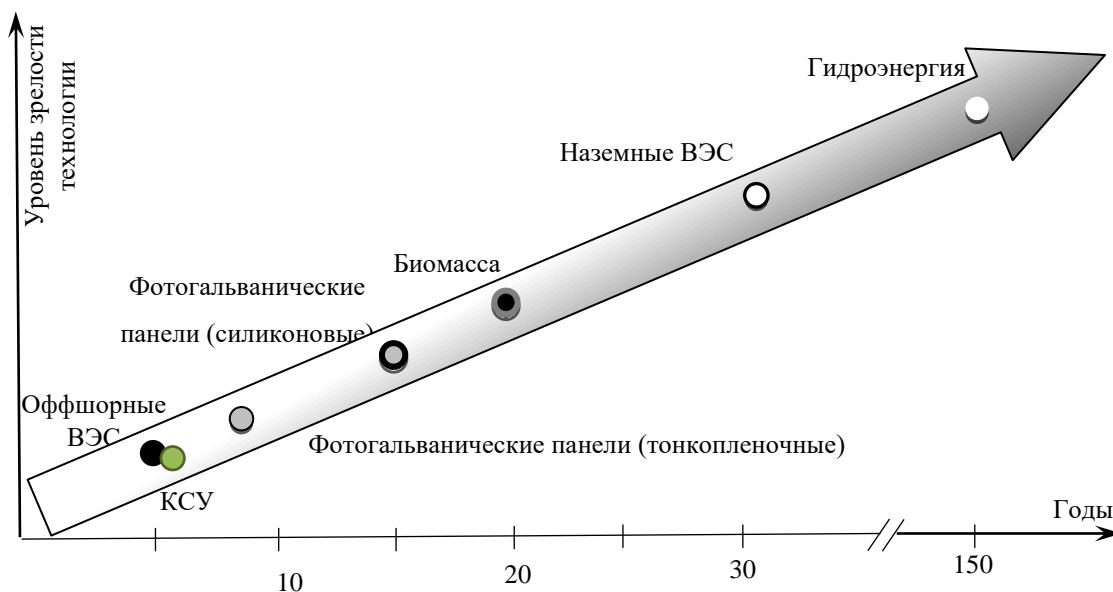


Рис. 1.10. Техническая зрелость и жизненный цикл технологий генерации электроэнергии на ВИЭ

Источник: составлено автором по: *Synwoldt Ch., Reis A. Cost trends of Renewable Energy Technologies for the Power Generation // Technology Cooperation in the Energy Sector. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2011. URL: https://energypedia.info/images/c/cc/Cost_Trends_of_Renewable_Energy_Technologies_for_the_Power_Generation.pdf (дата обращения: 11.02.2023).*

Например, стоимость установки и обслуживания оффшорных ветряных станций значительно выше, чем наземных ВЭС, вследствие сложных условий водной среды и более длинных транспортных маршрутов⁷³. Эти расходы слабо поддаются оптимизации за счет внедрения технических улучшений. В то же время благоприятный график и скорость ветров на шельфе позволяет обеспечить почти бесперебойное электроснабжение, поэтому целесообразность организации производства электроэнергии на основе данной технологии повышается.

Для систематизации разнонаправленных факторов, влияющих на развитие ВИЭ в России, проведем SWOT-анализ (табл. 1.6), который является универсальным междисциплинарным инструментом исследования сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз для различных объектов и проблем.

⁷³ Zhiltsov S.A., Karpushin A.A. Application of an innovative wind power generator for electric power supply to remote consumers // *Modern Science*. 2017. № 3. P. 32–39.

SWOT-анализ потенциала использования ВИЭ в Российской Федерации

| Сильные стороны | Слабые стороны |
|--|---|
| <p>Возможность эффективно использовать все виды ВИЭ на территории Российской Федерации.</p> <p>Способность регионов самостоятельно развивать политику ВИЭ, согласуя ее с генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики.</p> <p>Наличие современного экономического аппарата функционирования ВИЭ.</p> <p>Существование уникальной системы разработок в сфере геотермальной энергетики.</p> <p>Наличие финансовых гарантии для поставщиков ВИЭ за счет договоров поставки мощностей.</p> <p>Ограниченная пропускная способность и неудовлетворительное техническое состояние энергосетей</p> | <p>Наличие централизованной системы в антагонизме с удаленными территориями.</p> <p>Существование зависимости от традиционных видов топлива внутри энергодефицитных регионов.</p> <p>Преобладание экспортно-сырьевой модели экономики.</p> <p>Отсутствие правовых норм и технологических платформ для использования энергии твердых коммунальных отходов, волн, низкопотенциального тепла.</p> <p>Наличие большого разброса между энергоизбыточными центрами и энергодефицитными областями.</p> <p>Низкий интерес научного сообщества к вопросу развития ВИЭ в России</p> |
| Возможности | Угрозы |
| <p>Возможность разработки новых схем и практик управления ВИЭ.</p> <p>Возможность существенно снизить нагрузку на окружающую среду.</p> <p>Наличие огромного количества свободных площадей.</p> <p>Возможности для российских стартапов, малого и среднего бизнеса, научных предприятий на розничном и оптовом рынках.</p> <p>Возможность адаптировать прибыль капитала ВИЭ для решения социальных, инфраструктурных, экономических проблем регионов.</p> <p>Способность к модернизации энергосистемы с использованием современных интеллектуальных технологий</p> | <p>Потенциальный уход из России иностранных компаний, работающих в сфере ВИЭ.</p> <p>Существование неэффективной политики импортозамещения оборудования ВИЭ.</p> <p>Наличие конечной зависимости от цены на углеводороды для ВИЭ в общей энергосистеме.</p> <p>Трудность адаптации законодательных поправок к розничному рынку электроэнергии в краткосрочной перспективе как для местных сетевых операторов, так и для ВИЭ.</p> <p>Наличие монополизма и давления со стороны структур традиционной энергетики</p> |

Источник: составлено автором.

По результатам SWOT-анализа можно сделать вывод о наличии большого количества препятствий на пути широкого применения ВИЭ для обеспечения электроэнергией потребителей на территории России. Наиболее значимыми из них являются обилие в стране дешевого ископаемого топлива, неразвитое законодательство и методическое обеспечение внедрения передовых технологий ВИЭ, низкая степень локализации производства оборудования для ВИЭ на территории России.

Между тем Россия обладает уникальными особенностями, которые благоприятно отражаются на перспективах развития ВИЭ в стране. Россия обладает большими свободными площадями, что является необходимым условием для развития гелиоэнергетики. Россия является одним из мировых лидеров по количеству мест, пригодных для строительства мини-ГЭС и геотермальных электростанций. Существуют подходящие условия для строительства био-ЭС, ВЭС и гибридных электростанций на базе нескольких видов ВИЭ одновременно.

Кроме того, в удаленных районах и местах, изолированных от Единой энергетической системы, стоимость выработки электроэнергии традиционными источниками (как правило, дизельными электростанциями) значительно превышает данный показатель для ВИЭ.

Неудовлетворительное техническое состояние существующих энергосетей и необходимость больших затрат на их модернизацию делают ВИЭ незаменимым решением для многих локаций.

Несмотря на стремительное развитие инновационных технологий энергоснабжения удаленных потребителей, остаются нерешенными многие вопросы эффективного управления проектами по созданию современных энергоцентров на базе ВИЭ. Существует обоснованная потребность в совершенствовании существующего методического инструментария проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

Таким образом, в настоящее время инновационные технологии выработки энергии из возобновляемых источников активно развиваются. Актуальность внедрения ВИЭ в России обусловлена их значительным потенциалом для решения проблемы энергоснабжения 65% территории, изолированной от общей энергосистемы, и преодоления ресурсного парадокса богатых природными источниками регионов, которые вынуждены тратить значительную часть бюджетов на закупку ископаемого топлива и компенсировать эти расходы за

счет конечных потребителей посредством повышения тарифов на тепло- и электроэнергию⁷⁴.

Широкому освоению ВИЭ в РФ препятствует ряд экономических и природно-климатических факторов.

В зависимости от вида ВИЭ к ним можно отнести⁷⁵:

– значительные сроки окупаемости и высокие первоначальные затраты на ВИЭ (например, затраты на строительство);

– критические сбои или выход из строя компонентов системы;

– технологические риски по мере роста мощности проекта;

– риски природного и техногенного характера (например, изменчивость ветроресурсов в ветроэнергетике, временные изменения прихода солнечной радиации в фотоэлектрической энергетике, риски разведки бурения в геотермальной энергетике, наводнения в гидроэнергетике и т.п.);

– высокую пространственную поляризацию потенциала разнообразных видов ВИЭ;

– разработку и воплощение неэффективных решений с учетом изменений внешней и внутренней конъюнктуры;

– возникновение отклонений в информационных системах и системах внутреннего контроля;

– изменение таможенной политики, политическую нестабильность, невыполнение государственных обязательств и т.д.

Влияние мировых тенденций развития сектора ВИЭ на управление инновационными проектами энергоснабжения с целью удовлетворения энергетических нужд удаленных потребителей будет связано с возможностями реализации потенциала снижения операционных и капитальных затрат функционирования установок на ВИЭ за счет технико-экономического

⁷⁴ *Елистратов В.В.* Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. СПб.: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2016. 421 с.

⁷⁵ *Нефедова Л.В., Рафикова Ю.Ю.* Проблема оценки рисков использования возобновляемых источников энергии // *Окружающая среда и энергоснабжение.* 2022. № 1 (13). С. 48–61.

совершенствования конструкций генераторов на возобновляемых источниках в соответствии с уровнем зрелости и стадией жизненного цикла соответствующей технологии.

Современные тенденции и перспективы отечественного климатического законодательства предусматривают отказ от использования полезных ископаемых и переход к ВИЭ к 2050 г.⁷⁶. Анализ нормативно-правовых актов, посвященных климатической тематике⁷⁷, позволяет констатировать наличие у России всех необходимых возможностей для относительно безопасного и стабильного перехода к ВИЭ. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» открывает перспективы постепенного отказа от сырьевого тренда, эколого-экономического развития страны, получения экономических и экологических выгод от обращения углеродных единиц⁷⁸. Представляется весьма обоснованным тот факт, что сегодня для реализации климатических проектов необходим интенсивный переход сферы энергетики к ВИЭ. Это требует развития соответствующего методического инструментария проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения, в том числе для удовлетворения существующих потребностей удаленных потребителей.

⁷⁶ Жаворонкова Н.Г., Агафонов В.Б. Климатическое законодательство Российской Федерации: возможности и потенциал в условиях энергетического перехода // Lex Russica (Русский закон). 2022. Т. 75. № 1 (182). С. 29–37.

⁷⁷ Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». URL: <http://government.ru/docs/all/70631> (дата обращения: 11.02.2023); Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271 (дата обращения: 11.02.2023); Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 № 3052-р «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.». URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения 11.02.2023).

⁷⁸ Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»: офиц. текст. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992 (дата обращения: 11.02.2023).

ГЛАВА 2. РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

2.1. Гибкий подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей

Традиционно управление проектами в энергетике осуществляется на основе каскадной модели, которая предполагает, что каждый следующий этап проекта начинается после завершения предыдущего. Это обусловлено капитальным характером деятельности в энергоснабжении, значительной трудоемкостью предпроектного и проектного этапов, большими объемами затрачиваемых ресурсов на этапе реализации и высокой стоимостью внесения изменений в уже созданные физические объекты энергетики.

В нашем исследовании предлагается использовать гибкий подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей. Традиционно данный подход задействован в основном в IT-отрасли. Однако гибкий подход к управлению сегодня выходит за пределы IT-отрасли и проникает в другие индустрии, в том числе в строительство и энергоснабжение.

В настоящее время альтернативный традиционному подход к управлению строительством и функционированием станций, генерирующих на ВИЭ, используют компании-лидеры отрасли возобновляемой энергетики, такие как группа по производству технологий генерации на солнечной энергии Renewable Energy Corporation ASA (Норвегия), Three Gorges Dam (Китай) и крупнейшие корпорации Северной Америки.

Гибкое управление (agile management) – это «комплексный процесс разработки продукта, требующий использования итераций (повторения определенных циклов работы) с учетом постоянно изменяющихся требований, которые должны быть реализованы за счет непрерывного взаимодействия с заинтересованными сторонами (клиентами, разработчиками, пользователями и др.)»⁷⁹. Таким образом, в диссертации под гибким управлением проектами будем понимать итеративный подход, который фокусируется на поэтапном выполнении проекта и учете интересов стейкхолдеров при каждой итерации.

Гибкость в управлении означает адаптируемость и активное реагирование управляющей системы на изменения с целью приведения управляемой системы в состояние, наилучшим образом соответствующее новым условиям. В течение последних лет беспрецедентно усилилась важность умения организаций быстро приспосабливаться и отвечать на изменения среды. Ужесточение конкуренции, рост рыночной неопределенности, развитие новых технологий диктуют необходимость поиска новых источников обеспечения адаптивности управления⁸⁰.

Общепринятой является точка зрения, что адаптивный подход к управлению проектами выполняется при соблюдении трех условий:

- 1) конечные потребители продукта точно не знают, что они хотят получить в результате реализации проекта;
- 2) постоянное изменение приоритетов заказчика;
- 3) наличие многофункциональной команды, участники которой сотрудничают и (желательно) находятся в географической доступности друг от друга⁸¹.

Такой подход к управлению предполагает возможность менять управленческие решения, когда принятые ранее решения уже начали реализовываться.

⁷⁹ Масловский В.П., Озерова А.А. Теоретические предпосылки и принципы гибких методов управления проектами // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2020. № 1 (15). С. 68–83.

⁸⁰ Management of Human Capital. English-Russian Dictionary / сост. Н.Г. Милорадова, М.Г. Леонтьев, Ф.Р. Музипова, И.А. Иванова, А.Ю. Чернышев М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. 327 с.

⁸¹ *Medinilla A. Madadipouya KAgile Management: Leadership in an Agile Environment.* Springer, 2012. 184 p.

Гибкий подход – это набор ценностей и принципов, которые участники команд могут использовать для принятия решений. Данный способ понимания адаптивного управления значительно расширяет возможности его применения в различных отраслях. В отличие от толкования гибкости как определенной методики управления⁸², способа управления проектами в области информационных технологий⁸³ или проведения частых совещаний участников команды⁸⁴, интерпретация адаптивного управления как набора принципов, ценностей и мировоззрения позволяет выйти за рамки его узкого использования в IT-отрасли и проанализировать возможности его применения для управления проектами создания объектов энергоснабжения на основе инновационных технологий.

В течение последнего десятилетия увеличивается количество научных публикаций, посвященных изучению возможностей и перспектив применения альтернативной концепции управления инновационными энергогенерирующими объектами. Среди этих работ можно выделить исследования на макроуровне и на уровне хозяйствующих единиц. Первая группа является более многочисленной. Д-р W. Clark (У. Кларк) (2004, 2017) изучает гибкость как принцип реформирования централизованной энергосистемы региона на примере Калифорнии (США)⁸⁵, профессор G. Lund (2014) – на примере Дании⁸⁶. G. Aras (2016) понимает приспособляемость как свойство энергетической системы макроуровня и предлагает рассматривать гибкие энергосистемы как комбинацию местных или региональных энергосистем (в том числе внутрипроизводственных и частных систем генерации) и центральных сетей⁸⁷. H. Lund (2014) выделяет следующие свойства адаптивных энергосистем: разнообразие, сбалансированность, взаимосвязь

⁸² *Ashmore S., Runyan K.* Introduction to Agile Methods. Boston: Addison-Wesley Professional, 2014. 336 p.

⁸³ *Mitchell I.* Agile Development in Practice. Columbia: TamaRe House, 2016. 262 p.

⁸⁴ *Adkins L.* Coaching Agile Teams: A Companion for Scrum Masters, Agile Coaches and Project Managers in Transition. Boston: Addison-Wesley Professional, 2010. 352 p.

⁸⁵ *Clark W.W.* Agile Energy Systems: Global Distributed On-Site and Central Grid Power. 2nd ed. Elsevier, 2017. 328 p.

⁸⁶ *Lund H.* Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions. Burlington: Academic Press, 2014. 384 p.

⁸⁷ *Aras G.* Sustainable Markets for Sustainable Business: A Global Perspective for Business and Financial Markets. Routledge, 2016. 306 p.

и взаимодействие, грамотное пространственное расположение, экономическая природа как у общественного блага⁸⁸.

Вторая группа научных публикаций связана с пониманием гибкости как свода принципов и подходов к управлению предприятиями/проектами в энергетике. Эта область исследований только начинает формироваться. Появляются отдельные работы, посвященные теоретическому анализу возможностей применения адаптивного подхода к управлению созданием станций на ВИЭ: P. Daneshgari и M. Wilson (2006)⁸⁹, M.Y. Johansson (2012)⁹⁰, P. Daneshgari(2015)⁹¹, G. Blokdyk (2017)⁹². По мнению д-ра P. Daneshgari (2015), реактивный стиль управления проектами может быть преобразован в проактивную, прибыльную и продуктивную модель управления бизнесом даже в кризисные периоды благодаря применению проверенных управленческих методик, используемых в других отраслях промышленности и в электротехническом строительстве. Это становится возможным посредством внедрения адаптивного подхода к управлению человеческими, материальными и финансовыми ресурсами⁹³.

В последнее время область применения гибкого подхода в управлении различными социально-экономическими системами в значительной степени расширяется. Так, в работе Е.И. Шаюк⁹⁴ приведен обзор практик применения гибкого управления в проектах цифровой трансформации органов государственной власти в РФ и за рубежом, который продемонстрировал актуальность внедрения

⁸⁸ *Lund H.* Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions. Burlington: Academic Press, 2014. 384 p.

⁸⁹ *Daneshgari P.* Agile Construction: for the Electrical Contractor. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2015. 252 p.

⁹⁰ *Johansson M.Y.* Agile project management in the construction industry – An inquiry of the opportunities in construction projects: Master's Thesis. Stockholm, 2012. URL: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.339912!/Menu/general/column-content/attachment/Mattias_no148.pdf (дата обращения: 16.01.2023).

⁹¹ *Daneshgari P.* Agile Construction: for the Electrical Contractor. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2015. 252 p.

⁹² *Blokdyk G.* Agile construction: A Step-By-Step Tutorial. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2017. 130 p.

⁹³ *Daneshgari P.* Agile Construction: for the Electrical Contractor. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2015. 252 p.

⁹⁴ *Шаюк Е.И., Галкин А.И.* Обзор практик применения Agile в проектах цифровой трансформации органов государственной власти в Российской Федерации и за рубежом // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 7. С. 547–555.

подобного подхода и целесообразность его использования при формировании перечня мероприятий по совершенствованию практики применения гибких подходов проектного менеджмента в государственном секторе РФ.

В статье А.Ю. Обыденова⁹⁵ в качестве примера имплементации гибких методов управления отмечена образовательная сфера и выделено два ключевых направления применения гибких подходов в образовании: в методах менеджмента образовательными учреждениями и непосредственно в процессе обучения слушателей.

В работе Е.В. Шестаковой, А.М. Ситжановой и Р.М. Прыткова⁹⁶ рассмотрены вопросы развития гибких технологий управления в современной промышленности, изучены ключевые особенности функционирования и предложен механизм развития гибкого управления для предприятий промышленного сектора экономики.

Согласно Agile Development Survey⁹⁷, гибкие принципы управления использовались предприятиями в 16% случаев менеджмента в сфере персонала, что свидетельствует о возможности задействования гибких подходов в вопросах кадрового управления.

В ноябре 2020 г. в рамках организованной Организацией экономического сотрудничества и развития и Всемирным экономическим форумом дискуссионной площадки для обсуждения вопросов гибкого подхода к управлению после пандемии Великобритания, Сингапур, Дания, Канада, Япония, Италия и ОАЭ приняли соглашение Agile Nations⁹⁸. Данный документ устанавливает приверженность названных государств к формированию

⁹⁵ Обыденов А.Ю. Гибкие методы управления в современных организациях // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 11. С. 3989–4008.

⁹⁶ Шестакова Е.В., Ситжанова А.М., Прытков Р.М. Гибкие технологии управления в промышленности как фактор устойчивого развития региона // Управление. 2022. Т. 10. № 2. С. 14–25.

⁹⁷ 15th State of Agile Report. Agile adoption accelerates across the enterprise. URL: <https://stateofagile.com/#ufh-i-661275008-15th-state-of-agile-report/7027494> (дата обращения 10.02.2023).

⁹⁸ Agile Nations Charter. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. 2020. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/agile-nations-charter> (дата обращения 10.02.2023).

нормативно-правовой среды для процветания инноваций⁹⁹. Посредством соответствующих регулятивных мероприятий, способствующих развитию инноваций, страны намерены поддерживать разработку и тестирование инновационных технологий, обеспечивать защиту граждан и окружающей среды, а также равную конкуренцию стейкхолдеров.

Практическое применение альтернативного традиционному подхода к управлению проектами в сфере инновационных энергогенерирующих объектов носит пока эпизодический характер, но приобретает растущую популярность. К одной из первых попыток использования адаптивных принципов управления в создании объектов энергетической отрасли можно отнести совместный Проект компании Centrus Energy Corp. и Министерства энергетики США в отрасли ядерной энергетики с целью подтверждения технической готовности центрифуги, основанной на новой технологии обогащения урана. С июня 2012 г. по апрель 2014 г. в рамках Программы с бюджетом 350 млн долл. были построены вспомогательные системы коммерческого завода и каскад из 120 машин, которые можно интегрировать в работу действующей обогатительной фабрики в г. Пикетон (штат Огайо, США). На примере создания завода по обогащению урана директор отдела контроля качества Centrus Energy Corp. G. Straçusser (2015) приводит принципы гибкого управления, переосмысленные для строительных проектов, и способы их практической реализации¹⁰⁰.

Учитывая сжатые сроки, ограниченность бюджета, масштаб и сложность проекта, а также высокую степень государственного регулирования и надзора (проект должен был соответствовать строгим регламентам Комиссии по ядерному регулированию Департамента энергетики США), удовлетворить требования

⁹⁹ Брусов А.С. Концепция Agile: возможности и перспективы применения в государственном управлении (обзор публикаций) // Вопросы государственного и муниципального управления. 2022. № 2. С. 134–158.

¹⁰⁰ Straçusser G. Agile project management concepts applied to construction and other non-IT fields // Straçusser Glenn. Project Management Institute. 10.10.2015. Paper presented at PMI® Global Congress 2015. North America, Orlando, FL. Newtown Square, PA: Project Management Institute. URL: <https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-construction-9931> (дата обращения: 20.11.2022).

заказчика, используя традиционные методы проектного управления, было невозможно. Команда менеджеров приняла решение негласно внедрить адаптивные принципы на всех этапах реализации проекта (формализация данного решения, по мнению управляющих, не вносила вклад в достижение конечных результатов).

На основе принципов, изложенных в «Манифесте гибкой разработки программного обеспечения» 2001 г. (табл. 2.1)¹⁰¹, участники Проекта «Centrum» сформулировали принципы альтернативного управления в строительстве¹⁰².

Таблица 2.1

**Приоритетные принципы гибкого управления проектами
в области разработки программного обеспечения**

| Принципы гибкого управления (высокий приоритет) | Традиционные принципы управления (меньший приоритет) |
|--|---|
| Индивиды и их взаимодействие | Процессы и инструменты |
| Работающее программное обеспечение | Сложная документация |
| Взаимодействие с клиентами | Переговоры о заключении контракта |
| Реагирование на изменения | Следование плану |

Источник: составлено автором по: Agile Manifesto for Software Development // Agile Alliance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agilealliance.org/agile101/the-agile-manifesto> (дата обращения: 01.02.2023).

Результаты анализа практического применения адаптивных принципов в управлении крупным проектом строительства инновационного энергогенерирующего объекта свидетельствуют о том, что большую часть из них удалось успешно реализовать. Трудности возникли при попытке применения принципа внесения изменений и принципа постоянной скорости работы. Принцип поощрения внесения изменений даже на поздних этапах реализации проекта сложно адаптировать для строительной отрасли, так как себестоимость растет в геометрической прогрессии

¹⁰¹ 12 Principles Behind the Agile Manifesto // Agile Alliance. URL: <https://www.agilealliance.org/agile101/12-principles-behind-the-agile-manifesto> (дата обращения: 20.11.2022).

¹⁰² *Stracusser G.* Agile project management concepts applied to construction and other non-IT fields // Stracusser Glenn. Project Management Institute. 10.10.2015. Paper presented at PMI® Global Congress 2015. North America, Orlando, FL. Newtown Square, PA: Project Management Institute. URL: <https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-construction-9931> (дата обращения: 22.11.2022).

по мере приближения проекта к завершающим стадиям. С целью минимизации изменений на этапе строительства была создана интегрированная команда с участием всех заинтересованных сторон в процессах проектирования, строительства и тестирования для того, чтобы гарантировать соответствие конечного результата требованиям заказчика. Изменения на поздних стадиях реализации проекта вносились, но были минимизированы до критически необходимых.

Принцип постоянной скорости работы был реализован частично: жесткие сроки не позволили обеспечить постоянный поток последовательности состояний, как в программировании или в сфере обслуживания.

Для завершения проекта в срок потребовалось задействовать значительное количество часов оплачиваемой сверхурочной работы. Однако с целью сокращения общей продолжительности задержек по проекту бригады работали даже тогда, когда выполнение индивидуальных задач тормозилось ожиданием поставки материалов, что позволило значительно сэкономить время.

Остальные принципы адаптивного управления в строительстве были реализованы успешно:

- частые совещания о ходе выполнения работ с целью выявления проблем и устранения препятствий;

- привлечение заказчика и других заинтересованных сторон к участию во всех процессах проектирования, строительства и тестирования, чтобы гарантировать удовлетворенность клиента конечным результатом;

- тестирование и ввод эксплуатацию каждого построенного (смонтированного, собранного) технологического узла и конструкции, как только эта конструкция или элемент были доведены до состояния функциональной системы. Такой ступенчато-функциональный характер выполнения работ позволил непрерывно предоставлять заказчику результат, избежать процедуры сдачи крупного объекта целиком и ввести в эксплуатацию отдельные технологические узлы раньше срока;

- максимальная простота проектных решений, которые должны быть минимально достаточными для того, чтобы обеспечить требуемую заказчиком функциональность и запас мощности системы;

- наивысшее качество проектной документации (чертежей, схем, рабочих заданий для строительной площадки и др.), послепроектное консультирование и техническая поддержка строительной бригады;

- тесная кооперация с поставщиками и производителями оборудования с целью минимизации затрат труда и времени на монтаж компонентов, которые могут быть собраны заводом-изготовителем;

- регулярные собрания в конце каждого этапа и после завершения всего проекта с целью коллективного поиска ответов на вопросы о том, как устранить препятствия, усовершенствовать проект, сделать его более безопасным, быстрым, эффективным, подвести итоги и проанализировать причины успехов и неудач.

Проект строительства инновационного объекта, генерирующего на ВИЭ, для энергоснабжения удаленных потребителей обладает свойствами, присущими рассмотренному выше проекту: сложность, уникальность, ограниченные объемы финансирования, сжатые сроки реализации, высокая степень риска, государственного регулирования и надзора. Кроме указанных особенностей, для проектов создания станций на ВИЭ в России характерным является дефицит рабочей силы, имеющей достаточный уровень квалификации.

Анализ практики применения принципов адаптивного управления в процессе реализации проекта создания инновационного объекта ядерной генерации в США позволяет заключить, что большую часть адаптированных принципов можно использовать для управления проектами создания инновационных мощностей производства возобновляемой энергии в России. Адаптированный гибкий подход к управлению такими объектами основывается на положениях, представленных на рис. 2.1.

К ним относятся следующие принципы:

- нацеленность на результат, который заключается в полном удовлетворении требований заказчика;

- декомпозиция работ и выстраивание их в порядке логически допустимой приоритетности;

- проведение частых личных встреч с участниками проекта для выявления и оперативного решения текущих вопросов и устранения препятствий в работе;



Рис. 2.1. Принципы управления инновационными проектами энергоснабжения

Источник: составлено автором.

- сильная мотивация всех сотрудников, участвующих в реализации проекта;
- тесная кооперация с поставщиками оборудования с целью минимизации времени;
- высокое качество проектной документации;
- использование инновационных информационных технологий;
- участие заказчика во всех этапах реализации проекта.


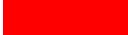
На основе анализа сформулированных правил соотношения их с подсистемами управления (см. табл. 1.3, п. 1.2) была разработана матрица связи адаптированных гибких принципов с подсистемами управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения (табл. 2.2), которая показывает, на какие предметные области можно воздействовать посредством реализации соответствующего адаптивного принципа управления прямо и опосредованно, а также силу их влияния. Матрица облегчает определение принципов управления, которые можно

использовать, чтобы оказать прямое воздействие на улучшение показателей сроков, качества, управления содержанием и т.д. (красные ячейки).

Таблица 2.2

Матрица связи адаптированных гибких принципов с подсистемами управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения

| Адаптированные принципы гибкого управления | Подсистема управления | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---|--|--------------------|---------------------------|
| | Управление содержанием | Управление сроками | Управление стоимостью | Управление качеством | Управление материально-техническими ресурсами | Управление заинтересованными сторонами, в том числе персоналом | Управление рисками | Управление коммуникациями |
| Результативность = удовлетворенность заказчика | +++ | ++ | ++ | + | + | +++ | ++ | + |
| Приоритетная декомпозиция работ и ранняя поставка частями | +++ | +++ | ++ | + | + | ++ | ++ | + |
| Частое личное общение участников команды | + | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| Сильная мотивация участников команды | + | ++ | ++ | ++ | + | +++ | ++ | + |
| Высокое качество проектной и рабочей документации | +++ | ++ | ++ | +++ | + | ++ | ++ | + |
| Кооперация с поставщиками | + | ++ | ++ | + | +++ | + | ++ | ++ |
| Использование лучших информационных технологий | + | ++ | ++ | +++ | + | + | ++ | +++ |
| Вовлечение заказчика | +++ | ++ | ++ | + | + | +++ | ++ | + |

 – опосредованное влияние
 – прямое влияние

+, ++, +++ – сила влияния

Источник: составлено автором.

К ограничениям применения адаптивного подхода к управлению инновационными объектами энергоснабжения в России, на наш взгляд, относятся трудность выполнения принципа внесения изменений на поздних стадиях проекта, дефицит высококвалифицированных кадров в удаленных местностях, а также значительная вероятность задержек поставок материалов и оборудования вследствие неблагоприятных погодных-климатических условий и отсутствия транспортного сообщения с изолированными территориями России в холодное время года.

Успешно реализовать адаптированные принципы управления инновационным объектом энергоснабжения можно только при условии наличия качественных данных о параметрах работы оборудования и поведении потребителей энергии для принятия грамотных управленческих решений.

Особая актуальность точных, полных, достоверных и своевременных данных, а также передовых инструментов их обработки в отрасли возобновляемой энергетики обусловлена следующими предпосылками:

– во-первых, предприятия данной отрасли работают, как правило, с более низкими показателями прибыльности по сравнению с компаниями традиционной энергетики, поэтому больше зависят от правильности управленческих решений, которые должны основываться на качественной детальной информации;

– во-вторых, инновационные объекты энергоснабжения при выходе на рынок сталкиваются с большими препятствиями, чем их конкуренты в отрасли традиционной энергетики, вследствие более высокой степени децентрализации активов, более высокой стоимости и менее продолжительного жизненного цикла оборудования (что связано как с технологическими особенностями оборудования, так и со скоростью технологических усовершенствований в отрасли);

– в-третьих, непостоянство возобновляемых энергетических потоков требует создания мощностей для накопления и хранения энергии в периоды малых нагрузок, ее трансформации и выдачи в периоды повышенных нагрузок. Следовательно, необходим точный расчет графиков нагрузок и потребляемой мощности при планировании и строительстве инновационных объектов генерации;

– в-четвертых, ВИЭ в России находятся в начале пути завоевания доли рынка. Для того чтобы убедить конечных пользователей приобретать более дорогую по

сравнению с традиционной энергией возобновляемых источников, предприятия малой возобновляемой энергетики должны предложить клиентам целый ряд очевидных конкурентных преимуществ¹⁰³. К ним можно отнести, в том числе, гибкость управления расходами на энергопотребление, открытость и удобство получения информации о ценообразовании и энергопотреблении, удобный пользовательский интерфейс для управления энергопотреблением, а также положительные эффекты для окружающей среды.

Таким образом, под гибкими методами управления проектами будут пониматься методы, которые делают ставку на соблюдение требований стейкхолдеров на протяжении всего процесса реализации проекта и позволяют изменять эти требования на определенных этапах.

Современные информационные технологии значительно облегчают внедрение адаптивного подхода к управлению благодаря широким возможностям получения данных необходимого качества для принятия управленческих решений. Сегодня их использование является неотъемлемой частью проектного управления инновационными объектами энергоснабжения.

Программное обеспечение (ПО) в области энергетического менеджмента можно разделить на две большие группы:

- 1) ПО для управления проектами создания объектов энергоснабжения;
- 2) ПО для управления функционированием объектов и энергоснабжением промежуточных и конечных потребителей.

Анализ функциональных характеристик ПО указанных групп позволяет выделить в первой из них общее (для управления крупными проектами, в том числе строительными): SAP, Primavera, IBM TRIRIGA Capital Project Management Software.

Специализированное ПО представлено инженерно-проектировочными комплексами для:

- строительства крупных объектов, в том числе энергетики (AVEVA);
- проектирования станций на ВИЭ и самих технологий ВИЭ (Ansys);

¹⁰³ Жильцов С.А., Карпушин А.А. Методика управления проектами на примере строительства объекта малой энергетики // Инновационная экономика. 2017. № 2 (11). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29457565> (дата обращения: 11.12.2022).

– управления строительством и функционированием объектов возобновляемой энергетики (IFS) (рис. 2.2).

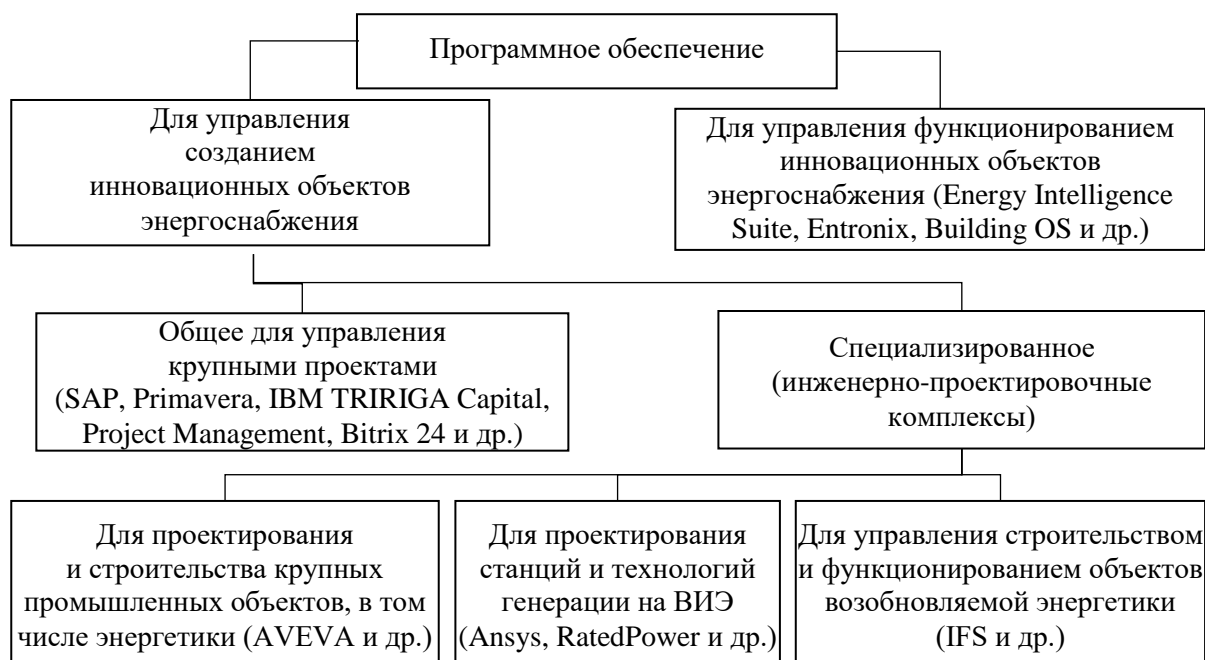


Рис. 2.2. Систематизация программного обеспечения для гибкого управления проектами создания инновационных объектов энергогенерации

Источники: составлено автором по: *Танака Х.* Увеличение гибкости корпоративного предприятия с помощью прикладного управления проектами // Управление проектами и программами. 2022. № 2. С. 94–115; *A Guideto UK mini-hydrodevelopment v3.0* // The British Hydropower Association, 2012. URL: <http://www.british-hydro.org/wp-content/uploads/2018/03/A-Guide-to-UK-mini-hydro-development-v3.pdf> (дата обращения: 22.01.2023); *Desouza K.* Agile Information Systems. Routledge, 2011. 322 p.; *Ryane R.* Automatisation du Project Management Office (Omn. Univ. Europ.) Bucharest: Éditions universitaires européennes, 2014. 80 p.; *Ткачева Е.Н.* Методы обеспечения эффективности функционирования виртуальных организаций в информационной экономике: монография. Краснодар: Южный институт менеджмента, 2011. 252 с.; *Stenbeck J., Montalbano J., Phillipy M., Douglas P.M.* Agile Almanac. Book 2: Programs with Multi and Virtual-Team Environments. Spokane, 2017. 560 p.; *Goodpasture K.C., Ross J.* Publishing Project Management the Agile Way: Making It Workin the Enterprise. Plantation: Ross Publishing, 2015. 392 p.; *Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Шурупов А.А.* Предметно-ориентированные экономические информационные системы. М.: Дашков и К, 2016. 386 с.; *Тугов В.В. и др.* Технические средства автоматизации и управления. Ч. 1: Контрольно-измерительные средства систем автоматизации и управления. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. 110 с.

Примерами программных комплексов для управления функционированием инновационных объектов энергоснабжения могут быть платформы Energy Intelligence Suite, Entronix, Building OS и др.

В то же время две большие группы программных продуктов, обеспечивающих возможность адаптивного управления в энергетике, взаимосвязаны: для точного планирования и прогнозирования процесса создания объекта энергоснабжения необходимы точные, структурированные, достоверные данные об энергопотреблении конечных пользователей в конкретной территориальной единице, где будет строиться объект (данные о средних и пиковых нагрузках, графики фактического энергопотребления, себестоимость и спрос на энергию и т.д.).

На основе изучения управленческих потребностей менеджеров, занятых в отрасли возобновляемой энергетики, особенностей реализации гибких методик управления и достижений в области развития современных информационных технологий считаем возможным выделить основные требования к ПО для адаптивного управления строительством и функционированием инновационных объектов энергоснабжения, систематизированные в табл. 2.3.

Сокращению сроков выполнения проектных и строительных работ, на наш взгляд, будет способствовать внедрение виртуального офиса как части гибкой организационной структуры управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения. Виртуальный офис представляет собой веб-ресурс (его часть), позволяющий организованно и скоординировано взаимодействовать с помощью единой системы ввода, обработки, обмена, передачи и хранения информации географически отдаленным участникам проектной команды¹⁰⁴.

Использование виртуального офиса соответствует представленным на рис. 2.3 принципам построения организационной структуры адаптивного управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения удаленных потребителей.

Принцип оптимальности означает минимизацию количества уровней и ступеней управления при условии сохранения рационального взаимодействия между ступенями, звеньями и уровнями управления.

¹⁰⁴ Пономарев В.А. и др. Управление инвестициями. Управление персоналом. Основы управления персоналом. Управление проектами. Управление рисками. Вып. 6: Глоссарий. М.: Московский гуманитарный университет, 2013. 216 с.

**Требования к программному обеспечению для гибкого управления
строительством и функционированием инновационных объектов энергоснабжения**

| Требования к ПО для гибкого управления | |
|--|---|
| проектированием и строительством объекта | функционированием объекта |
| Трехмерное проектирование всех инженерных систем объектов | Сбор и систематизация данных с многочисленных приборов, интеллектуальных счетчиков и других измерительных устройств о производстве и потреблении энергии из возобновляемых источников |
| Лазерное сканирование (для реконструируемых объектов) | Предоставление развернутой наглядной аналитики о производстве и потреблении энергии, издержках, доходах и прибыли в режиме реального времени |
| Интеграция реальных данных, полученных методом лазерного сканирования, с 3D-моделью объекта | Возможность бюджетирования, прогнозирования, проведения сравнительного анализа, анализа себестоимости, рентабельности, точки безубыточности, периода окупаемости инвестиций |
| Наличие базы данных с полной информацией о технических характеристиках, производителях и стоимости оборудования и материалов | Возможность управления счетами потребителей, рисками, нагрузкой, соблюдением норм законодательства, контрактами |
| Анализ экономической привлекательности проекта, сравнительный анализ альтернативных инвестиционных решений | Наличие систем раннего предупреждения о технических неисправностях и экономических несоответствиях |
| Планирование ресурсов для реализации проекта | Защита информации, в том числе личных данных клиентов |
| Планирование и мониторинг хода выполнения строительно-монтажных работ с использованием различных инструментов адаптивных методик | Удобный пользовательский интерфейс, доступ к программе в режиме онлайн со стационарных и мобильных устройств |
| Мониторинг и анализ эффективности реализации строительного проекта | Возможность индивидуальной настройки параметров |

Источники: составлено автором по: *Киевский И.Л., Аргунов С.В., Жаров Я.В., Юргайтис А.Ю.* Алгоритмизация систем планирования, управления и обработки информации в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 11. С. 14–24; *Clark W.W.* Agile Energy Systems: Global Distributed On-Site and Central Grid Power. 2nd ed. Elsevier, 2017. 328 p.; *Johansson M.Y.* Agile project management in the construction industry – An inquiry of the opportunities in construction projects // Mattias Yllén Johansson. Master's Thesis. Stockholm, 2012. URL: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.339912!/Menu/general/column-content/attachment/Mattias_no148.pdf (дата обращения: 12.02.2023); *Davis B.* Agile Practices for Waterfall Projects: Shifting Processes for Competitive Advantage. Richmond: J. Ross Publishing, 2012. 352 p., *Blokdyk G.* Agile construction: A Step-By-Step Tutorial. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2017. 130 p.; *Daneshgari P.* Agile Construction: for the Electrical Contractor. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2015. 252 p.; Entronix Energy Management // Energy Solutions. URL: <http://thenergy.com/our-solutions/energy-intelligence-software> (дата обращения: 12.02.2023); Building Energy Management Solutions and Software // Lucid Design Group. URL: <https://lucidconnects.com>

(дата обращения: 12.02.2023); Primavera Enterprise Project Portfolio Management // Oracle. URL: <https://www.oracle.com/applications/primavera/index.html> (дата обращения: 12.02.2023); IBM TRIRIGA Capital Project Management Software // IBM TRIRIGA. URL: <https://www-03.ibm.com/software/products/ru/ibmtrircapiprojmanasoft> (дата обращения: 12.02.2023); Reduce engineering and construction risk and simplify real estate // SAP. URL: <https://www.sap.com/industries/engineering-construction-management.html> (дата обращения: 12.02.2023).



Рис. 2.3. Принципы построения организационной структуры гибкого управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения удаленных потребителей

Источники: составлено автором по: Мильчик И.В. Преимущества и недостатки различных типов управленческих структур в условиях цифровой трансформации экономики // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т. 1. № 5 (125). С. 16–21; Desouza K. Agile Information Systems. Routledge, 2011. 322 p.; Ryane R. Automatisation du Project Management Office (Omn. Univ. Europ.). Bucharest: Éditions universitaires européennes, 2014. 80 p.; Жуков Б.М. Инновационное обеспечение гибкого управления предприятием. Теория, инструментарий, реализация: монография. Краснодар: Южный институт менеджмента, 2010. 410 с.; Fried J., Hansson D.H. Remote: Office Not Required. N. Y.: Crown Business, 2013. 256 p.; Ткачева Е.Н. Методы обеспечения эффективности функционирования виртуальных организаций в информационной экономике: монография. Краснодар: Южный институт менеджмента, 2011. 252 с.; Stenbeck J., Montalbano J., Phillipy M., Martin D.P. Agile Almanac. Book 2: Programs with Multi and Virtual-Team Environments. Spokane, 2017. 560 p.; Goodpasture J.C. Project Management the Agile Way: Making It Workin the Enterprise. Plantation: Ross Publishing, 2015. 392 p., Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Шурупов А.А. Предметно-ориентированные экономические информационные системы. М.: Дашков и К, 2016. 385 с.

Принцип экономичности предполагает минимизацию затрат на содержание проектной команды при условии достижения поставленных задач.

Принцип адаптивности предопределяет возможность приспособления структуры ко всем видам изменений, происходящим в процессе реализации проекта.

Принцип оперативности требует высокой скорости принятия управленческих решений, быстрое и точное доведение решений до участников проектной команды.

Надежность предполагает достоверность передачи проектной информации между участниками и заинтересованными сторонами¹⁰⁵.

Внедрение виртуального офиса, рабочих станций с многопользовательским мобильным доступом к трехмерной полнофункциональной модели объекта в режиме реального времени в качестве информационного ядра управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения не заменит личного общения участников проекта, однако позволит максимально автоматизировать и повысить эффективность процесса взаимодействия со строительной площадкой, сократить риски и издержки, обусловленные организацией проектирования и строительства, эффективно управлять изменениями, возникающими как по ходу проекта, так и при разработке документации.

Таким образом, результаты проведенного анализа свидетельствуют о наличии возможности успешного использования альтернативного подхода к управлению проектами строительства инновационных объектов энергоснабжения в России при условии учета ограничений, принятия соответствующих предупредительных мер, более тщательной организационной подготовки строительных работ и использования программного обеспечения, облегчающего процесс гибкого управления сложными проектами.

¹⁰⁵ Пономарев В.А. и др. Управление инвестициями. Управление персоналом. Основы управления персоналом. Управление проектами. Управление рисками. Вып. 6: Глоссарий. М.: Московский гуманитарный университет, 2013. 216 с.

2.2. Критерии выбора инновационной системы энергообеспечения удаленных пользователей

В процессе реализации гибких принципов управления, рассмотренных в предыдущем параграфе, на начальных этапах проекта необходимо выбрать инновационную систему энергоснабжения удаленных потребителей. Для этого фактические значения критериальных показателей сравниваются в исходный момент времени с расчетными значениями, которые ожидается получить в результате реализации проекта. Критерий (от греч. *kritērion*) представляет собой мерилу суждения, признак, на основании которого производится оценка¹⁰⁶. Следовательно, пространство критериев – это совокупность оснований для принятия решений. Состояние системы оценивается значениями характеризующих ее показателей (оценка как результат измерения). Оценка как процесс – это переход от пространства состояний (статичных значений показателей) к пространству критериев¹⁰⁷ (рис. 2.4).

Для того чтобы показатель стал критерием, необходимо выполнение следующих условий:

- потребность в проведении оценки или принятии решения;
- наличие набора показателей, характеризующих состояние системы;
- наличие обоснованных значений показателей, которые могут служить ориентирами или основанием для принятия решения.

При достижении критических значений параметров система меняет свое состояние или качественно меняются результирующие показатели ее функционирования («хорошо», «плохо», «средне», «лучше», «хуже», «эффективнее», «менее эффективно» и т.д.).

Выбор наиболее подходящей технологии для проекта требует понимания ресурсной базы, условий площадки, критериев проектирования, рисков определенной технологии и других факторов.

¹⁰⁶ Иллюстрированный энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона: соврем. версия: в 16 т. М. : Эксмо, 2004.

¹⁰⁷ Новиков Д.А. Методология управления. М.: Либроком, 2011. 129 с.

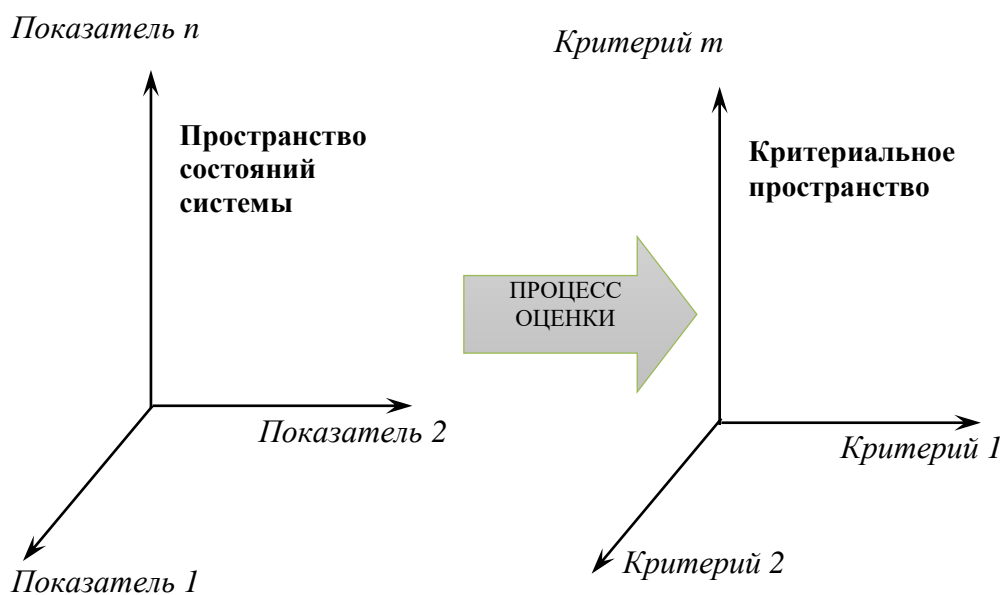


Рис. 2.4. Связь пространства состояний системы и критериального пространства

Источник: составлено автором по: Новиков Д.А. Методология управления. М.: URSS, 2011. 126 с.

Современные консалтинговые компании, предоставляющие услуги в области управления проектами энергоснабжения на основе ВИЭ, используют различные наборы условий для выбора систем энергообеспечения удаленных пользователей.

Анализ и обобщение критериев, используемых в деятельности 7 ведущих мировых компаний, работающих в данной отрасли, а также признаков, предлагаемых авторами академических публикаций, позволяют заключить, что как в практической деятельности, так и в научных исследованиях отсутствует единый подход к определению параметров принятия управленческих решений относительно выбора технологии энергоснабжения на ВИЭ.

Наиболее часто используются следующие группы критериев выбора инновационной системы энергообеспечения удаленных пользователей: экономические, технические, экологические, социальные.

Данное обстоятельство, на наш взгляд, обусловлено тем, что проектное управление предполагает использование комплексного подхода, а поскольку критерии выбираются в зависимости от целей оценки, то необходим всесторонний

анализ выгод и издержек, связанных с выбором инновационной системы энергоснабжения изолированных территорий.

Исходя из этого, нами разработана классификация критериев, используемых при выборе состава и структуры управления инновационной системой энергоснабжения удаленных потребителей. Были выделены технические, экономические, экологические и социальные критерии, которые устанавливают меру или основу для оценки технической осуществимости, экономической эффективности проекта, а также его влияния на окружающую среду и местные сообщества соответственно (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Классификация критериев и показателей для выбора инновационной системы энергоснабжения удаленных пользователей

| Критерий | Показатели | | | |
|----------------------------|---|---|--|---|
| | ВЭС | СЭС | Мини-ГЭС | Био-ЭС |
| Техническая осуществимость | Показатели, характеризующие природно-климатические условия | | | |
| | Среднегодовая скорость ветра, суточный и годовой ход ветра, параметры и типы функций распределения скоростей, повторяемость скоростей, максимальная скорость ветра, распределение ветровых штилей, удельная энергия и мощность ветра, наличие естественных или искусственных препятствий, климатические условия | Интенсивность инсоляции (плотность потока солнечной радиации), суточный и годовой график инсоляции, рельеф площадки, возможность внешнего затемнения, требуемая площадь солнечной установки | Скорость и интенсивность водного потока, графики уровня воды в реке и водохранилище, средний уклон реки, средний расход воды водотока в период летней межени, средняя скорость течения в период летней межени, количество часов в году с открытым руслом и др. | Объем и качество имеющихся видов биотоплива в течение года с учетом сезонных колебаний и достаточных мощностей для хранения запасов |
| | Энергетические потребности территории | | | |
| | Объем необходимой энергии, график средних и максимальных нагрузок | | | |

| Критерий | Показатели |
|-----------------------------|---|
| Экономическая эффективность | Микроэкономические показатели |
| | Объем капитальных инвестиций, объем операционных издержек, объем неучтенных расходов, ожидаемый объем выработки энергии, приведенная себестоимость энергии, тариф, плановые объемы дохода, налогов и прибыли, чистая текущая стоимость, простая норма прибыли, внутренняя норма доходности, отношение выгод к издержкам, индекс прибыльности (рентабельность), срок окупаемости, коэффициенты покрытия долга, динамика денежных потоков, условия финансирования, степень и виды рисков, расходы на управление рисками и др. |
| | Макроэкономические показатели |
| | Экономия средств бюджета, домашних хозяйств и предприятий благодаря удешевлению электрической и тепловой энергии на удаленной территории, повышение инвестиционной привлекательности территории, развитие производственной инфраструктуры, количество созданных рабочих мест, валовой региональный продукт на душу населения |
| Экологич. безопасность | Изменение объема выбросов парниковых газов и других вредных выбросов, показатели влияния на функционирование живых экосистем (животный и растительный мир, почва, водные ресурсы, рельеф, атмосфера), соответствие системы нормам экологического контроля, шумовые, световые и визуальные эффекты, заболеваемость и др. |
| Социальные эффекты | Количество домашних хозяйств или предприятий, которые вынуждены переселяться (переносить производство) из-за строительства станции, изменение тарифов на энергию, улучшение инфраструктуры, улучшение качества жизни, повышение инвестиционной привлекательности территории и др. |

Источники: составлено автором по: Голубев С.В. Технические и экономические аспекты выбора энергоустановок на базе ВИЭ // Интеллектуальная электротехника. 2018. № 3. С. 102–113; Кенден К.К., Кузнецов А.В. Оптимизация методом роя частиц структуры автономного энергетического комплекса с использованием солнечной энергии // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 3 (152). С. 616–626; Wind Services // IEC Corporation. URL:<http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023); Hydro electric Services // IEC Corporation. URL: <http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023); Solar Services // IEC Corporation. URL: <http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023); Subproject Eligibility Criteria And Selection Procedure // Asian Development Bank. URL:<https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/46453-002-sd-01.pdf> (дата обращения: 12.02.2023); Amer M., Daim T.U. Selection of renewable energy technologies for a developing county: A case of Pakistan // Energy for Sustainable Development. 2011. Vol. 15. Issue 4. P. 420–435; Libo Z., Tao Y. The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China // Energy Procedia. 2014. Vol. 61. P. 2554–2557; Barry M.-L., Steyn H., Brent A. Proposal of a framework for the selection of renewable energy technology systems in Africa // World Renewable Energy Congress 2011. Sweden, 8–13 May 2011. Linkoping, Sweden. P. 2562–2569; Соснина Е.Н., Кечкин А.Ю., Филатов Д.А. Вопросы электроснабжения потребителей, удаленных от сетевой инфраструктуры // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2014. № 5 (107). С. 100–105; Afgan N., Carvalho M. Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants // Energy. 2002. Vol. 27. P. 739–755; Charabi Y., Gastli A. PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation // Renewable Energy. 2011. Vol. 36. № 9. P. 2554–2561; Baysal M., Sarucan A., Kahraman C., Engin O. The selection of renewable energy power plant technology using fuzzy data envelopment analysis // Proceedings the World Congress on Engineering. Vol. II. London, 2011. P. 493–503.

Авторская классификация критериев, используемых при выборе состава и структуры инновационной системы энергообеспечения удаленных потребителей подгруппой указанных характеристик, позволяет повысить эффективность принятия управленческих решений относительно выбора системы энергоснабжения и результативность ее функционирования.

Целью анализа технической осуществимости проекта создания инновационного объекта энергоснабжения является определение наличия в достаточном количестве того или иного вида возобновляемых источников энергии на соответствующей территории и технической возможности их использования. Источниками информации могут служить: карта ветроэнергетических ресурсов, Национальный атлас России (воды, суши, моря, климата, рельефа, ландшафта, почвы и др.), карты и таблицы солнечной активности и инсоляции, распределения ресурсной базы биомассы по регионам, кадастр гидроэнергетических ресурсов и др.

Адекватность технологии по критерию технической осуществимости зависит от ее способности удовлетворить энергетические нужды потребителей в данной местности, поэтому нами выделены три группы показателей, определяющих соответствие технологии этому критерию: природно-климатические условия, энергетические потребности территории и технические характеристики энергогенератора. Первая группа параметров индивидуальна для каждого вида энергоустановок на ВИЭ. Вторая группа характеризуется общими показателями: объем необходимой энергии, график средних и максимальных нагрузок потребителей. Третья группа включает как общие (мощность генератора, КПД установки, энергоемкость, время зарядки и автономной работы аккумулятора, конструктивные особенности генератора и т.д.), так и частные (индивидуальные) технические параметры систем энергогенерации на соответствующих видах ВИЭ (см. табл. 2.4).

Технология создания объектов генерации на ветровой и фотоэлектрической солнечной энергии является достаточно стандартной, в то время как технологии реализации проектов производства энергии из биотоплива и гидроресурсов отличаются бóльшим разнообразием и имеют свои особенности для каждого

конкретного объекта. Следовательно, выбор инновационной системы для проектов строительства био-ЭС и мини-ГЭС требует проведения более детального технико-технологического исследования и финансово-экономического обоснования, чем проекты создания ВЭС и СЭС.

Для оценки технологии по критерию экономической эффективности, на наш взгляд, можно выделить микро- и макроэкономические показатели. Первая группа играет важную роль для принятия решений инвесторами, управляющей компанией, финансовыми институтами. Вторая группа индикаторов принимается во внимание государственными и региональными органами власти при принятии решений о выдаче лицензий и разрешений на строительство. В группе микроэкономических параметров нами были выделены как универсальные показатели оценки финансовой осуществимости проектов, так и специфический индикатор, характерный для энергетической отрасли, – средняя приведенная себестоимость энергии, которая учитывает дисконтированные капитальные и операционные затраты в течение всего периода жизненного цикла проекта.

Макроэкономические индикаторы включают экономию средств бюджета, домашних хозяйств и предприятий за счет удешевления электрической и тепловой энергии на удаленной территории, количество созданных рабочих мест, повышение инвестиционной привлекательности района, развитие производственной инфраструктуры.

Одним из важных критериев выбора инновационной системы энергообеспечения удаленных пользователей является экологическая безопасность¹⁰⁸. Изменение объема выбросов парниковых газов и других вредных выбросов, показатели влияния на функционирование живых экосистем, шумовые, световые и визуальные эффекты и другие показатели оцениваются инженерами-экологами на соответствие системы законодательным нормам экологического контроля.

¹⁰⁸ Жильцов С.А. Инновационные технологии в энергоснабжении изолированных территорий // Новое в развитии предпринимательства: инновации, технологии, инвестиции: материалы VII Международного научного конгресса / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. М., 2019. С. 17–22.

Социальные критерии связаны с количеством экономических субъектов, на деятельность которых отрицательно или положительно повлияет строительство энергогенерирующего объекта, а также с косвенными последствиями реализации проекта для местного сообщества (улучшение качества жизни, развитие социальной инфраструктуры и др.)¹⁰⁹. Одобрение проекта местным сообществом желательно получить до начала его осуществления.

По нашему мнению, данный подход к определению набора критериев позволит всесторонне оценить проект не только с точки зрения технико-экономических параметров, но и с позиции его влияния на локальные экосистемы и людей, живущих вблизи будущего энергогенерирующего объекта. Экологический и социальный аспекты нередко не учитываются при строительстве электростанций¹¹⁰. Однако этими последствиями нельзя пренебрегать в силу их важности для изолированных территорий в долгосрочной перспективе¹¹¹.

Значительный опыт управления проектами энергоснабжения удаленных потребителей на основе инновационных технологий, накопленный европейскими

¹⁰⁹ Назарова, Ю.А., Жильцов С.А., Голоулин Е.Ю. Социально-экономические факторы развития отрасли возобновляемой энергетики в России // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2017. № 7. URL: [http:// uecs.ru/ekonomika-pririodopolzovaniyz/item/4488-2017-07-14-06-32-11](http://uecs.ru/ekonomika-pririodopolzovaniyz/item/4488-2017-07-14-06-32-11) (дата обращения: 22.10.2022).

¹¹⁰ Матвеев В.В. Повышение эффективности инвестиционно-строительных проектов на основе рационального выбора системы энергообеспечения: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. СПб, 2007. 18 с.; Агабекян А.В. Управление инвестиционными проектами энергосбережения жилищно-коммунального хозяйства на основе развития форм государственно-частного партнерства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Орел, 2009. 19 с.; Холдин А.В. Моделирование инновационной деятельности по обеспечению надежности и стабильности систем энергоснабжения: автореферат дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2011. 29 с.; Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики: автореферат дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2016. 26 с.; Hakimizad S., Asl S.R., Ghiai M.M. review on the design approaches using renewable energies in urban parks // International Journal of Renewable Energy Research. 2015. № 5 (3). P. 686–693; Soe T.T., Aung Z.N., Zheng M. Assessment of economic feasibility on promising wind energy sites in Myanmar // International Journal of Renewable Energy Research. 2015. № 5 (3). P. 699–707; Juárez-Hernández S., Castro-González A. Design and economic evaluation of a prototype biogas plant fed by restaurant food waste // International Journal of Renewable Energy Research. 2015. № 5 (4). P. 1122–1131; Suresh V., Sreejith S. Economic dispatch and cost analysis on a power system network interconnected with solar farm // International Journal of Renewable Energy Research. 2015. № 5 (4). P. 1098–1105; Wind Services // IEC Corporation. URL: <http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023).

¹¹¹ Stenbeck J., Montalbano J., Phillipy M., Martin D.P. Agile Almanac. Book 2: Programs with Multi and Virtual-Team Environments. Spokane, 2017. 560 p.

странами, такими как Дания, Великобритания, Германия, свидетельствует о том, что экономические и технические вопросы являются достаточно стандартизированными и устоявшимися, а успех проекта зависит, в первую очередь, от умения менеджеров эффективно регулировать экологические и социальные аспекты создания объектов генерации на ВИЭ¹¹².

На наш взгляд, в российских условиях немаловажным фактором успеха является также повышение эффективности взаимодействия с государственными разрешительными и контролирующими органами на всех этапах жизненного цикла проекта.

Кроме того, данный подход к классификации критериев позволяет учесть интересы всех заинтересованных сторон проекта: инвесторов, проектного института и подрядных организаций, государственных органов и конечных потребителей.

Поскольку критериальное пространство для принятия управленческих решений представляет собой показатели с их граничными (предельными) количественными значениями, критериальное пространство для принятия решений по управлению проектом энергоснабжения удаленных пользователей на основе инновационных технологий можно систематизировать и обобщить в таблице (см. Приложение Б). Каждой из четырех выделенных нами групп критериев выбора инновационной системы энергообеспечения удаленных пользователей соответствует набор количественных и качественных показателей с диапазоном граничных значений.

Поскольку финансовая устойчивость и экономическая эффективность проекта энергоснабжения зависит, в первую очередь, от точности прогнозирования ожидаемых объемов выработки, постоянство и предсказуемость которых обеспечивает стабильное поступление денежных потоков от продажи энергии, одним из наиболее важных этапов является правильная оценка технологии энергоснабжения на основе каждого вида ВИЭ по критерию технической осуществимости для конкретной удаленной местности¹¹³.

¹¹² *Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E.* Wind Energy. N. Y.: John Wiley & Sons, 2001. 617 p.

¹¹³ *Жильцов С.А., Власюк С.Н., Черткова В.А., Семенов Н.Н.* Особенности управления проектами в энергетике на основе портфельного подхода // Экономика и предпринимательство. 2017. № 12-1 (89). С. 1152–1157.

Предлагаемая модель базируется на оценке затрат на строительство и ввод в эксплуатацию одного из трех возобновляемых источников генерации (солнечная электростанция, ветряная электростанция, мини-гидроэлектростанция) в рамках двух взаимосвязанных и последовательных этапов:

1) расчет индекса потребления электроэнергии удаленной территории на основании численности населения;

2) расчет и сравнительный анализ капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках трех ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС).

Расчет индекса потребления электроэнергии удаленной территории на основании численности населения осуществляется по формуле:

$$I_{ПЭ} = Ч_{ЖТ} \times \left(\frac{\overline{ПЭ}_P + \overline{ПЭ}_O + \overline{ПЭ}_C}{3} \right) \times КК, \quad (2.1)$$

где: $I_{ПЭ}$ – индекс потребления электроэнергии удаленной территории;

$Ч_{ЖТ}$ – число жителей населенного пункта удаленной территории;

$\overline{ПЭ}_P$ – средний объем потребления электроэнергии на душу населения региона удаленной территории;

$\overline{ПЭ}_O$ – средний объем потребления электроэнергии на душу населения федерального округа удаленной территории;

$\overline{ПЭ}_C$ – средний объем потребления электроэнергии на душу населения Российской Федерации;

$КК$ – корректирующий коэффициент (в диапазоне от 1,05 до 1,2).

Затем на основании полученных результатов осуществляется расчет и сравнительный анализ капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках трех ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС) на основании следующих формул:

$$ЗС_{СЭС} = (I_{ПЭ} / 24 / 30 / 12) \times \overline{ПВКЗ} \times ИИ \times КК; \quad (2.2)$$

$$ЗС_{ВЭС} = (I_{ПЭ} / 24 / 30 / 12) \times \overline{ПВКЗ} \times ИИ \times КК; \quad (2.3)$$

$$3C_{ГЭС} = (I_{ПЭ} / 24 / 30 / 12) \times \overline{ПВКЗ} \times ИИ \times КК, \quad (2.4)$$

где $3C_{СЭС}$ – капитальные затраты на строительство СЭС установленной мощности;
 $3C_{ВЭС}$ – капитальные затраты на строительство ВЭС установленной мощности;
 $3C_{ГЭС}$ – капитальные затраты на строительство ГЭС установленной мощности;
 $I_{ПЭ}$ – индекс потребления электроэнергии удаленной территории;
 $\overline{ПВКЗ}$ – средняя плановая величина капитальных затрат на 1 кВт установленной мощности объекта ВИЭ предыдущего года;
 $ИИ$ – индекс инфляции текущего года;
 $КК$ – корректирующий коэффициент (в диапазоне от 1,05 до 1,1).

Завершая рассмотрение критериев выбора инновационной системы энергоснабжения удаленных потребителей, отметим, что выделенные нами четыре группы критериев отражают основные аспекты оценки проекта с точки зрения всех заинтересованных сторон. Анализ критериального пространства предлагаемых показателей имеет большое значение на этапах предпроектной и проектной подготовки жизненного цикла объекта энергоснабжения удаленных потребителей на основе ВИЭ.

2.3. Разработка алгоритма управления инновационным проектом энергообеспечения удаленных потребителей, основанного на бинарном подходе

Актуализация роли гибких подходов и соответствующих алгоритмов управления обусловлена важностью своевременного корректирования параметров проекта в быстро меняющейся среде, а также необходимостью реагировать на изменения по мере внесения уточнений и конкретизации требований заказчиком¹¹⁴.

¹¹⁴ Жильцов С.А., Бондарчук Н.В., Курашова А.А., Гарбанцова А.Н., Оленева Е.В. Оценка возможности применения гибких методов управления проектами в строительстве объектов энергетики // Экономика и предпринимательство. 2019. № 8 (109). С. 604–607.

Гибкие методологии управления проектами можно интерпретировать в узком и широком понимании¹¹⁵.

Узкая концепция гибкости в проектном управлении реализована в ряде четко определенных алгоритмов или способов управления проектами (Scrum, адаптивная методика разработки программного обеспечения, Crystal Clear, DSDM и др.).

В широком понимании гибкая концепция проектного управления базируется на следующих предпосылках и требованиях:

- высокий динамизм проектной и организационной среды, слабая степень прогнозируемости возможных изменений, нелинейные причинно-следственные связи между управленческими действиями и их результатами;

- гибкость в сочетании с устойчивостью (является признаком любой системы);

- гибкость управления обеспечивается благодаря возможности каждого из элементов, технологий, процессов управления быть адаптированными так, чтобы наилучшим образом соответствовать новым обстоятельствам с точки зрения целей экономической деятельности¹¹⁶.

Несмотря на множество существующих подходов к пониманию гибкости управления проектами¹¹⁷, нам импонирует интерпретация специалистов консалтинговой компании McKinsey & Company, заключающаяся в том, что данное понятие может быть рассмотрено с двух различных точек зрения, учитывающих его динамическую и стабильную составляющие. С одной стороны, гибкое управление предполагает способность управляющего звена оперативно создавать многофункциональные команды в ответ на изменения среды и, соответственно, адаптировать рабочие задачи. С другой стороны, гибкое управление требует наличия долгосрочной устойчивости в виде общепринятых культурных норм и

¹¹⁵ Романенко М.А., Апенько С.Н. Влияние гибких технологий на управление человеческими ресурсами проектов предприятий // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 9-2. С. 411–418.

¹¹⁶ Там же.

¹¹⁷ Brechner E. *Agile Project Management with Kanban (Developer Best Practices)*. Columbia: Microsoft Press, 2015. 160 p.; Самочкин В., Барахов В., Кузнецов В. *Гибкое развитие предприятия и корпорации*. М.: Дело и сервис, 2014. 320 с.; Завалкевич Л. *Психология эффективного менеджера. Гибкость. Эффективное управление. Психология менеджера*. М.: Litres, 2018. 380 с.; Васильев В.Н. *Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении*. М.: Машиностроение, 1986. 312 с.; Rothman J. *Agile and Lean Program Management: Scaling Collaboration Across the Organization*. Columbia: Practical Ink, 2016. 221 p.

ценностей, обеспечивающих долговременную эффективность и надежность процессов производства¹¹⁸.

С точки зрения проектного управления ИОЭУП, гибкость подразумевает наличие многофункциональной команды профессионалов и современного программно-аппаратного комплекса в качестве информационного ядра или актива проекта, с одной стороны, и технически отлаженных бизнес-процессов надежного энергоснабжения удаленных потребителей и корпоративной культуры, с другой.

Гибкая составляющая призвана повысить эффективность коммуникации с заказчиком/инвестором и, следовательно, эффективность проекта в целом. Стабильная составляющая позволит обеспечить устойчивость бизнес-модели в долгосрочной перспективе.

В диссертационном исследовании предлагается задействовать бинарный подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей, основанный на двойственной природе понятия «гибкость управления», сочетающего динамическую и стабильную составляющие. Схема предлагаемого подхода к проектному управлению объектами энергоснабжения удаленных потребителей на основе инновационных технологий представлена на рис. 2.5.

На наш взгляд, данный подход соответствует как требованиям современного мира (умение быстро адаптироваться к изменениям, адаптивная структура), так и особенностям управления проектами в строительной отрасли, в которой традиционно используется каскадная модель управления.

Возможность комбинирования водопадного и итеративно-инкрементального подходов обеспечивается благодаря высокой степени компетентности руководителя и команды за счет высокой интенсивности и качества рабочего процесса¹¹⁹, а также высокой мотивации участников¹²⁰.

¹¹⁸ The oil and gas organization of the future // McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future> (дата обращения: 12.02.2023).

¹¹⁹ Ткаченко И.Н., Сивокос К.К. Использование гибких технологий Agile и Scrum для управления стейкхолдерами проектов // Управленец. 2017. № 4 (68). С. 85–95.

¹²⁰ Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2018 г. и на плановый период 2019 и 2020 гг. URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/2e83e62b-ebc6-4570-9d7b-ae0beba79f63/prognoz2018_2020.pdf?MOD=AJPERES (дата обращения: 13.02.2023).



Рис. 2.5. Модель бинарного подхода к проектному управлению объектами энергоснабжения удаленных потребителей на основе инновационных технологий

Источник: составлено автором.

Предлагаемая модель проектного управления ИОЭУП на основе бинарного подхода (рис. 2.6) основывается на гибких принципах управления проектами, рассмотренных в п. 2.1 (оперативность, надежность, экономичность, адаптивность, оптимальность), учитывает требование устойчивости проекта к бифуркационным колебаниям в долгосрочной перспективе и принципы построения организационной структуры гибкого управления проектом создания инновационного объекта энергоснабжения удаленных потребителей (см. п. 2.1).

Согласно представленной на рис. 2.6 схеме, в центре проектного управления находится информационное ядро проекта – современный программно-аппаратный комплекс, который обеспечивает доступ к виртуальной модели объекта

энергоснабжения в режиме реального времени. На этапе проектирования объекта это доступ ко всем конструктивным элементам, архитектурно-планировочным и инженерно-техническим решениям, спецификациям и т.д. На этапе эксплуатации это доступ к информации о техническом состоянии объекта в режиме реального времени, истории выработки энергии, экономическим и финансовым показателям функционирования станции и др.¹²¹.

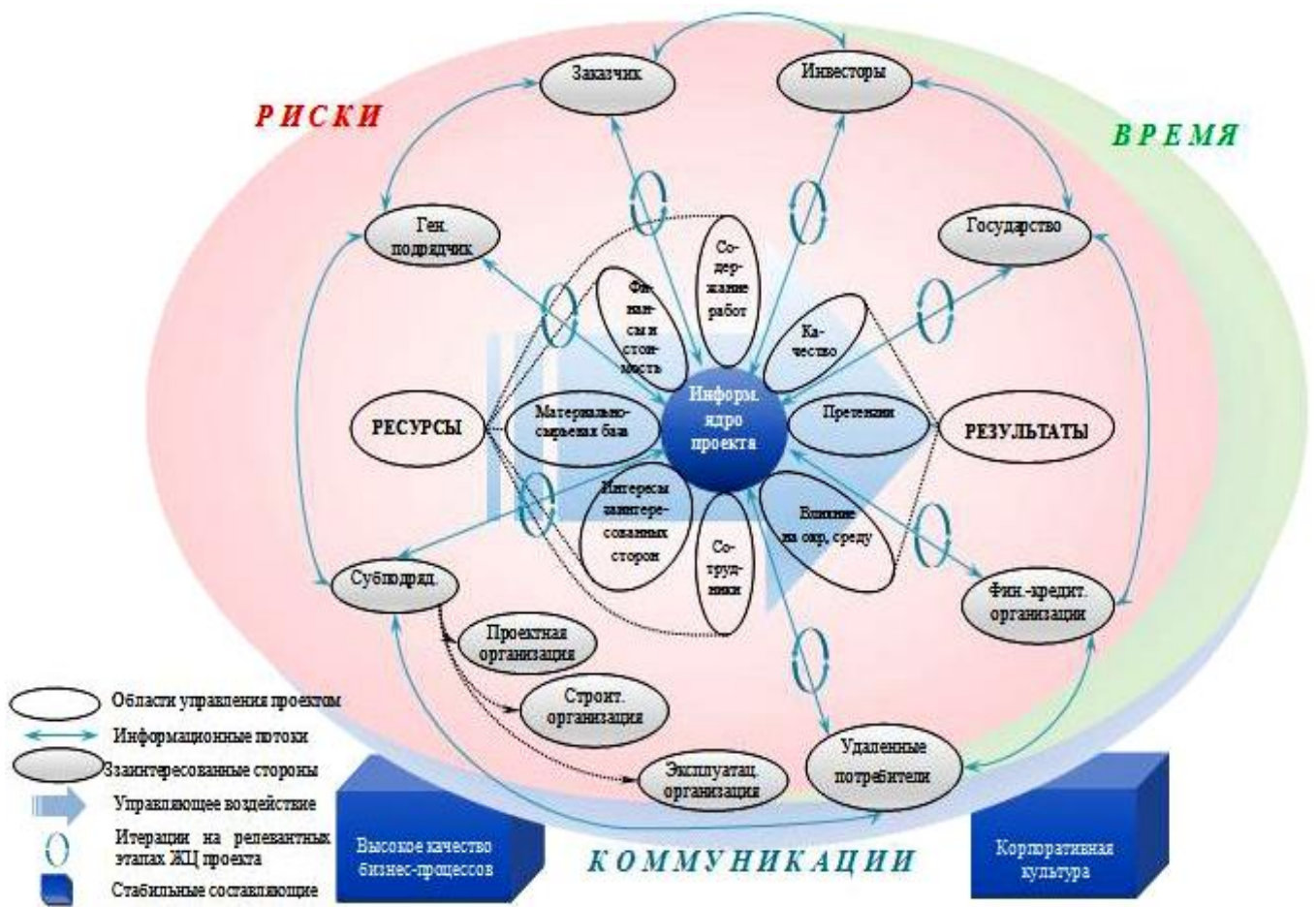


Рис. 2.6. Модель проектного управления ИОЭУП на основе бинарного подхода

Источник: составлено автором.

Благодаря возможности быстрого внесения изменений в информационный актив возрастает интенсивность и частота информационного обмена между

¹²¹ Жильцов С.А., Митяков Е.С. Бинарный подход к управлению инновационными проектами энергоснабжения удаленных потребителей // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: материалы Международной научно-практической конференции / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. Нижний Новгород, 2022. С. 169–171.

заинтересованными сторонами, что открывает новые пути для повышения эффективности взаимодействия между последними. Информационные потоки высокой скорости позволяют реализовать итеративно-инкрементальный подход к управлению проектом не только на стадии проектирования объекта и не только при согласовании с заказчиком, как это происходит в IT-отрасли, но и на стадии эксплуатации и ликвидации объекта, а также при взаимодействии со всеми заинтересованными сторонами проекта.

На рис. 2.6 в представленной модели отражен процесс превращения ресурсов (материально-сырьевая база, финансы и стоимость, содержание работ, сотрудники, интересы заинтересованных сторон) в результаты (качество, влияние на окружающую среду, претензии по проекту). При этом управленческие воздействия осуществляются через информационное ядро проекта.

В предлагаемой модели риски, время и коммуникации, которые традиционно включают в состав областей управления проектом, вынесены «за скобки», поскольку, на наш взгляд, они:

- являются универсальными категориями, присущими не только проекту, но и всем заинтересованным сторонам как независимые переменные при принятии управленческих решений каждой из них;

- в силу своей универсальности формируют общую среду, в которой реализуется проект, являясь в то же время частными областями управления проектом;

- характеризуются наличием высокой степени неопределенности, которая даже при грамотном управлении каждой из них не дает 100%-ной гарантии нейтрализации риска негативного влияния на результаты проекта.

При этом непредсказуемое изменение хотя бы одной из указанных категорий у хотя бы одной заинтересованной стороны неизбежно повлечет за собой изменения во всех областях управления проектом и, соответственно, необходимость быстрого реагирования и согласования интересов стейкхолдеров в новых условиях посредством управляющих воздействий.

Стабильная составляющая бинарного подхода к управлению проектом проявляется в том, что модель управления основывается на неизменных

составляющих – высоким качестве бизнес-процессов и корпоративной культуре с приоритетом приверженности высоким этическим и профессиональным стандартам (см. рис. 2.6).

Итак, к преимуществам предлагаемой модели проектного управления ИОЭУП на основе бинарного подхода можно отнести:

– объединение стабильных и гибких элементов управления, что соответствует требованиям современного мира (высокая скорость изменений → улучшение коммуникации с заказчиком → повышение адаптивности → повышение степени удовлетворенности заказчика и эффективности управления проектом, с одной стороны, и стабильно высокое качество бизнес-процессов и высокие этические и профессиональные стандарты корпоративной культуры, с другой);

– время, риски и коммуникации выведены за пределы областей управления проектом, что позволяет формировать видение их как неотъемлемых атрибутов среды, в которой реализуется проект, и учитывать их возможное трудно прогнозируемое влияние на все заинтересованные стороны и области управления проектом;

– наличие информационного ядра, через информационные потоки которого происходит взаимодействие между заинтересованными сторонами, а также управление предметными областями проекта на всех этапах его ЖЦ повышает эффективность управления благодаря минимизации вероятности возникновения проектировочных ошибок, сокращению сроков ввода объекта в эксплуатацию, ускорению и облегчению процесса внесения изменений как в проектную документацию, так и в тактику и стратегию управления ИОЭУП на этапах функционирования и ликвидации энергогенерирующей станции на возобновляемых источниках энергии.

Особую важность для развития российской методики управления проектами ВИЭ представляет разработка организационного механизма внедрения проектной технологии, особенно с точки зрения гибкого подхода к управлению¹²².

В отрасли информационных технологий, где возник адаптивный подход к проектному управлению, гибкость заключается, прежде всего, в максимальном

¹²² Жильцов С.А., Назарова Ю.А., Авдеев Ю.М., Rogozina Е.А. Методические аспекты применения проектного управления при энергоснабжении удаленных потребителей // Экономика и предпринимательство. 2019. № 7 (108). С. 940–945.

вовлечении заказчика в обсуждение результатов многократных испытаний с целью усовершенствования прототипа на его пути к конечному продукту. В проектах, связанных, например, со строительством в энергоснабжении, одно из основных отличий состоит в том, что, во-первых, конечный результат (объект с требуемыми характеристиками), как правило, известен; во-вторых, заказчик и/или инвестор находит управляющую компанию (УК), которой передает право управления проектом на всех этапах его ЖЦ. Задачи поиска и взаимодействия с проектировщиком, строительной компанией, оператором и ликвидатором энергообъекта выполняет УК. С точки зрения гибкого подхода это означает, что или УК вместо заказчика принимает постоянное непосредственное участие в обсуждении изменений и поиске инженерно-технических, финансово-экономических, строительных, операционных и др. решений, или заказчик, наряду с УК, также вовлечен в эту деятельность.

Независимо от степени участия заказчика в реализации проекта, УК желательно получить утвержденный им перечень приоритетных результативных показателей, которые он ожидает достичь по итогам реализации проекта и которые для него являются критериями успешности последнего.

Отправные требования заказчика могут быть модифицированы на стадии инициации проекта, если УК сумеет обосновать целесообразность принятия альтернатив (с точки зрения реалистичности планов и т.д.). Опираясь на эти ориентиры, УК осуществляет гибкое управление проектом на всех стадиях его ЖЦ. На наш взгляд, основное преимущество такого подхода заключается в том, что непосредственное вовлечение заказчика в управление ИОЭУП позволяет снизить степень неопределенности, усовершенствовать риск-менеджмент и повысить удовлетворенность заказчика/инвестора по итогам реализации проекта. Это достигается благодаря усовершенствованной модели коммуникации с заказчиком посредством постоянного движения информационных потоков через информационное ядро проекта (см. рис. 2.7).

С учетом вышеизложенного, а также принципов построения организационной структуры гибкого управления проектом ИОЭУП (оптимальности, экономичности, адаптивности, оперативности, надежности) (см. п. 2.1) в нашем исследовании предлагается организационная структура гибкой проектной технологии управления

объектом энергоснабжения удаленных потребителей на основе инновационных технологий (см. рис. 2.7).



Рис. 2.7. Организационная структура гибкой проектной технологии управления объектом энергоснабжения удаленных потребителей на основе инновационных технологий

Источники: составлено автором по: Meyer N.D. Principle-based Organizational Structure: a handbook to help you engineering entrepreneurial thinking and teamwork into organizations of any size. Hawthorne: NDMA Publishing, 2017. 448 p.; Galbraith J.K. The New Industrial State. Boston.: Princeton University Press, 1967. 576 p. (The James Madison Library in American Politics); Galbraith J.K. Economics and the Public Purpose. Boston: Houghton Mifflin, 1973. 334 p.; Kesler G. Leading Organization Design: How to Make Organization Design Decisions to Drive the Results You Want. Jossey-Bass, 2010. 336 p.; Netscher P. Construction Management: From Project Concept to Completion. Charleston: Create Space Independent Publishing Platform, 2017. 372 p.

Представленная организационная структура является «перевернутой»¹²³, что призвано подчеркнуть ключевую роль конечных исполнителей (рабочих, инженеров, строителей, технических специалистов и т.д.) в создании ценности (перевернутые организационные структуры сегодня успешно применяются инновационными компаниями, работающими в разных отраслях за рубежом, такими как PRIME Contractors.inc (строительство, США)¹²⁴, Global Contact Services (управление контактными центрами, США)¹²⁵ и др.).

Целесообразность использования данного подхода к разработке организационной структуры продиктована двумя обстоятельствами. Во-первых, существует прямая зависимость между повышением уровня иерархии управляющих звеньев и сокращением информированности менеджеров об имеющихся проблемах бизнеса, в результате чего снижается эффективность управленческих решений. В исследовании «Айсберг неведения» С. Йошида пришел к выводу о том, что высшее руководство владеет информацией только о 4% проблем, возникающих на передовой линии производства, среднее руководство – о 9%, бригадиры – о 74%, в то время как работники осведомлены о 100% проблем¹²⁶. Во-вторых, сотрудники становятся более мотивированными, если имеют определенный контроль над своей работой и окружающей средой и считают, что руководство активно к ним прислушивается. Верно и обратное: если сотрудникам диктуют, что делать, это снижает степень мотивации и удовлетворение от проделанной работы¹²⁷.

Менеджер, координатор проекта, инспектор строительного (проектного) надзора, бригадир (начальник, прораб, мастер) и непосредственные исполнители вовлечены в реализацию проекта в течение 100% рабочего времени. Чем выше ранг звена в предлагаемой оргструктуре проектного управления ИОЭУП, тем меньший

¹²³ *Blokdyk G.* Agile construction: A Step-By-Step Tutorial. Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2017. 130 p.

¹²⁴ PRIME Contractors.inc. URL: <http://www.primecontractorsinc.com> (дата обращения: 12.02.2023).

¹²⁵ Global Contact Services. URL: http://globalcontactservices.net/about_us.html (дата обращения: 12.02.2023).

¹²⁶ *Chakrapani Ch.* Eliciting and Analyzing Customer Complaints. URL: <http://www.chuckchakrapani.com/articles/pdf/91060555chakrapani.pdf> (дата обращения: 12.02.2023).

¹²⁷ *Truss C., Alfes K., Delbridge R.* Employee Engagement in Theory and Practice Paperback. Routledge. 2013. 336 p.

удельный вес рабочего времени носитель этой должности посвящает непосредственному участию в выполнении проекта: исполнительный директор и президент (при наличии) непосредственно вовлечены в проект – 50 и 30% времени соответственно, директор по безопасности – 30% времени, если он ведет несколько проектов одновременно, и 100% времени, если в сферу его компетенции входит обеспечение безопасности одного проекта.

Все звенья организационной структуры имеют доступ к информационному ядру проекта. Благодаря этому они могут получать данные в режиме реального времени о состоянии ИОЭУП, целевых и фактических показателях реализации проекта и др., а также вносить изменения в рамках своих полномочий на соответствующих стадиях его ЖЦ. Итерации-взаимодействия между элементами организационной структуры происходят часто и проводятся до достижения консенсуса между сторонами в процессе обсуждения управленческих решений.

Следует отметить, что продолжительность и количество итераций, равно как и длительность этапов ЖЦ проекта ИОЭУП, зависят от вида ВИЭ или их комбинации, а также от организационно-технических условий реализации конкретного проекта. Так, технологии генерации на энергии ветра и солнца являются более зрелыми, а процессы создания ВЭС и СЭС – относительно стандартизированными. В то же время строительство мини-ГЭС и био-ЭС связано с необходимостью учета более широкого набора индивидуальных особенностей местности, природно-климатических условий, инженерно-технологических решений и т.д. Следовательно, количество и сроки итераций и этапов ЖЦ проекта будут выше по сравнению с проектами создания ВЭС и СЭС.

Представленные на рис. 2.7 звенья организационной структуры являются носителями стабильной составляющей бинарного подхода к проектному управлению, которая включает корпоративную культуру и неизменно высокое качество бизнес-процессов. В то же время участники представляют собой команду высокомотивированных профессионалов и быстро реагируют на изменения внешней среды, предпочтений и требований заинтересованных сторон проекта благодаря накопленному опыту и ускорению движения информационных потоков через информационное ядро проекта. Описанная выше схема показывает, какие

организационные изменения следует внести в практику отечественных компаний, работающих в энергетической отрасли, чтобы реализовать предлагаемую модель проектного управления ИОЭУП на основе бинарного подхода¹²⁸.

Основную работу по управлению рисками выполняют менеджер и директор по безопасности. Однако к мероприятиям по выявлению рисков факторов и управляющему воздействию на них привлекаются в той или иной степени все участники проекта, а не только члены команды. Идентификация рисков – это итеративный процесс, так как по мере движения от одного этапа ЖЦ проекта к другому могут появляться или выявляться новые риски или информация о них¹²⁹. С точки зрения особенностей возобновляемой энергетики одной из наиболее существенных угроз недостижения целей проекта или отдельных его параметров является эксплуатационный риск энергоснабжения потребителей (ЭРЭП). Несмотря на то что сфера его действия – этап функционирования готового объекта, его оценка и управляющие мероприятия должны тщательно разрабатываться на начальной стадии, поскольку наименее затратной признается минимизация рисков на предпроектном и проектном этапах ЖЦ¹³⁰.

Согласно Е.Н. Сосниной и А.В. Шалухо, эксплуатационный риск энергоснабжения потребителей показывает вероятность недополучения требуемой мощности вследствие случайного характера изменения погоды¹³¹. Однако производство объема энергии меньше планового возможно не только в результате колебаний погодных условий, но и вследствие выхода из строя оборудования, поскольку такие ситуации являются неотъемлемой частью функционирования технических систем. Технологическая надежность определяется степенью зрелости

¹²⁸ Жильцов С.А., Велиев К.Р. Модель управления проектом энергоснабжения удаленных потребителей // Управление экономическими системами. 2018. № 10. URL: http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=5153 (дата обращения: 22.10.2022).

¹²⁹ A guide to UK mini-hydro developments // The British Hydropower Association. URL: <https://www.british-hydro.org/wp-content/uploads/2018/03/A-Guide-to-UK-mini-hydro-development-v3.pdf> (дата обращения: 24.01.2023).

¹³⁰ Султанов И.А. План действий при управлении рисками проекта. URL: <http://projectimo.ru/upravlenie-riskami/riski-proekta.html> (дата обращения: 11.02.2023).

¹³¹ Соснина Е.Н., Шалухо А.В. Методика выбора оптимального сочетания возобновляемых источников энергии для локальных энергосистем // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2012. № 3 (96). С. 215–220.

технологии, наличием специалистов, сервисных центров, запчастей оборудования применительно к местности, где планируется создавать инновационный объект. С учетом данного обстоятельства, по нашему мнению, целесообразно различать в составе более широкого понятия «эксплуатационный риск энергоснабжения» как погодный, так и технико-технологический риски. Сам же риск недополучения требуемой мощности из-за случайных погодных условий целесообразнее называть не «эксплуатационным», а «погодным риском энергоснабжения потребителей».

Исходя из этого, можно предложить усовершенствованный показатель оценки риска и критерий выбора инновационной системы энергоснабжения изолированных территорий – эксплуатационный риск энергоснабжения удаленных потребителей (ЭРЭУП), который показывает вероятность недополучения необходимого объема тепловой и электрической энергии изолированными территориями. ЭРЭУП зависит, с одной стороны, от надежности энергоснабжения с технической точки зрения (исправность оборудования и компонентов, наличие специалистов по ремонту и доступу к объекту), а, с другой стороны, от вероятности сокращения объемов выработки, связанной со случайными колебаниями погодных условий (направления и скорости ветра, интенсивности соляризации и др.):

$$R_{\text{Э}} = R_{\text{T}} + R_{\text{П}}, \quad (2.5)$$

где $R_{\text{Э}}$ – эксплуатационный риск энергоснабжения удаленных потребителей;

R_{T} – технико-технологический риск энергоснабжения удаленных потребителей (ТРЭУП);

$R_{\text{П}}$ – погодный риск энергоснабжения удаленных потребителей (ПРЭУП).

ТРЭУП определяется частотой отказов оборудования для заданного вида технологии и длительностью периодов простоя вследствие выхода из строя компонентов. Вероятность простоя оборудования по причине технических неполадок (ТРЕУП) рассчитывается по формуле¹³²:

¹³² Григорьева О.А., Кривенко Т.В., Тремясов В.А. Анализ надежности автономного ветродизельного комплекса // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2016. № 2 (243). С. 45–52.

$$R_T = \lambda \cdot \tau, \quad (2.6)$$

где λ – частота (интенсивность) отказов оборудования (или его частей);

τ – удельный вес среднего времени восстановления работоспособности оборудования к общей плановой продолжительности работы оборудования.

Значения показателей определяются практическим путем на основе анализа фактических значений эксплуатационных параметров работы энергоустановок на ВИЭ. В этом случае технический риск приобретает системный характер. Для того чтобы определить индивидуальное для каждой установки значение риска, показатель технической надежности следует рассчитывать методом пространства состояний (марковские процессы), методом статистического моделирования (метод Монте-Карло)¹³³ или логико-вероятностным методом с использованием дерева отказов¹³⁴.

ПРЭУП рассчитывается путем вычисления интегральной функции нормального распределения вырабатываемой мощности ВИЭ:

$$R_{\Pi} = \int_{-\infty}^A \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(P_{ВИЭ})} e^{-\frac{(P_i - \mu(P_{ВИЭ}))^2}{2\sigma(P_{ВИЭ})^2}} dx, \quad (2.7)$$

где $\sigma(P_{ВИЭ})$ и $\mu(P_{ВИЭ})$ – стандартное отклонение и математическое ожидание мощности отобранных ВИЭ.

¹³³ *Abouzahr I., Ramakumar R.* An approach to assess the performance of utility-interactive wind electric conversion systems // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 1991. Vol. 6. № 4. P. 627–638; *Abouzahr I., Ramakumar R.* Loss of power supply probability of stand-alone wind electric conversion systems: A closed form solution approach // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 1990. Vol. 5. № 3. P. 445–451; *Bakirtzis A.G.* A probabilistic method for the evaluation of the reliability of stand-alone wind energy systems // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 1992. Vol. 7. № 1. P. 99–107; *Billinton R.B., Cue Yu.* Reliability evaluation of small stand-alone wind energy conversion systems using a time series simulation model // *IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution*. 2003. Vol. 150, № 1. P. 96–100; *Leite A.P., Borges C.l.t., Falcao D.M.* Probabilistic wind farms generation model for reliability studies applied to Brazilian sites // *IEEE Transactions on Power Systems*. 2006. Vol. 21. № 4. P. 493–501.

¹³⁴ *Григорьева О.А., Кривенко Т.В., Тремясов В.А.* Анализ надежности автономного ветродизельного комплекса // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. 2016. № 2 (243). С. 45–52.

Для каждого ВИЭ эти показатели рассчитываются по следующим формулам:

$$\mu(P_i) = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n}, \quad (2.8)$$

$$\sigma(P_i) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \mu(P_i))^2}, \quad (2.9)$$

где i и j – виды ВИЭ;

n – количество наблюдений в течение расчетного периода.

Стандартное отклонение и математическое ожидание мощности всего набора отобранных ВИЭ определяется следующим образом:

$$\mu(P_{\Sigma}) = \sum_{i=1}^N \mu(P_i); \quad (2.10)$$

$$\sigma(P_{\Sigma}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma(P_i) \sigma(P_j) \rho(P_{ij})}, \quad (2.11)$$

где N – количество видов ВИЭ;

$\rho(P_{ij})$ – коэффициент корреляции между мощностями, генерируемыми разнородными ВИЭ.

Для упрощения расчета окончательного значения ПРЭУП перейдем к нормированной нормально распределенной величине y , для которой $\mu = 0$, $\sigma = 1$:

$$y = \frac{P_{\text{необх}} - \mu(P_{\text{ВИЭ}})}{\sigma(P_{\text{ВИЭ}})}. \quad (2.12)$$

В отличие от понимания эксплуатационного риска как вероятности сокращения объемов выработки в результате стохастических колебаний погодных условий, предлагаемый показатель ЭРЭУП позволяет при выборе ВИЭ учитывать надежность ИОЭУП как с технической, так и с погодной точек зрения.

На основе бинарного подхода (см. п. 2.3) в соответствии со стадиями и этапами жизненного цикла проекта (см. п. 1.2) с учетом разработанного критериального

пространства для выбора инновационной системы ЭУП (ЭКОТЭС критерии, см. п. 2.2), особенностей управления проектами в области энергоснабжения (см. п. 1.2), а также предлагаемого показателя ЭРЭУП (см. п. 2.3) считаем возможным представить алгоритм управления инновационным проектом энергоснабжения удаленных потребителей следующим образом:

1) стадия создания объекта:

▪ *этап предпроектной подготовки:*

- определение целей и заинтересованных сторон проекта;
- выявление имеющихся видов ВИЭ с точки зрения технической осуществимости их использования для энергоснабжения данной территории;
- оценка энергетических потребностей территории (какие виды энергии необходимы и в каком объеме);
- выбор энергоустановки (или их комбинации) соответствующего типа и мощности с учетом ЭКОТЭС критериев и предлагаемого показателя ЭРЭУП;
- разработка организационной структуры гибкой проектной технологии управления ИОЭУП;
- планирование содержания работ, определение иерархии и последовательности работ;
- оценка продолжительности выполнения работ;
- создание календарного графика работ, отображение его при помощи диаграммы Гантта;
- экономическое обоснование инвестиций (внутренняя норма доходности, чистая приведенная стоимость проекта, коэффициент покрытия долга (обязательств), анализ чувствительности, внутренняя норма прибыли), выявление рисков и методов их снижения, оценка экологических и социальных последствий строительства каждого из видов ВИЭ;
- определение способов и источников финансирования проекта, утверждение финансового плана;

– поиск контрагентов;

▪ *этап проектной подготовки:*

- контроль сроков и качества разработки проектно-строительной документации;

- контроль сроков получения разрешительных документов, прохождения государственных экспертиз и др.;

- *этап проведения строительно-монтажных работ:*

- мониторинг и контроль исполнения сроков проекта, качества работ, финансовой дисциплины, рисков, изменений по проекту, эффективности коммуникации, достаточности человеческих и материальных ресурсов;

- согласование и внесение корректировок (при необходимости);

- завершение работ, проведение авторского надзора, сдача объекта в эксплуатацию;

- 2) стадия эксплуатации объекта:

- *этап роста и зрелости:*

- мониторинг и анализ результатов деятельности ИОЭУП;

- контроль финансовой дисциплины, своевременности и правильности предоставления государственной и акционерной отчетности;

- организация своевременных текущих и капитальных ремонтов, мероприятий по профилактике оборудования;

- мониторинг и анализ влияния ИОЭУП на экологические и социальные параметры жизнедеятельности сообществ;

- *этап ликвидации:*

- контроль правильности юридического оформления процесса ликвидации ИОЭУП;

- организация и контроль за проведением сноса и утилизации конструктивных элементов ИОЭУП;

- подведение итогов реализации проекта, анализ результатов с точки зрения степени и эффективности достижения поставленных целей, а также с точки зрения удовлетворенности заказчика, закрытие проекта.

Обобщенно указанную пошаговую процедуру можно представить в виде схемы (рис. 2.8). На каждом из этапов управления согласование интересов заинтересованных сторон осуществляется на основе гибкого подхода путем обсуждения вопросов с заказчиком или с УК, которой он передал функции управления проектом. Итерации продолжаются до достижения поставленной цели

во взаимодействии всех заинтересованных сторон. Информация о результатах этих взаимодействий сохраняется в режиме реального времени в информационном ядре проекта, к которому каждый участник имеет доступ, определяемый масштабом ответственности и выполняемыми функциями.



Рис. 2.8. Пошаговая процедура управления проектом ЭУП на основе инновационных технологий

Источник: составлено автором.

Непосредственно для выбора типа и мощности установки на этапе предпроектной подготовки можно использовать процедуру рейтингования методом суммы мест или таксонометрическим методом в комбинации с методом экспертных оценок (для определения коэффициентов значимости) на основе следующего алгоритма:

– изучить природно-климатические условия местности, оценить ресурсный потенциал различных видов ВИЭ и выбрать вид(ы) возобновляемой энергии, которые наилучшим образом соответствуют энергетическим потребностям удаленных потребителей данной местности;

– выбрать инновационные генерирующие установки (по мощности и другим параметрам) для технически осуществимых видов ВИЭ. Поскольку в наборе

показателей для рейтингования имеются параметры с разной природой и несравнимыми значениями (качественными и количественными), то необходимо привести их к сопоставимому виду путем нормирования;

- в каждой из выделенных групп показателей (ЭКОТЭС) выбрать основной показатель, который будет использоваться для ранжирования потенциальных установок;

- присвоить каждому показателю коэффициенты значимости экспертным путем;

- провести процедуру рейтингования методом суммы мест или таксонометрическим методом: определить параметры эталонного предприятия, построив матрицу Z , и выбрать установку с максимальным значением суммы мест или с минимальным значением R (R – квазирасстояние генерирующего объекта от эталона). При расчете R расстояние до эталонной станции умножается на коэффициент значимости соответствующего критерия.

Таким образом, предлагаемая модель проектного управления ИОЭУП, основанная на бинарном подходе, и принципы построения организационной структуры гибкого управления проектом ИОЭУП (оптимальности, экономичности, адаптивности, оперативности, надежности) (см. п. 2.1) позволяют разработать организационную структуру гибкой проектной технологии управления инновационным объектом энергоснабжения удаленных потребителей. Уточнение содержания показателя «эксплуатационный риск энергоснабжения потребителей» позволяет усовершенствовать методику оценки производственных рисков на стадии функционирования объекта и предложить параметр «эксплуатационный риск энергоснабжения удаленных потребителей», который учитывает не только вероятность негативного влияния изменений погодно-климатических условий, но и технических факторов на риск недополучения требуемого объема энергии.

На основе бинарного подхода в соответствии со стадиями и этапами жизненного цикла проекта с учетом разработанного критериального пространства для выбора инновационной системы ЭУП (ЭКОТЭС критерии), особенностей управления проектами в области энергоснабжения, а также предлагаемого показателя ЭРЭУП предлагается алгоритм управления проектом энергоснабжения удаленных потребителей на базе инновационных технологий.

**ГЛАВА 3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЕКТОМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**

**3.1. Управление начальной стадией жизненного цикла
проекта энергоснабжения удаленных потребителей
в Красноярском крае**

От момента возникновения идеи до полного завершения проект проходит этапы своего развития, совокупность которых получила название *жизненного цикла проекта*. Во временном отношении жизненный цикл делится на периоды по убыванию: фазы → стадии → этапы. Как было показано в п. 1.2, управление начинается со стадии предпроектной и проектной подготовки. Рассмотрим процесс управления на каждой стадии на примере реализации инновационного проекта энергоснабжения удаленных потребителей на северо-востоке Красноярского края РФ в пгт. Тура. В качестве объекта строительства рассмотрим мини-ГЭС «Туринскую» на р. Кандакан в Эвенкии установленной мощностью 9 МВт.

Оценка возможности и экономической целесообразности покрытия потребностей поселка в электрической и тепловой энергии за счет возобновляемых гидроэнергоресурсов производится на основе геологической и гидрометеорологической информации, картографического материала, данных рекогносцировочного обследования створов ГЭС, результатов инженерно-геологического обследования строительного участка, а также результатов исследования рынка потребителей электрической энергии пгт. Тура.

Обоснование инвестиций на этапе предпроектной подготовки позволяет сделать предварительный вывод о том, что энергетический потенциал р. Кандакан является достаточным для полного обеспечения электроэнергией пгт. Тура. Для покрытия годовой потребности жителей и предприятий поселка в электроэнергии в объеме до 28,42 млн кВтч и дополнительных потребностей в тепловой энергии в размере 7,5 млн кВтч необходимо построить в 35 км от районного центра плотину высотой 35 м, длиной 358 м и ЛЭП 110 кВ протяженностью 35 км. При объеме капиталовложений в строительство 3,95 млрд руб. себестоимость производства энергии составит на момент ввода объекта в эксплуатацию (2026 г.) 1,93 руб./кВтч. С учетом минимального воздействия Туринской мини-ГЭС на окружающую среду ее возведение можно признать экономически целесообразным (далее показатели экономической эффективности проекта будут проанализированы более детально).

Потребность в создании мини-ГЭС продиктована неудовлетворительным состоянием основных фондов энергоснабжающих предприятий и высокими тарифами на тепловую и электрическую энергию (табл. 3.1). Ее производство в пгт. Тура характеризуется моральным и физическим износом оборудования, низким КПД, высокой себестоимостью генерируемой энергии.

Таблица 3.1

Структура и основные характеристики режима потребления электроэнергии пгт. Тура

| Показатель | 2017 |
|---|-------|
| Относительное потребление электрической энергии, % от поступления в сети поселка: | |
| жилые дома | 36,97 |
| общественные и коммунальные учреждения | 20,45 |
| промышленные предприятия | 17,83 |
| потери электрической энергии, в с е г о | 24,75 |
| Максимальная активная нагрузка, кВт | 6894 |
| Максимальная среднемесячная нагрузка, МВт | 28,03 |
| Минимальная активная нагрузка, кВт | 1100 |
| Средняя активная нагрузка, кВт | 3213 |
| Коэффициент заполнения графика | 0,66 |
| Коэффициент неравномерности | 0,34 |
| Коэффициент реактивной мощности ($tg \varphi$) | 0,4 |
| Продолжительность использования наибольшей нагрузки, ч | 4061 |
| Тариф на электроэнергию, руб./кВтч | 37,73 |
| Тариф на тепловую энергию, руб./ГКалл | 9360 |

Источник: составлено автором по: Данные по потреблению электроэнергии в электрических сетях п. Тура за 2017 г.

В 2017 г. тариф на электрическую энергию достиг 37,73 руб. за 1 кВтч, на тепловую – 9360 руб. за 1 Гкалл (см. табл. 3.1). В настоящее время электроснабжение поселка осуществляют 3 ДЭС (15 генераторов общей мощностью 12 220 кВт), работающие на привозном топливе. Выработка электроэнергии в 2015 г. составила 28 143 тыс. кВтч. Согласно данным администрации муниципального района, средняя степень изношенности оборудования 3 ДЭС достигла в 2015 г. 70–80%, т.е. большая часть генераторов нуждается в замене или проведении капитального ремонта. Источниками теплоснабжения пгт. Тура являются 16 котельных, работающих на угле и сырой нефти. Замены требуют 25 из 47 установленных котлов (53% от общего числа), капремонта – 14 котлов (30%).

Учитывая продолжающийся ежегодный прогнозный рост тарифов на энергию (табл. 3.2), высокую степень изношенности основных фондов, большие издержки, которые несет общество вследствие загрязнения окружающей среды продуктами использования невозобновляемых источников энергии, внедрение инновационных технологий альтернативной генерации представляется актуальным и своевременным.

Таблица 3.2

Прогноз динамики роста тарифов на энергию в пгт. Тура

| Показатель | 2017 г. | 2018 г.* | 2019 г.* | 2020 г.* | 2021 г.* |
|------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Тариф на теплоэнергию, руб./Гкалл | 9360 | 9725 | 10 211 | 10 722 | 11 151 |
| Рост тарифа, % за год | – | 3,9 | 5,0 | 5,0 | 4,0 |
| Тариф на электроэнергию, руб./кВтч | 37,73 | 39,96 | 42,2 | 43,89 | 45,65 |
| Рост тарифа, % за год | – | 5,9 | 5,6 | 4,0 | 4,0 |

Примечание: * – прогнозные значения.

Источники: составлено автором по: Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2018 г. и на плановый период 2019 и 2020 гг. URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/2e83e62b-ebc6-4570-9d7b-ae0beba79f63/prognoz2018_2020.pdf?MOD=AJPERES (дата обращения: 22.01.2023); Сценарные условия, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и предельные уровни цен (тарифов) на услуги компаний инфраструктурного сектора на 2017 г. и на плановый период 2018 и 2019 гг. URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/d8297656-48da-4d60-aec3-1d3d27ee908e/Сценарные+условия+2017_2019.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d8297656-48da-4d60-aec3-1d3d27ee908e (дата обращения: 22.01.2023).

Анализ скоростей ветра в районе пгт. Тура показал, что применение ветровых электростанций неэффективно, так как среднегодовая скорость ветра в данном

районе не превышает 3 м/с (табл. 3.3), а для нормальной работы ветряного агрегата требуется скорость ветра порядка 5–5,25 м/с (см. Приложение Б).

Таблица 3.3

Средняя скорость ветра в пгт. Тура Красноярского края

| Среднегодовая скорость ветра на высоте 10 м, м/с | Средняя скорость ветра, м/с | | | | Максимальная скорость ветра, м/с |
|--|-----------------------------|-------|------|-------|----------------------------------|
| | Зима | Весна | Лето | Осень | |
| 1,4 | 0,8 | 1,8 | 2,5 | 1,4 | 24,0 |

Источник: составлено автором по: Сценарные условия, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и предельные уровни цен (тарифов) на услуги компаний инфраструктурного сектора на 2017 г. и на плановый период 2018 и 2019 гг. URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/d8297656-48da-4d60-aec3-1d3d27ee908e/Сценарные+условия+2017_2019.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d8297656-48da-4d60-aec3-1d3d27ee908e (дата обращения: 22.01.2023).

В связи с территориальным расположением поселка генерация за счет солнечной энергии возможна только в летнее время года, но даже в этот период, по предварительным расчетам, их эффективность находится на достаточно низком уровне. Для оптимальной работы солнечных батарей минимально необходимая средняя удельная плотность солнечного потока должна достигать 250 Вт/м² (см. Приложение Б). В Красноярском крае среднегодовые показатели солнечной инсоляции не превышают 100 кВтч/м² (табл. 3.4)¹³⁵.

Таким образом, невысокая плотность ветровых и солнечных энергетических потоков, их непостоянство во времени и, как следствие, высокие затраты на аккумуляцию и хранение их энергии обуславливают низкую технико-экономическую эффективность использования СЭС и ВЭС для решения поставленной задачи¹³⁶. Изучение природных ресурсов местности позволяет сделать вывод, что из возобновляемых источников энергии в данном регионе наиболее привлекательно использование гидропотенциала рек, протекающих вблизи пгт. Тура.

¹³⁵ Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике // Рос. хим. журнал (журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. LI. № 6. С. 95–106.

¹³⁶ Жильцов С.А. Использование гелиотропических солнечных панелей для автономного электроснабжения потребителей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т. 18. № 2 (109). С. 266–274.

Солнечная инсоляция в Красноярском крае по месяцам

| Наклон к горизонту | Суммарно по месяцам, Дж/м ² (кВтч/м ²) | | | | | | | | | | | Суммарно за год | Среднегодовая инсоляция, кВтч/м ² | |
|--------------------|---|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|--|---------|
| | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | | | Декабрь |
| 0° (гор.) | 46·10 ⁶ (12,8) | 147·10 ⁶ (40,7) | 327·10 ⁶ (90,8) | 444·10 ⁶ (123,3) | 486·10 ⁶ (135) | 620·10 ⁶ (172) | 578·10 ⁶ (160) | 377·10 ⁶ (104,7) | 243·10 ⁶ (67,5) | 163·10 ⁶ (45,3) | 67·10 ⁶ (18,6) | 34·10 ⁶ (9,4) | 3.54·10 ⁹ (980,1) | 81,68 |

Источник: составлено автором по: Мощность солнечного излучения. Среднемесячная полная инсоляция // Energy Wind. URL: <http://khd2.narod.ru/gratis/insolate.htm#MOSCOW> (дата обращения: 05.01.2023).

Оценка энергопотенциала рек Нидым, Нидымкан, Кандакан и Катарамба позволяет установить, что максимальной экономической эффективностью обладает створ № 5, расположенный на р. Нидым в 30 км выше ее устья и в 56 км от пгт. Тура. Из данных табл. 3.5 видно, что наиболее эффективным вариантом является размещение мини-ГЭС в створе № 5, которое позволит полностью покрыть и электрические, и тепловые нагрузки удаленных потребителей. При этом удельные капиталовложения на 1 кВт мощности составят 243,45 тыс. руб., на 1 кВтч выработки – 59,14 руб. Себестоимость получения электроэнергии составит 1,88 руб./кВтч. Срок окупаемости оценивается в 9,8 лет.

Анализ гидрологических характеристик водотоков на проектном этапе управления позволяет установить, что круглогодичное обеспечение электрической энергией возможно только при условии создания водохранилища сезонного регулирования стока, так как практически все малые водотоки в зимний период перемерзают и сток в них практически прекращается на период до 7 месяцев. Проведенное картографическое исследование свидетельствует о том, что в 15 км от устья р. Кандакан протекает на 60 м выше, чем р. Кочечум. Такие рельефные условия считаем благоприятными для строительства деривационной ГЭС.

**Технико-экономические и водноэнергетические показатели
для выбора гидроузла для мини-ГЭС**

| Наименование показателя | Створ-1 Кочечум | Створ-2 Кандакан | Створ-4 Нидым | Створ-5 Нидым | Створ-6 Нидым |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Абсолютные показатели | | | | | |
| Установленная мощность, МВт | 36 | 20 | 36 | 36 | 36 |
| Годовая выработка, млн кВтч | 148,19 | 67,36 | 148,19 | 148,19 | 148,20 |
| Капиталовложения млн руб. | 13744,27 | 9389,40 | 10628,49 | 8764,37 | 9120,62 |
| Удельные показатели | | | | | |
| Инвестиции на 1 кВт, тыс. руб. | 381,79 | 909,03 | 295,24 | 243,45 | 253,35 |
| Инвестиции на 1 кВтч, руб. | 92,74 | 139,36 | 71,72 | 59,14 | 61,54 |

Источник: составлено автором по: Материалы рекогносцировочного обследования створов ГЭС, выполненного институтом «Красноярскгидропроект» КФ ЗАО «Сибирский ЭНТЦ» в июле 2012 г.

В связи с тем, что система электроснабжения пгт. Тура изолирована от централизованного электроснабжения и параметры ГЭС должны рассчитываться с учетом возможности полного покрытия графика потребления электрических нагрузок пгт. Тура, водно-энергетический расчет целесообразно проводить балансовым методом. Для гарантированного обеспечения покрытия графика электрических нагрузок в основе расчета лежит максимальный объем потребления в течение нескольких предыдущих лет. На основе результатов изучения рынка потребителей электрической и тепловой энергии пгт. Тура можно определить основные параметры водохранилища проектируемой мини-ГЭС на р. Кандакан (Приложение В, табл. В-1). В процессе проведения водно-энергетического расчета установлено, что в летний период (июнь–август) имеется возможность получения дополнительной выработки в объеме 13,26 млн кВтч, в том числе 8,4 млн кВтч гарантированной выработки.

Определение состава, технических характеристик, оптимальных вариантов конструкции и расположения основных сооружений ГЭС (головной гидроузел, деривация, стационарный узел, отводящий тракт здания ГЭС) (Приложение В,

табл. В-2) позволяет составить план основных объемов строительно-монтажных работ (СМР) с головным гидроузлом в створах № 1 и № 2 и по трем вариантам конструкции плотины (Приложение В, табл. В-3), перечень подсобно-вспомогательных предприятий (Приложение В, табл. В-4), а также определить потребность в энергетических (Приложение В, табл. В-5) и трудовых ресурсах для реализации этапа проведения СМР по проекту.

При строительстве мини-ГЭС на р. Кандакан считаем целесообразным применение вахтового метода, что подтверждается следующими аргументами: необеспеченностью трудовыми ресурсами в местах проведения работ; высокими темпами работ, необходимостью сокращения сроков строительства; значительной удаленностью объектов от места расположения строительных организаций и постоянного проживания работников. Обеспечение расчетного количества работников предусматривается за счет привлеченных работников (60%) и работников, набранных среди местных жителей района (40%). Численность работающих, занятых в строительстве (223 чел.), определяется на основе годового объема строительно-монтажных работ, планируемой среднегодовой выработки на 1 работающего и продолжительности строительства:

$$K = C/B, \quad (3.1)$$

где C – общий объем строительно-монтажных работ в наиболее напряженный год строительства (2022 г.);

B – плановая выработка на 1 человека.

Обеспечение работников привлеченных организаций жильем предусматривается за счет строительства временного поселка.

С точки зрения оценки уровня экологической безопасности, при выборе инновационной системы энергоснабжения удаленных пользователей важно определить современное экологическое состояние региона, выявив возможное влияние реализуемого проекта на основные природные сообщества (флору, фауну, ихтиофауну, почву).

По данным Британской гидроэнергетической ассоциации¹³⁷, а также по результатам работы Круглого стола «Развитие гидроэнергетики в Российской Федерации: перспективы, проблемные вопросы», проведенного Комитетом Государственной Думы по энергетике в июле 2018 г.¹³⁸, малые гидроузлы наилучшим образом соответствуют основным критериям экологической оптимальности – удовлетворяют потребности человека при минимальном воздействии на окружающую среду в силу следующих обстоятельств:

- создание малых ГЭС вместо небольших электростанций позволяет существенно оздоровить воздушный бассейн;
- площади затоплений и подтоплений относительно небольшие;
- мини-ГЭС значительно более безопасны для природы и человека по сравнению с другими видами энергообъектов;
- мелководные и небольшие по объему водохранилища мини-ГЭС не препятствуют процессам водообмена, способствуют перемещению водных масс и их аэрации;
- мини-ГЭС не провоцируют землетрясений, не требуют переселения людей, не нарушают охотничьих угодий и не вносят изменений в образ жизни коренных малочисленных народов.

Результаты анализа экологических критериев и современного состояния ареала обитания природных сообществ в регионе строительства (Приложение В, табл. В-6) позволяет заключить, что Туринская мини-ГЭС по воздействию на окружающую среду отвечает критериям оптимальности малой гидроэнергетики. При достаточном изучении факторов воздействия на окружающую среду Туринской ГЭС и разработке экологических мероприятий можно достигнуть минимизации воздействия и обеспечить социальное одобрение проекта местным сообществом.

¹³⁷ A Guideto UK mini-hydrodevelopment v3.0 // The British Hydropower Association, 2012. URL: <http://www.british-hydro.org/wp-content/uploads/2018/03/A-Guide-to-UK-mini-hydro-development-v3.pdf> (дата обращения: 24.01.2023).

¹³⁸ Комитет Государственной Думы по энергетике провел Круглый стол на тему: «Развитие гидроэнергетики в Российской Федерации: перспективы, проблемные вопросы» // Комитет Государственной Думы по энергетике. 02.07.2018. URL: <http://www.komitet2-13.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/16452101> (дата обращения: 22.01.2023).

Для расчета экономических параметров на проектом этапе стадии создания объекта генерации следует учесть объемы основных СМР и определить сметную стоимость строительства. Она рассчитывается на основе «Методики определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации» МДС81-35.2004¹³⁹ и соответствующих нормативов (федеральные сборники сметных цен на материалы, перевозку грузов, единичных расценок на строительные и монтажные работы, прайс-листы на материалы и оборудование и др.). Стоимость основного и вспомогательного гидросилового и электросилового оборудования установлена согласно представленным предложениям от компаний, производящих гидросиловое оборудование для малых ГЭС (Andritz, Kosler, Mavel). Стоимость гидромеханического оборудования определяется по аналогам. Накладные расходы принимаются по видам работ от фонда оплаты труда в соответствии с МДС81-33.2004. Плановые накопления рассчитываются по видам работ – от фонда оплаты труда в соответствии с МДС81-25.2001.

Для энергоснабжения пгт. Тура были рассмотрены 2 варианта расположения головного гидроузла и 3 варианта конструкции плотины. Деривационная схема, здание ГЭС и схема выдачи мощности для всех рассмотренных вариантов выбрана идентичная. Основные технико-экономические показатели для оценки вариантов проектирования створов мини-ГЭС представлены в табл. 3.6.

Учитывая тот факт, что ни один из рассматриваемых вариантов не имеет явных преимуществ с технической точки зрения, можно сделать вывод, что наиболее эффективным является вариант с минимальной ценой. В этом случае удельные капиталовложения на 1 кВт мощности составят 495,18 тыс. руб., на 1 кВтч выработки – 79,35 руб.

При определении эксплуатационных издержек на проектом этапе управления проектом энергоснабжения будем исходить из того, что мини-ГЭС планируется эксплуатировать в автоматическом режиме с минимальной численностью персонала (не более 17 человек).

¹³⁹ Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации МДС 81-35.2004 (введена в действие постановлением Госстроя России от 05.03.2004 № 15/1). URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294813/4294813158.htm> (дата обращения: 22.01.2023).

**Основные технико-экономические показатели
для оценки вариантов проектирования створов мини-ГЭС**

| Наименование показателя | Створ-2 – плотина с ядром из суглинка | Створ-2 – плотина с диафрагмой из глинобетона | Створ-2 – плотина с экраном из геомембраны | Створ-1 – плотина с ядром из суглинка | Створ-1 – плотина с диафрагмой из глинобетона | Створ-1 – плотина с экраном из геомембраны |
|--------------------------------|--|--|---|--|--|---|
| Абсолютные показатели | | | | | | |
| Установленная мощность, МВт | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 |
| Годовая выработка, млн кВтч | 49,19 | 49,19 | 49,19 | 49,19 | 49,19 | 49,19 |
| Капиталовложения, млн руб. | 4519,63 | 4980,74 | 4227,64 | 4116,11 | 4649,82 | 3903,02 |
| Удельные показатели | | | | | | |
| Инвестиции на 1 кВт, тыс. руб. | 531,72 | 585,97 | 497,37 | 484,25 | 547,04 | 495,18 |
| Инвестиции на 1 кВтч, руб. | 91,88 | 101,26 | 85,95 | 83,68 | 94,53 | 79,35 |

Источник: составлено автором.

Заработная плата определяется прямым счетом на базе численности и среднемесячной заработной платы персонала. Среднемесячная заработная плата на момент ввода объекта в эксплуатацию оценивается в размере 9,3 млн руб. Социальные отчисления определяются прямым счетом от заработной платы с учетом отчислений на обязательное страхование от несчастных случаев и профзаболеваний.

В состав поставки основного гидросилового оборудования входит комплект запасных частей и расходных материалов на первые 10 лет эксплуатации, поэтому затраты на приобретение запасных частей учтены только для вспомогательного оборудования. Суммарные затраты, относимые на себестоимость продукции, составят на момент ввода ГЭС в эксплуатацию 67,8 млн руб.

Себестоимость продукции на момент ввода в эксплуатацию составит 1,93 руб. за 1 кВтч (табл. 3.7).

**Основные финансово-экономические показатели
проекта энергоснабжения удаленных потребителей в Красноярском крае**

| Показатель | Единица измерения | Значение |
|--|-------------------|----------|
| Установленная мощность | МВт | 9,0 |
| Годовой выпуск электроэнергии: для обеспечения электроснабжения пгт. Тура | млн кВтч | 28,42 |
| для частичного теплоснабжения пгт. Тура | млн кВтч | 7,51 |
| дополнительная летняя выработка | млн кВтч | 13,26 |
| Общий объем финансирования проекта | млн руб. | 3903,02 |
| Затраты на производство продукции в 2024 г. | млн руб. | 67,8 |
| Удельные капиталовложения на единицу мощности | тыс. руб. | 495,18 |
| Удельные капиталовложения на единицу продукции | руб. | 79,35 |
| Удельные ежегодные издержки на производство единицы продукции в 2024 г. | руб. | 1,93 |

Источник: составлено автором.

С целью прогнозирования финансово-экономических показателей и оценки экономической целесообразности реализации проекта рассчитаем финансовую модель проекта строительства Туринской мини-ГЭС для энергоснабжения удаленных потребителей пгт. Тура в Красноярском крае. Для расчетов используются возможности пакета MS Excel (2016). На основе общих экономических параметров и условий, принятых в расчетах (Приложение В, табл. В-7), определена программа производства и реализации энергии (Приложение В, табл. В-8), объем инвестиционных затрат в строительство (Приложение В, табл. В-9), суммарная потребность в инвестициях (Приложение В, табл. В-10); произведена калькуляция амортизационной составляющей издержек (Приложение В, табл. В-11), операционных издержек и себестоимости (Приложение В, табл. В-12).

Проект инициируется в 2018 г. В том же году начинается этап предпроектной подготовки, который завершается в конце 2018 г., после чего стартует проектный этап. До 2020 г. включительно длится разработка проектной документации, проводится согласование инженерно-технических решений с заказчиком, осуществляются процедуры получения разрешительных документов на строительство. Проведение СМР планируется завершить в 5-летний срок (с 2021 по

2025 г.), в 2026 г. объект вводится в эксплуатацию. Максимальный ожидаемый срок полезного использования гидросилового и электромеханического оборудования (период нормальной эксплуатации) составляет 50 лет, но он может быть сокращен в зависимости от степени изношенности установки¹⁴⁰. Расчетный тариф на электроэнергию принят в размере 40 руб./кВтч, ставка дисконтирования – 11%. Гарантированная выработка электроэнергии для покрытия электрических нагрузок пгт. Тура составит 28,42 млн кВтч, дополнительная выработка для покрытия тепловых нагрузок – 7,51 млн кВтч, дополнительная летняя выработка – 13,26 млн кВтч. Расход электроэнергии на собственные нужды принят в объеме 0,719 млн кВтч, объем реализации электроэнергии на теплоснабжение поселка составит 6,791 млн кВтч. В начальных условиях проектирования инфляция затрат на строительство зафиксирована на уровне 4,9%, издержек на выплату заработной платы – 5,5%; ставки НДС и налога на прибыль составляют 18 и 15,5% соответственно.

На базе данных об операционных издержках и инвестиционных нуждах определяется структура и объем источников финансирования потребностей в капитале (Приложение В, табл. В-13), рассчитываются плановые выплаты процентов и основного долга.

Совокупная потребность в инвестициях в объеме 3950,03 млн руб. будет покрыта за счет собственных средств (акционерного капитала) в размере 750,216 млн руб. и заемных средств (банковских кредитов) в объеме 7142,426 млн руб. Удельный вес собственных средств в структуре капитала составит 9,51%. Кредитные средства будут получены в виде 6 траншей в период с 2019 по 2027 г. (табл. 3.8). Суммы выплат и график погашения долга смоделированы в соответствии с денежным потоком, чтобы в полном объеме обеспечить инвестиционные потребности.

¹⁴⁰ Жильцо, С.А. Управление сроками проектов строительства систем энергоснабжения удаленных потребителей // Инженерные системы – 2020: труды Научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию Российского университета дружбы народов: в 2 т. / под общ. ред. М.Ю. Мальковой. М., 2020. С. 140–147.

Условия получения банковских кредитов для строительства объекта энергоснабжения удаленных потребителей в Красноярском крае

| Год получения кредита | Сумма кредита, млн руб. | Срок погашения | Процент по кредиту, % | Периодические выплаты, млн руб. |
|-----------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| 2019 | 177,899 | 5 лет | 11 | 48,134 |
| 2020 | 446,018 | 5 лет | 11 | 120,679 |
| 2021 | 1362,001 | 5 лет | 11 | 368,517 |
| 2022 | 1895,765 | 5 лет | 11 | 512,938 |
| 2023 | 1731,654 | 5 лет | 11 | 468,534 |
| 2024 | 656,537 | 5 лет | 11 | 177,639 |
| 2025 | 493,487 | 5 лет | 11 | 133,523 |
| 2026 | 373,466 | 5 лет | 11 | 101,049 |
| 2027 | 5,599 | 5 лет | 11 | 1,515 |
| Всего | 7142,426 | 5 лет | 11 | 48,134 |

Источник: составлено автором.

Для калькуляции аннуитетов по погашению банковских траншей используется метод погашения долга равными срочными выплатами:

$$A = C \frac{r \cdot (1+r)^t}{(1+r)^t - 1}, \quad (3.2)$$

где r – ставка, %;

t – срок погашения кредита;

C – сумма кредита;

A – выплаты по кредиту.

Выполнение сроков будет свидетельствовать о своевременном восполнении производственных запасов для реализации проекта на всех этапах, а также об эффективном управлении оборотными средствами и качественном исполнении платежной дисциплины.

Средние показатели оборачиваемости оборотных активов проекта энергоснабжения удаленных потребителей в Красноярском крае представлены в табл. 3.9.

Средние показатели оборачиваемости оборотных активов проекта энергоснабжения удаленных потребителей в Красноярском крае

| Показатель | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | 2025 г. | 2026 г. | 2027 г. | 2028 г. | 2029 г. | 2030 г. |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Средний период расчета с дебиторами, дней | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Средний период возобновления запасов, дней | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Средний период возобновления запасов вспомогательных средств, дней | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Период оборачиваемости денежных средств, дней | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

Источник: составлено автором.

Итоговые показатели финансовой эффективности инвестиций и оценки финансового состояния проекта (Приложение В, табл. В-14) свидетельствуют о том, что его реализация является экономически целесообразной. Финансовые показатели указывают на его достаточно высокую финансовую устойчивость (табл. 3.10).

Средние значения коэффициентов ликвидности (65%), финансовой автономии (28,5%), покрытия постоянных издержек (17,4%) на всех стадия жизненного цикла проекта говорят об устойчивом финансовом положении проекта, способности инвесторов выполнять принимаемые на себя финансовые обязательства. Среднее значение коэффициента рентабельности реализованной продукции на уровне 80% при нулевой запланированной инфляции тарифов на электро- и теплоэнергию свидетельствует о высокой финансовой эффективности проекта, низкой себестоимости генерируемой энергии из альтернативного источника.

**Финансовые показатели проекта энергоснабжения удаленных потребителей
в Красноярском крае**

| Показатель | Год | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| Рентабельность реализованной продукции, % | – | – | – | – | 79,82 | 79,77 | 79,71 | 79,66 | 79,60 | 79,53 | 79,47 |
| Коэффициент ликвидности | – | – | – | – | 17,03 | 120,62 | 22,13 | 22,11 | 22,08 | 91,88 | 156,12 |
| Коэффициент финансовой автономии (отношение акционерного капитала к заемному) | 0,22 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,22 | 0,32 | 0,59 | 1,75 | 103,54 | 103,39 | 103,24 |
| Коэффициент покрытия постоянных издержек | – | – | – | – | 18,05 | 17,85 | 17,66 | 17,45 | 17,24 | 17,02 | 16,79 |

Источник: составлено автором. Значения показателей за 2023–2030 гг. указаны прогнозные.

Первое получение чистого денежного потока ожидается в 2024 г. в размере 747,735 млн руб., однако дисконтированное значение данного показателя достигнет только 399,77 млн руб. В то же время чистый приток денежных средств перекроет отрицательные денежные потоки предыдущих лет только в 2028 г.

Ожидаемый дисконтированный чистый денежный поток нарастающим итогом в этот период составит 33,328 млн руб. и затем будет непрерывно увеличиваться (рис. 3.1).

Анализ показателей финансовой эффективности инвестиций в проект и его финансовых результатов свидетельствует об общей высокой эффективности вложения средств (табл. 3.11). Внутренняя норма доходности по проекту (31,9%) значительно превышает значения данного показателя в разных странах мира. Так, в Таиланде срок окупаемости проекта строительства ГЭС (9 МВт) составляет 20,9 лет¹⁴¹, в Камеруне – 7 лет¹⁴².

¹⁴¹ Jaipradidtham Ch. Investment cost analysis for electricity generation with renewable energy and measurement of water pressure from weir to water conservation of small hydropower project // International Journal of Smart Grid and Clean Energy. 2017, January. Vol. 6. № 1. URL: <http://www.ijsgce.com/uploadfile/2017/0301/20170301122836268.pdf> (дата обращения: 23.01.2023).

¹⁴² Там же.



Рис. 3.1. Показатели финансовой эффективности инвестиций и оценки финансового состояния проекта энергоснабжения удаленных потребителей в пгт. Тура Красноярского края

Источник: составлено автором.

Таблица 3.11

Показатели финансовой эффективности инвестиций и оценки финансового состояния проекта энергоснабжения удаленных потребителей в Красноярском крае

| Показатель | Значение |
|---|----------|
| Чистый дисконтированный доход, млн руб. | 1 953,49 |
| Внутренняя норма доходности, % | 31,89 |
| Индекс доходности, % | 4,72 |
| Срок окупаемости, лет | 8,8 |
| Срок окупаемости с учетом дисконтирования денежных потоков, лет | 9,8 |

Источник: составлено автором.

Внутренняя норма доходности проектов гидроэнергетики в Таиланде составляет 9,45%, Китае – 13%¹⁴³, Великобритании – 18%¹⁴⁴. Срок окупаемости

¹⁴³ China Investment Guide: The World's Best Hydro Returns // Forbes. – 08.01.2011. URL: <https://www.forbes.com/sites/russellflannery/2011/02/08/2011-china-investment-guide-the-worlds-best-hydro-returns/#33a8a51f6ee5> (дата обращения: 23.01.2023).

¹⁴⁴ What would the hydro return on investment be? // Renewables First. URL: <https://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learning-centre/what-would-the-return-on-investment-be> (дата обращения: 23.01.2023).

9,8 лет рассматриваемого проекта находится в пределах среднемирового отраслевого значения данного показателя.

Итак, результаты проведенного анализа критериального пространства для выбора системы энергоснабжения удаленных потребителей на основе инновационных технологий на примере проекта строительства мини-ГЭС на р. Кандакан в пгт. Тура Красноярского края свидетельствуют о целесообразности реализации проекта и его высокой рентабельности.

Полученные итоговые показатели указывают на достаточную финансовую устойчивость проекта при заданных исходных параметрах, относительно низкий уровень экологического риска для местных природных сообществ, а также на значительный технический потенциал генерации на гидроэнергии.

Анализ скоростей ветра и уровней инсоляции в районе пгт. Тура показал, что применение ветровых и солнечных электростанций в данной местности не эффективно. В связи с этим в контексте предметного раскрытия сущности предложенной математической модели, необходимой для определения и сравнения стоимостей капитальных затрат на строительство генерирующих объектов на базе различных видов ВИЭ, считаем необходимым произвести апробацию модели на основе реализации проектов ВИЭ для обеспечения должного уровня производства электроэнергии для других удаленных территорий Красноярского края.

На основании данных, полученных по состоянию на 2016, 2017 и 2018 гг., рассчитаем прогнозную стоимость капитальных затрат на строительство генерирующих объектов на базе ВИЭ в 2020 г. для 3 районов Красноярского края. Для анализа было принято решение взять Енисейский, Мотыгинский и Эвенкийский районы, на территории которых рассматриваются варианты реализации подобных проектов.

Для сравнения полученных результатов произведем подробный расчет капитальных затрат на строительство генерирующих объектов на базе ВИЭ на основании данных 2020 г. В табл. 3.12 представлены показатели и результаты в рамках расчета прогнозных значений на 2020 г. и сравнительного анализа

капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС) отдельных удаленных территорий Красноярского края.

Таблица 3.12

**Показатели и результаты в рамках расчета прогнозных значений на 2020 г.
и сравнительного анализа капитальных затрат на строительство ВИЭ
в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС)
отдельных удаленных территорий Красноярского края**

| Территория | Год, на основании данных за который делался прогноз | Вид ВИЭ | Прогнозная потребность в электроэнергии в 2020 г., кВт в год | ПВКЗ, тыс. руб. за 1 кВт | ИИ, % | КК, % | Прогнозная стоимость, млрд руб. |
|-----------------|---|---------|--|--------------------------|--------|-------|---------------------------------|
| Енисейский р-н | 2016 | ВЭС | 41 742 | 121,4 | 1,0538 | 1,1 | 5,87 |
| | | ГЭС | | 174,2 | 1,0538 | 1,1 | 8,43 |
| | | СЭС | | 112,1 | 1,0538 | 1,1 | 3,39 |
| | 2017 | ВЭС | 42 594 | 97,5 | 1,0252 | 1,1 | 4,68 |
| | | ГЭС | | 173,9 | 1,0252 | 1,1 | 8,35 |
| | | СЭС | | 91,7 | 1,0252 | 1,1 | 4,00 |
| | 2018 | ВЭС | 43 464 | 69,2 | 1,0427 | 1,1 | 3,45 |
| | | ГЭС | | 174,4 | 1,0427 | 1,1 | 8,69 |
| | | СЭС | | 64,3 | 1,0427 | 1,1 | 3,21 |
| Мотыгинский р-н | 2016 | ВЭС | 25 115 | 121,4 | 1,0538 | 1,1 | 3,53 |
| | | ГЭС | | 174,2 | 1,0538 | 1,1 | 5,07 |
| | | СЭС | | 112,1 | 1,0538 | 1,1 | 3,26 |
| | 2017 | ВЭС | 25 628 | 97,5 | 1,0252 | 1,1 | 2,82 |
| | | ГЭС | | 173,9 | 1,0252 | 1,1 | 5,03 |
| | | СЭС | | 91,7 | 1,0252 | 1,1 | 2,65 |
| | 2018 | ВЭС | 26 151 | 69,2 | 1,0427 | 1,1 | 2,08 |
| | | ГЭС | | 174,4 | 1,0427 | 1,1 | 5,23 |
| | | СЭС | | 64,3 | 1,0427 | 1,1 | 1,93 |
| Эвенкийский р-н | 2016 | ВЭС | 27 915 | 121,4 | 1,0538 | 1,1 | 3,93 |
| | | ГЭС | | 174,2 | 1,0538 | 1,1 | 5,64 |
| | | СЭС | | 112,1 | 1,0538 | 1,1 | 3,63 |
| | 2017 | ВЭС | 28 485 | 97,5 | 1,0252 | 1,1 | 3,13 |
| | | ГЭС | | 173,9 | 1,0252 | 1,1 | 5,59 |
| | | СЭС | | 91,7 | 1,0252 | 1,1 | 2,95 |
| | 2018 | ВЭС | 29 066 | 69,2 | 1,0427 | 1,1 | 2,31 |
| | | ГЭС | | 174,4 | 1,0427 | 1,1 | 5,81 |
| | | СЭС | | 64,3 | 1,0427 | 1,1 | 2,14 |

Источник: составлено автором.

В табл. 3.13 приведена численность населения рассматриваемых районов Красноярского края.

Население отдельных удаленных территорий Красноярского края

| № п/п | Территория | Численность населения, чел. |
|-------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | Енисейский р-н | 22 599 |
| 2 | Мотыгинский р-н | 13 597 |
| 3 | Эвенкийский р-н | 15 113 |

Источник: составлено автором.

Как можно увидеть из приведенных в табл. 3.13 данных, указанные районы наряду с удаленным расположением также обладают ограниченной численностью населения.

В рамках первой фазы математической модели сформируем показатели по среднему потреблению электроэнергии в 2019 г.:

- 1) Российская Федерация – 7641,4 кВтч/чел.;
- 2) Сибирский федеральный округ – 12 023,8 кВтч/чел.;
- 3) Красноярский край – 23 608,8 кВтч/чел.

На основании предложенной математической модели, а также данных о численности населения территорий и среднем уровне потребления электроэнергии на человека произведем расчет индекса потребления электроэнергии удаленных территорий Красноярского края.

$$I_{\text{пэ}} = 22599 \times \left(\frac{23608,8 + 12023,8 + 7641,4}{3} \right) \times 1,2; \quad (3.3)$$

$$I_{\text{пэ}} = 13597 \times \left(\frac{23608,8 + 12023,8 + 7641,4}{3} \right) \times 1,2; \quad (3.4)$$

$$I_{\text{пэ}} = 15113 \times \left(\frac{23608,8 + 12023,8 + 7641,4}{3} \right) \times 1,2. \quad (3.5)$$

Основываясь на вышеприведенных расчетах, сформируем итоговую таблицу потребностей в электроэнергии отдельных удаленных территорий Красноярского края на 2020 г. (табл. 3.14). По данным табл. 3.14 можно определить, что наиболее

высокий уровень потенциальной потребности в электроэнергии имеет Енисейский р-н, так как обладает наиболее высоким уровнем численности населения.

Таблица 3.14

Потребность в электроэнергии удаленных территорий Красноярского края, кВтч на 2020 г.

| № п/п | Территория | Потребность в электроэнергии, кВт ч |
|-------|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | Енисейский р-н | 391 179 650 |
| 2 | Мотыгинский р-н | 235 358 631 |
| 3 | Эвенкийский р-н | 261 599 985 |

Источник: составлено автором.

В рамках второй фазы авторской модели осуществим расчет и сравнительный анализ капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС) отдельных удаленных территорий Красноярского края.

На основании полученных данных определим точность предложенной модели для разных горизонтов планирования. Для расчета точности прогнозирования будем использовать взвешенную абсолютную процентную ошибку (Weighted Absolute Percent Error, WAPE), которая рассчитывается по формуле:

$$\text{Ошибка (WAPE)} = \frac{|\text{Факт} - \text{Прогноз}|}{\text{Факт}} \times 100\%. \quad (3.6)$$

Для определения точности прогнозирования необходимо рассчитать ошибку прогнозирования в процентах, а затем вычесть ее из 100%:

$$\text{Точность (\%)} = 100\% - \frac{|\text{Факт} - \text{Прогноз}|}{\text{Факт}} \times 100\%. \quad (3.7)$$

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что использование разработанной модели позволяет выбрать наиболее дешевый вид ВИЭ как в текущем, так и в будущем периоде времени. Все выборы вида ВИЭ, сделанные в 2016, 2017 и 2018 гг. на прогнозный период, оказались верны и были подтверждены на основании данных 2020 г.

При этом чем меньше период прогнозирования, тем точнее результат. Средняя точность прогноза, выполненного на основании данных, полученных за 4 года до определения фактических значений, составила 67,85%, за 3 года – 74,71%, за 2 года – 89,15%.

Среднее превышение фактических капитальных затрат над прогнозными составляет 5,8%.

По результатам анализа реализованных проектов строительства систем энергоснабжения удаленных потребителей среднее превышение фактических капитальных затрат составляет около 10%.

Проведенные расчет и анализ дают возможность определить, что в современных условиях развития национальной экономики для каждой территории необходимо производить выбор наиболее экономически выгодных видов ВИЭ. Предложенная модель позволяет выполнить это с приемлемой точностью.

Показатели и результаты в рамках расчета и сравнительного анализа капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС) отдельных удаленных территорий Красноярского края представлены в табл. 3.15.

Таблица 3.15

Показатели и результаты в рамках расчета и сравнительного анализа капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС) отдельных удаленных территорий Красноярского края

| Территория | Вид ВИЭ | Потребность в электроэнергии, кВт в год | ПВКЗ, тыс. руб. за 1 кВт | ИИ,% | КК,% | Итоговая стоимость, млрд руб. |
|-----------------|---------|---|--------------------------|--------|------|-------------------------------|
| Енисейский р-н | ВЭС | 45 275 | 64,9 | 1,0332 | 1,1 | 3,34 |
| | ГЭС | | 175,9 | 1,0332 | 1,1 | 9,05 |
| | СЭС | | 49,8 | 1,0332 | 1,1 | 2,56 |
| Мотыгинский р-н | ВЭС | 27 241 | 64,9 | 1,0332 | 1,1 | 2,01 |
| | ГЭС | | 175,9 | 1,0332 | 1,1 | 5,45 |
| | СЭС | | 49,8 | 1,0332 | 1,1 | 1,54 |
| Эвенкийский р-н | ВЭС | 30 278 | 64,9 | 1,0332 | 1,1 | 2,23 |
| | ГЭС | | 175,9 | 1,0332 | 1,1 | 6,05 |
| | СЭС | | 49,8 | 1,0332 | 1,1 | 1,71 |

Источник: составлено автором.

Оценка точности расчетов капитальных затрат на строительство ВИЭ в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС) отдельных удаленных территорий Красноярского края представлена в табл. 3.16.

Таблица 3.16

**Оценка точности расчетов капитальных затрат на строительство ВИЭ
в рамках 3 ключевых типов (СЭС, ВЭС, мини-ГЭС)
отдельных удаленных территорий Красноярского края**

| Территория | Год, на основании данных за который делался прогноз | Вид ВИЭ | Прогнозная стоимость, млрд руб. | Итоговая стоимость, млрд руб. | Ошибка, % | Точность, % | Средняя точность |
|-----------------|---|---------|---------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------|------------------|
| Енисейский р-н | 2016 | ВЭС | 5,87412 | 3,34 | 75,87 | 24,13 | 61,65 |
| | | ГЭС | 8,42893 | 9,05 | 6,86 | 93,14 | |
| | | СЭС | 3,38705 | 2,56 | 32,31 | 67,69 | |
| | 2017 | ВЭС | 4,68333 | 3,34 | 40,22 | 59,78 | 65,22 |
| | | ГЭС | 8,35313 | 9,05 | 7,70 | 92,30 | |
| | | СЭС | 4,0043 | 2,56 | 56,42 | 43,58 | |
| | 2018 | ВЭС | 3,44975 | 3,34 | 3,29 | 96,71 | 89,19 |
| | | ГЭС | 8,69417 | 9,05 | 3,93 | 96,07 | |
| | | СЭС | 3,20548 | 2,56 | 25,21 | 74,79 | |
| Мотыгинский р-н | 2016 | ВЭС | 3,53429 | 3,34 | 5,82 | 94,18 | 74,25 |
| | | ГЭС | 5,07145 | 9,05 | 43,96 | 56,04 | |
| | | СЭС | 3,26355 | 2,56 | 27,48 | 72,52 | |
| | 2017 | ВЭС | 2,81787 | 3,34 | 15,63 | 84,37 | 78,79 |
| | | ГЭС | 5,02592 | 9,05 | 44,46 | 55,54 | |
| | | СЭС | 2,65024 | 2,56 | 3,53 | 96,47 | |
| | 2018 | ВЭС | 2,07561 | 2,01 | 3,26 | 96,74 | 89,16 |
| | | ГЭС | 5,23103 | 5,45 | 4,02 | 95,98 | |
| | | СЭС | 1,92864 | 1,54 | 25,24 | 74,76 | |
| Эвенкийский р-н | 2016 | ВЭС | 3,92832 | 3,34 | 17,61 | 82,39 | 67,66 |
| | | ГЭС | 5,63685 | 9,05 | 37,71 | 62,29 | |
| | | СЭС | 3,62739 | 2,56 | 41,69 | 58,31 | |
| | 2017 | ВЭС | 3,132 | 3,34 | 6,23 | 93,77 | 80,14 |
| | | ГЭС | 5,58621 | 9,05 | 38,27 | 61,73 | |
| | | СЭС | 2,94569 | 2,56 | 15,07 | 84,93 | |
| | 2018 | ВЭС | 2,30698 | 2,23 | 3,45 | 96,55 | 89,10 |
| | | ГЭС | 5,81412 | 6,05 | 3,90 | 96,10 | |
| | | СЭС | 2,14362 | 1,71 | 25,36 | 74,64 | |

Источник: составлено автором.

На практике системы энергоснабжения удаленных потребителей зачастую имеют гибридное исполнение, когда выработка электрической энергии производится от нескольких источников энергии разного вида. Приведенная методика расчета применима и для гибридных систем электроснабжения. В качестве основного источника энергии выбирается тот вид ВИЭ, который имеет минимальные капитальные затраты, а в качестве резервного источника энергии – либо второй по стоимости вид ВИЭ, либо электростанции на базе ископаемых видов топлива (дизельные, газовые и т.п.).

Выбор резервного источника питания производится с учетом стоимости, надежности, экологичности и других требований заказчика.

3.2 Управление стадиями эксплуатации и ликвидации системы автономного энергообеспечения в Красноярском крае

Введению построенной МГЭС в эксплуатацию должна предшествовать строгая процедура соблюдения регламентов, закрепленных в Гражданском и Градостроительном кодексах Российской Федерации, а также других нормативно-правовых документах.

Наряду со стандартизированным набором процедур, установленных для приемки/передачи строительного объекта, ввод в эксплуатацию объекта энергогенерации на основе водных ресурсов предполагает проведение пробных запусков основного и вспомогательного гидросилового оборудования. Результаты испытаний подводной части гидротехнических сооружений должны быть задокументированы в акте, который подписывает назначенная заказчиком приемочная комиссия, давая, таким образом, согласие на затопление котлована. Тестирование оборудования призвано, в первую очередь, проверить соответствие проектной документации и созданного объекта строительным и техническим нормам и требованиям, оценить качество выполненных работ, выявить и задокументировать недостатки строительства (в случае их наличия).

После подписания акта приемочной комиссии о соответствии построенного объекта регламентам и проектной документации застройщик на основании заявления и установленного пакета документов получает от государственного органа исполнительной власти разрешение на ввод МГЭС в эксплуатацию.

Управление МГЭС на стадии эксплуатации включает управление персоналом, техническим обслуживанием, финансовыми показателями и результатами деятельности. Задачи и процессы управления технически сложной системой производства электроэнергии из энергии воды на всех этапах жизненного цикла объекта взаимосвязаны. Функции специалистов, принимающих участие на этапах предпроектной, проектной подготовки, строительства, эксплуатации и ликвидации, могут пересекаться¹⁴⁵. Например, инженерно-техническое проектирование объекта возможно при участии специалиста по оперативному управлению, который будет курировать работу МГЭС на этапах эксплуатации и технического обслуживания. Выполнение этих задач связано с сотрудничеством с инженерами-проектировщиками станции и менеджером инновационного гидроэнергетического проекта¹⁴⁶.

Оперативное управление на стадии эксплуатации жизненного цикла МГЭС предполагает решение следующих задач¹⁴⁷:

- *в области оперативно-технического управления:*
 - постановка целей, задач и приоритетов при проведении полевых работ по техническому обслуживанию МГЭС;
 - разработка процессов и процедур для оперативной работы станции, включая переход от стадии строительства к стадии коммерческой эксплуатации объекта;
 - контроль и учет ежедневных операций, связанных с эксплуатацией объекта, в том числе составление ежедневных, еженедельных и ежемесячных отчетов о производительности энергогенерирующего оборудования;

¹⁴⁵ Чейз Р.Б., Аквилло Н.Дж., Джейкобз Р. Производственный и операционный менеджмент. М.: Вильямс, 2018. 1094 с.

¹⁴⁶ Ерахтин Б.М., Ерахтин В.М. Строительство гидроэлектростанций в России: учебно-справочное пособие для вузов и инженеров-гидростроителей. М.: АСВ, 2018. 733 с.

¹⁴⁷ Стивенсон В.Дж. Управление производством: учебное пособие / пер. с англ. М.: БИНОМ, 2002. 927 с.; Томас Р. Количественные методы анализа хозяйственной деятельности / пер. с англ. М.: Дело и Сервис, 1999. 428 с.; Чейз Р.Б., Эквилайн Н.Дж., Якобс Р.Ф. Производственный и операционный менеджмент / пер. с англ. М.: Вильямс, 2004. 704 с.

- управление службой гарантийного ремонта или замены оборудования;
- заказ деталей, инструментов и оборудования, необходимых для обслуживания, восстановления или улучшения производительности МГЭС;
- надзор за техническим обслуживанием оборудования и конструкций рабочей площадки, таких как подстанции, ЛЭП, гидросиловое оборудование, механическое оборудование, плотина, водосброс, водоприемник, деривация, турбинные водоводы и др.;
- предоставление технической поддержки клиентам, сотрудникам и субподрядчикам;
 - *в области управления персоналом:*
 - поиск и наем сотрудников, подрядчиков и субподрядчиков;
 - обучение или координация рабочих;
 - мониторинг и ведение реестра работы турбины, фиксирование информации о таких параметрах, как производительность площадки, время простоя, использование запчастей, чрезвычайные события на подстанциях и т.д.;
 - ведение реестра рабочих заданий, составление актов инвентаризации и других документов;
 - рассмотрение, согласование и утверждение договоров, связанных с функционированием объекта энергоснабжения;
 - *в области финансового управления:*
 - оценка расходов, связанных с эксплуатацией, включая ремонт и профилактическое обслуживание;
 - составление оперативных бюджетов для проведения полевых работ по техническому обслуживанию МГЭС;
 - обеспечение и контроль исполнения финансово-платежной дисциплины (своевременность и полнота выплаты зарплаты, уплаты налогов, погашения банковских кредитов и кредиторской задолженности поставщикам);
 - своевременное предоставление финансовой и налоговой отчетности в государственные контролирующие органы;

- составление управленческой отчетности для учредителей;
- *в области управления коммуникациями:*
 - поддержание своевременной эффективной коммуникации с руководством, инвесторами, клиентами, финансовыми учреждениями, собственниками земли, государственными контролирующими органами, коммунальными службами и жителями;
 - анализ причин неэффективной коммуникации;
 - поиск путей повышения эффективности коммуникации между участниками рабочей команды МГЭС, а также коммуникации с внешними заинтересованными сторонами;
 - внедрение современных средств коммуникации в бизнес-процессы;
- *в области управления качеством и безопасностью:*
 - проведение постоянного мониторинга и анализа метрик качества энергоснабжения потребителей;
 - внедрение стандартов качества и средств контроля за проведением полевых работ (например, планы контроля качества, графики проведения полевых работ, мероприятия по сокращению негативного влияния человеческого фактора и др.);
 - проведение аудита качества работы производственной площадки, анализ тенденций;
 - контроль сотрудников и субподрядчиков по вопросам обеспечения норм и стандартов безопасности;
 - решение вопросов безопасности и защиты окружающей среды;
 - поиск возможностей повышения производительности и эффективности работы МГЭС.

Эффективное решение перечисленных задач требует внедрения системы автоматизированного контроля и управления МГЭС, что позволяет максимизировать не только информативность и производительность, но и повысить рациональность использования водных ресурсов, оптимизировать процессы эксплуатации

гидросилового оборудования, обеспечить точность и своевременного проведения работ по техническому обслуживанию электростанции¹⁴⁸. Грамотно организованная система своевременного реагирования, основанная на автоматизированном режиме работы, позволит предотвратить выход из строя турбогенераторов (сигналы раннего реагирования), управляемой запорной арматуры и механизмов их регулирования¹⁴⁹. В то же время благодаря автоматической подстройке параметров можно оптимизировать режим работы МГЭС с учетом необходимой производительности станции и меняющихся погодных и сезонных условий¹⁵⁰. Кроме того, система дистанционного (диспетчерского) оперативного управления позволит исключить необходимость круглосуточного дежурства персонала на МГЭС, что снизит расходы на оплату труда обслуживающего персонала.

Диспетчерский центр подчиняется субъекту оперативно-диспетчерского управления, структурным подразделением которого он является¹⁵¹. Уполномоченный диспетчер отдает обязательные для исполнения команды (разрешения, распоряжения), изменяет эксплуатационное состояние или технологический режим работы МГЭС при помощи средств дистанционного управления и противоаварийной и режимной автоматики.

Данные, полученные при помощи измерительных датчиков, сенсоров и других устройств, передаются в диспетчерское управление (на оборудованное рабочее место диспетчера), сохраняются и накапливаются. Они служат базой для составления отчетов в табличной и графической формах, проведения управленческого анализа и принятия оперативных управленческих решений.

¹⁴⁸ Филиппова Т.А., Мисриханов М.Ш., Сидоркин Ю.М. Гидроэнергетика. Новосибирск: НГТУ, 2013. 620 с.

¹⁴⁹ Louie H. Off-Grid Electrical Systems in Developing Countries. Springer, 2019. 508 p.

¹⁵⁰ Wagner H.-J., Mathur J. Introduction to Hydro Energy Systems: Basics, Technology and Operation (Green Energy and Technology). Springer, 2011. 130 p.

¹⁵¹ Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 21.11.2022) «Об электроэнергетике» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502 (дата обращения: 01.02.2023); Правила оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 г. № 854 // Консультант.ру. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51028/99088e5104d_916ed1f489a33b85b26bf0b5f48a8/#dst100015 (дата обращения: 01.02.2023).

Мировой опыт функционирования малых и микро-гидроэлектростанций свидетельствует о том, что стоимость регулярных технических осмотров и ежегодного техобслуживания, как правило, не превышает 1–2% капитальных затрат¹⁵².

По мере старения оборудования оперативные затраты могут увеличиваться, так как может возникнуть необходимость замены запчастей, приобретения нового генератора, ремонта шлюзовых ворот и др. Однако такие дополнительные расходы не должны возникать, как минимум, в течение первых 10 лет работы МГЭС.

Несмотря на то что функционирование гидроэлектростанций обычно характеризуется относительно высокой надежностью, общепринятой практикой является страхование материального ущерба на случай пожара/взрыва и ущерба в результате наступления неблагоприятных природных обстоятельств (наводнений, паводков, штормов и др.)¹⁵³.

С целью оптимизации расходов на страхование недвижимого и движимого имущества МГЭС можно определить лимит страхового покрытия в пределах установленной граничной суммы компенсации ремонта по каждому виду имущества, подлежащего страхованию. Это позволит снизить страховой тариф по сравнению со стоимостью страхования, покрывающего полную рыночную стоимость имущества.

Учитывая достаточно высокий уровень преступности в Красноярском крае (12-е место в РФ в апреле 2019 г.¹⁵⁴), можно рекомендовать в качестве инструмента управления рисками страхование на случай нанесения материального ущерба противоправными действиями третьих лиц и/или оплату услуг дистанционной или физической охраны. Страхованию может также подлежать риск прерывания бизнеса вследствие потери прибыли, наступающий в результате пожара или нанесения материального ущерба.

¹⁵² A Guide to UK mini-hydro development v3.0 // The British Hydropower Association, 2012. URL: <http://www.british-hydro.org/wp-content/uploads/2018/03/A-Guide-to-UK-mini-hydro-development-v3.pdf> (дата обращения: 24.01.2023).

¹⁵³ A guide to UK mini-hydro developments // The British Hydropower Association. URL: <https://www.british-hydro.org/wp-content/uploads/2018/03/A-Guide-to-UK-mini-hydro-development-v3.pdf> (дата обращения: 24.01.2023).

¹⁵⁴ Показатели преступности России // Генеральная прокуратура РФ. Портал Правовой статистики. URL: http://crimestat.ru/offenses_rate (дата обращения: 12.02.2023).

Решение об использовании страховых или охранных услуг в качестве инструментов управления рисками принимается менеджером проекта в зависимости от инвестиционной стратегии собственников МГЭС: максимизация прибыли при повышенном риске или минимизация риска с потерей части прибыли вследствие направления части дохода на оплату страховых/охранных услуг.

На этапе износа и ликвидации МГЭС производится вывод объекта энергоснабжения из эксплуатации, подводятся итоги реализации проекта, проводится анализ результатов и эффективности проекта, контролируются сроки выполнения бюрократических процедур и т.д.

Для подготовки к подведению итогов реализации проекта используются результаты финансово-экономического анализа, расчета ключевых показателей эффективности, сравнения плановых и фактических значений ключевых показателей эффективности, анализа причин и факторов успеха/неуспеха проекта и т.д.¹⁵⁵.

После подведения итогов реализации проекта проводится учредительное собрание по вопросу ликвидации объекта, создается ликвидационная комиссия, осуществляется инвентаризация и оценка остаточной стоимости активов, погашаются обязательства перед заинтересованными сторонами в порядке степени их приоритетности согласно законодательству; составляются акты вывода имущества из эксплуатации и ликвидационный баланс.

После государственного оформления ликвидации предприятия важно проконтролировать процесс демонтажа объекта и сдачи вышедших из эксплуатации конструктивных элементов оборудования в утилизацию.

Технически этап ликвидации объекта энергоснабжения начинается с останова МГЭС, после чего производится подготовка технологического оборудования к выводу из эксплуатации. В частности, проводится технологическая экспертиза, оценка остаточной стоимости оборудования и объектов транспортной энергетической инфраструктуры, ремонт оборудования в случае принятия решения собственниками о его продаже перед ликвидацией станции.

¹⁵⁵ Жильцов С.А. Подходы к оценке эффективности проектов автономного энергоснабжения // Инновации и инвестиции. 2018. № 9. С. 120–122.

Срок завершения жизненного цикла МГЭС в пгт. Тура Красноярского края наступит ориентировочно в 2076 г., но в случае рабочего состояния оборудования может быть продлен по решению собственников.

Итак, раскрыт процесс управления стадиями эксплуатации и ликвидации системы автономного энергообеспечения в Красноярском крае.

Оперативное управление на стадии эксплуатации жизненного цикла МГЭС требует внедрения системы автоматизированного контроля и управления, которая позволяет:

- максимизировать информативность, производительность и рациональность использования водных ресурсов;

- оптимизировать процессы эксплуатации гидросилового оборудования; обеспечить точность и своевременность проведения работ по техническому обслуживанию электростанции; предотвратить выход из строя турбогенераторов (сигналы раннего реагирования), управляемой запорной арматуры и механизмов их регулирования;

- оптимизировать режим работы МГЭС с учетом необходимой производительности станции и меняющихся погодных и сезонных условий;

- исключить необходимость круглосуточного дежурства персонала на МГЭС, что снизит расходы на оплату труда обслуживающего персонала.

3.3. Разработка рекомендаций по повышению эффективности методического инструментария проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае

Проектное управление строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае требует оценки состояния этого процесса, т.е. определения качества, уровня и соответствия поставленным целям управления, а также выявления потенциала и перспектив развития. Целью данной

оценки выступает определение эффективности предложенного методического инструментария проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

Методологический аппарат оценки эффективности проектного управления централизованного электроснабжения получил научное обоснование и практическое применение, регламентирован соответствующими ГОСТами. В то же время методический инструментарий оценки проектного управления ИОЭУП на основе бинарного подхода не достаточно исследован в отечественной и зарубежной научной литературе. При этом оценка эффективности проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей имеет большое значение для России, где централизованное энергоснабжение используется в районах с высоким спросом на энергию и значительными нагрузками, а более 60% территории страны не обеспечено централизованным энергоснабжением (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Централизованные и автономные системы электроснабжения на территории России

Источник: Международный центр устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО.
URL: <http://www.isedc-u.com> (дата обращения: 05.11.2022).

Высокий уровень износа оборудования, характерный для российской энергетической отрасли (изношенными являются 45% подстанций и 25% линий электропередач; 40% тепловых сетей нуждаются в проведении капитального ремонта, 15% не функционируют вследствие аварийного состояния) указывает на необходимость поиска новых подходов к управлению энергоснабжением, особенно в удаленных районах¹⁵⁶. В пользу данного утверждения свидетельствует и тот факт, что конечные потребители тепловой энергии централизованных систем используют топливо только на 30–50%, что вызывает значительные потери эффективности энергоснабжения и приводит к неоправданным выбросам дополнительного объема загрязняющих веществ в окружающую среду.

Низкая плотность нагрузок не позволяет поддерживать энергопотери на достаточно низком уровне, поскольку капитальные затраты, связанные с обеспечением надежности тепловых и электрических сетей, значительно увеличиваются. Низкий уровень солнечной радиации затрудняет генерацию на данном виде ВИЭ в удаленных районах России, в которых отсутствует электрификация.

Проектное управление представляет собой комплексную систему управления со сложной структурой (рис. 3.3), поэтому оценка эффективности методического инструментария осуществляется за относительно продолжительный период времени, а также применительно к конкретным участникам реализации проекта с учетом неизбежного внесения изменений и гибкости управленческого подхода.

На основе составленной структуры проектного анализа энергообеспечения удаленных потребителей можно определить группы показателей эффективности проектного управления, которые можно разделить на экологические, технические и экономические.

Группа экологических показателей включает количество природных экосистем, подверженных влиянию; количество вредных выбросов; шумовые эффекты строительства и эксплуатации; влияние на почву, флору, ихтиофауну и пр.

¹⁵⁶ Чаплыгина М.А., Белоусов Р.С. Мировой опыт автономного энергоснабжения для российской глубинки // Аллея науки: научно-практический электронный журнал. 2017. № 16. С. 464–474.



Рис. 3.3. Структура проектного анализа энергоснабжения удаленных потребителей

Источник: составлено автором.

Технические показатели эффективности проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей включают показатели сервисного обслуживания (реализация энергии); показатели выработки энергии, мощности; срока реализации; природные риски, связанные с наличием соответствующих условий или их отсутствием.

Экономические показатели включают классическую оценку эффективности реализации проекта (чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму окупаемости, срок окупаемости, индекс доходности и пр.), характеристику источников финансирования и финансовые риски. Риск изменения ключевых показателей включает изменение ставки дисконтирования, динамику уровня инфляции, объема потребления и пр.

Основные группы показателей эффективности методического инструментария проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае (рис. 3.4) были рассчитаны для каждой стадии жизненного цикла проекта.

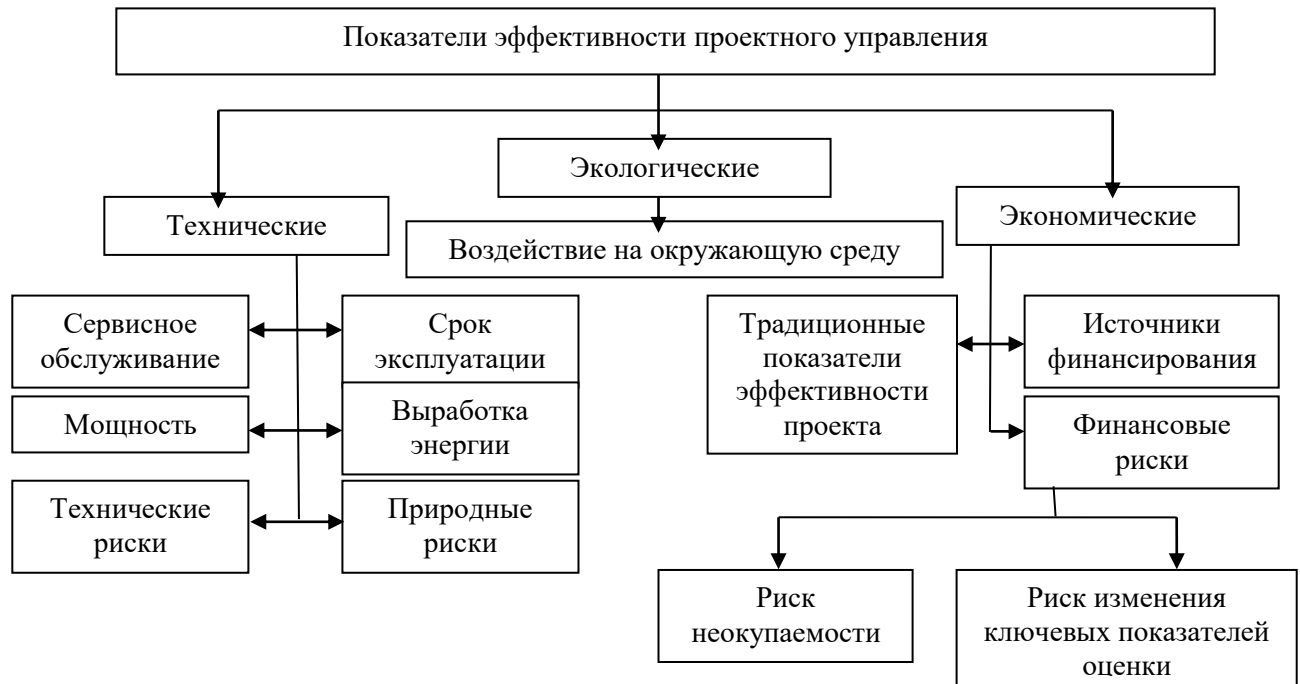


Рис. 3.4. Группы показателей эффективности проекта энергоснабжения удаленных потребителей

Источник: составлено автором.

Расчеты показали, что при сроке окупаемости вложенных затрат на строительство 9,8 лет чистый дисконтированный доход по проекту составит 1953,49 млн руб., внутренняя норма доходности – 31,89%, индекс доходности – 4,72%.

Рассмотрим эффективность управления проектом создания инновационных объектов энергоснабжения удаленных потребителей (ИОУЭП) на основе бинарного подхода с точки зрения технического, социального и экономического эффектов, а также обеспечения экономии затрат населения, предприятий и учреждений, действующих на территории пгт. Тура. Суммарный рост потребления по базовому варианту и выработке энергии, рассчитанный на основе Баланса электрической

энергии ЕЭС России, составит к 2024 г. 7,56%¹⁵⁷ при ежегодном росте данного показателя на 1,02%. В период до 2024 г. тариф будет увеличиваться на 4% ежегодно. Наш прогноз основывается на предположении о постоянстве темпов роста тарифа после 2024 г.

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют о том, что ожидаемые объемы выработки электроэнергии на проектируемой мини-ГЭС «Туринская» более чем в 1,5 раза выше, чем на объектах существующей системы энергоснабжения (рис. 3.5).

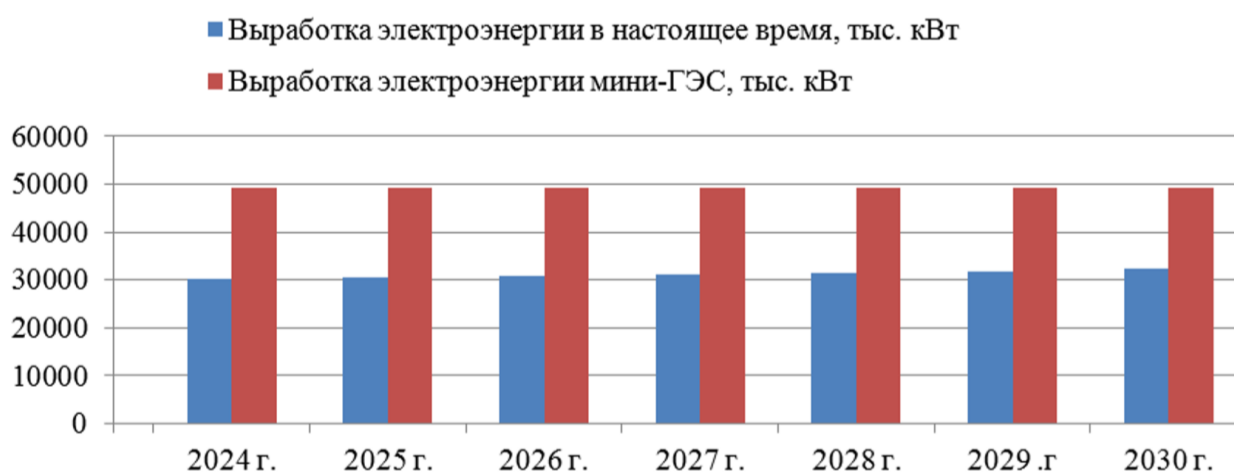


Рис. 3.5. Объемы выработки энергии на мини-ГЭС «Туринская» и на объектах существующей системы энергоснабжения пгт. Тура

Источник: составлено автором.

Сопоставление прогнозируемых объемов выработки с энергетическими потребностями хозяйствующих субъектов и населения пгт. Тура указывает на возможность полного покрытия электрических и тепловых нагрузок в течение периода до 2030 г. (рис. 3.6) за счет установленной мощности ИОУЭП. Это свидетельствует о технической эффективности управления проектом.

Динамика расходов потребителей электроэнергии за период с 2024 по 2030 г. (тыс. руб.) представлена на рис. 3.7.

¹⁵⁷ Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2018–2024 гг. Утверждена приказом Минэнерго России от 28.02.2018 № 121. М., 2018.

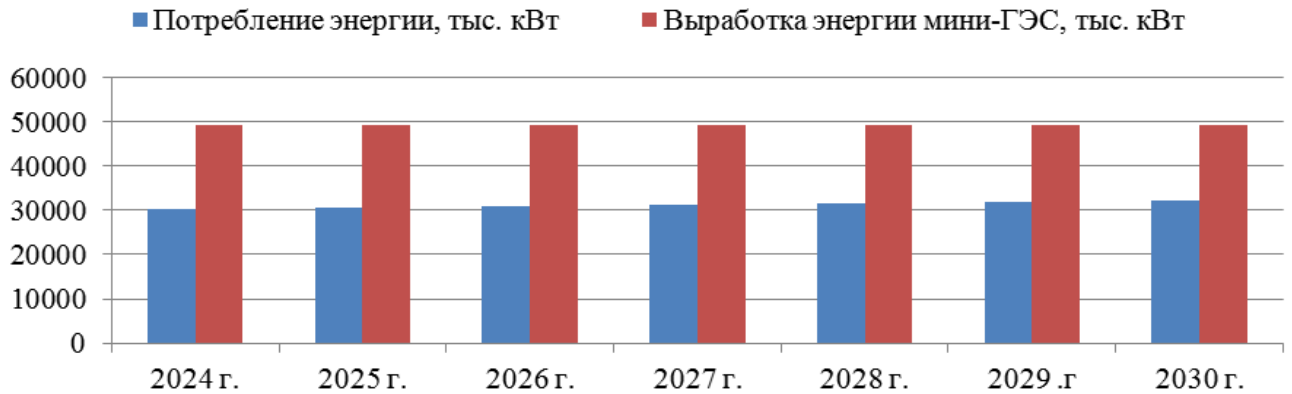


Рис. 3.6. Динамика прогнозируемых объемов выработки энергии на мини-ГЭС «Туринская» и рыночного спроса на тепловую и электроэнергию за период с 2024 по 2030 г.

Источник: составлено автором.



Рис. 3.7. Динамика расходов потребителей электроэнергии за период с 2024 по 2030 г., тыс. руб.

Источник: составлено автором.

Сравнительные технико-экономические характеристики действующей системы энергоснабжения и строительства мини-ГЭС «Туринская» представлены в табл. 3.17.

Сокращение расходов будет происходить постепенно – от 22% в 2014 г. до 31% в 2030 г. Совокупный объем сэкономленных средств за 7 лет достигнет 3011,4 тыс. руб. (37%).

Экономия средств потребителей за период с 2024 по 2030 г. (тыс. руб.) представлена на рис. 3.8.

Таблица 3.17

Сравнительные технико-экономические характеристики действующей системы энергоснабжения и строительства мини-ГЭС «Туринская»

| Показатель | 2018 г. | 2024 г. | 2025 г. | 2026 г. | 2027 г. | 2028 г. | 2029 г. | 2030 г. |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Действующая система энергоснабжения | | | | | | | | |
| Выработка электроэнергии, тыс. кВт | 28 143 | 30 270,61 | 30 579,37 | 30 891,28 | 31 206,37 | 31 524,67 | 31 846,22 | 32171,05 |
| Потребление электроэнергии для тепловых нужд, тыс. кВт | 818 | 2273,42 | 2327,40 | 2382,22 | 2437,87 | 2494,38 | 2551,76 | 2610,01 |
| Потребление электроэнергии | 27 325 | 27 997,2 | 28 251,97 | 28 509,06 | 28 768,49 | 29030,29 | 29294,46 | 29561,04 |
| жилые дома | 10 404,47 | 11 191,05 | 11 292,89 | 11 395,65 | 11 499,35 | 11 604 | 11 709,59 | 11816,15 |
| общественные и коммунальные учреждения | 4937,24 | 5310,495 | 5358,821 | 5407,586 | 5456,795 | 5506,452 | 5556,561 | 5607,125 |
| промышленные предприятия | 5017,9 | 5397,253 | 5446,368 | 5495,93 | 5545,943 | 5596,411 | 5647,339 | 5698,729 |
| потери электроэнергии | 6965,39 | 7491,973 | 7560,15 | 7628,948 | 7698,371 | 7768,426 | 7839,119 | 7910,455 |
| Тариф на электроэнергию, руб./кВтч | 37,73 | 51,35 | 53,40 | 53,95 | 54,50 | 55,05 | 55,62 | 56,18 |
| Тариф на теплоэнергию, руб./кВтч | 9,36 | 12,54 | 13,04 | 13,17 | 13,31 | 13,44 | 13,58 | 13,72 |
| Общие расходы потребителей, тыс. руб. | 1038,63 | 1466,165 | 1539,121 | 1569,412 | 1600,3 | 1631,795 | 1663,912 | 1696,66 |
| Энергоснабжение мини-ГЭС «Туринская» | | | | | | | | |
| Выработка электроэнергии, тыс. кВт гарантированная (для покрытия эл. нагрузок) | – | 28 420 | 28 420 | 28 420 | 28 420 | 28 420 | 28 420 | 28420 |
| Выработка электроэнергии, тыс. кВт дополнительная (для покрытия тепловых нагрузок) | – | 7510 | 7510 | 7510 | 7510 | 7510 | 7510 | 7510 |
| Выработка электроэнергии, тыс. кВт дополнительная летняя | – | 13 260 | 13 260 | 13 260 | 13 260 | 13 260 | 13 260 | 13260 |
| Тариф на электроэнергию, руб./кВтч | – | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Тариф на теплоэнергию, руб./кВтч | – | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Тариф на доп. летнюю эл. энергию, руб./кВтч | – | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Общие расходы потребителей, тыс. руб. | | 1149,442 | 1160,335 | 1167,769 | 1168,492 | 1169,227 | 1169,973 | 1170,73 |

Источник: составлено автором по: Данные по потреблению электроэнергии в электрических сетях пгт. Тура за период 2017 г.; собственные расчеты автора по эффективности проекта строительства и эксплуатации мини-ГЭС «Туринскую» на р. Кандакан в Эвенкии установленной мощностью 9 МВт.

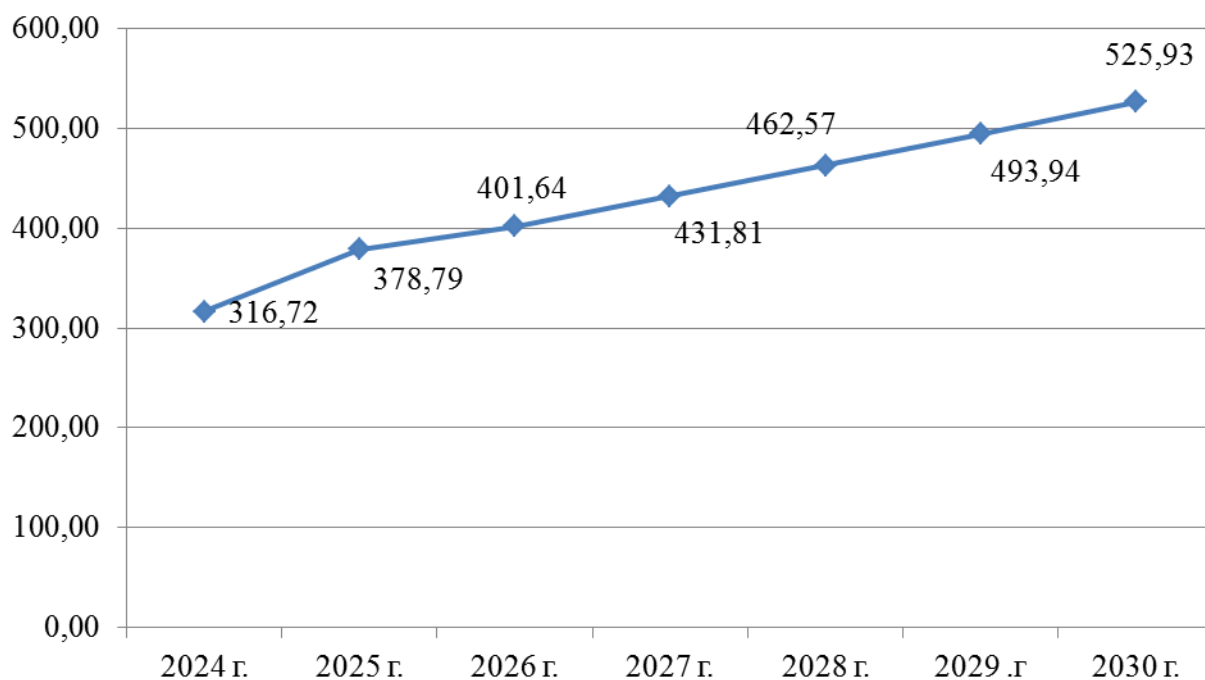


Рис. 3.8. Экономия средств потребителей за период с 2024 по 2030 г., тыс. руб.

Источник: составлено автором.

Кроме того, управление рассматриваемым проектом можно считать эффективным с точки зрения поступлений в бюджеты муниципального образования и Красноярского края.

Совокупный объем налоговых поступлений в бюджет составит 2087 млн руб. до 2030 г.

На основе проведенного анализа можно составить схему реализации и оценки эффективности методического инструментария проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае (рис. 3.9).

Оценка методического инструментария проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае показала высокую эффективность предлагаемой модели управления проектом создания ИОУЭП мини-ГЭС «Туринская» на р. Кандакан в Эвенкии. При установленной мощности 9 МВт период окупаемости инвестиций составит 8,8 лет, а дисконтированный срок окупаемости – 9,8 лет.

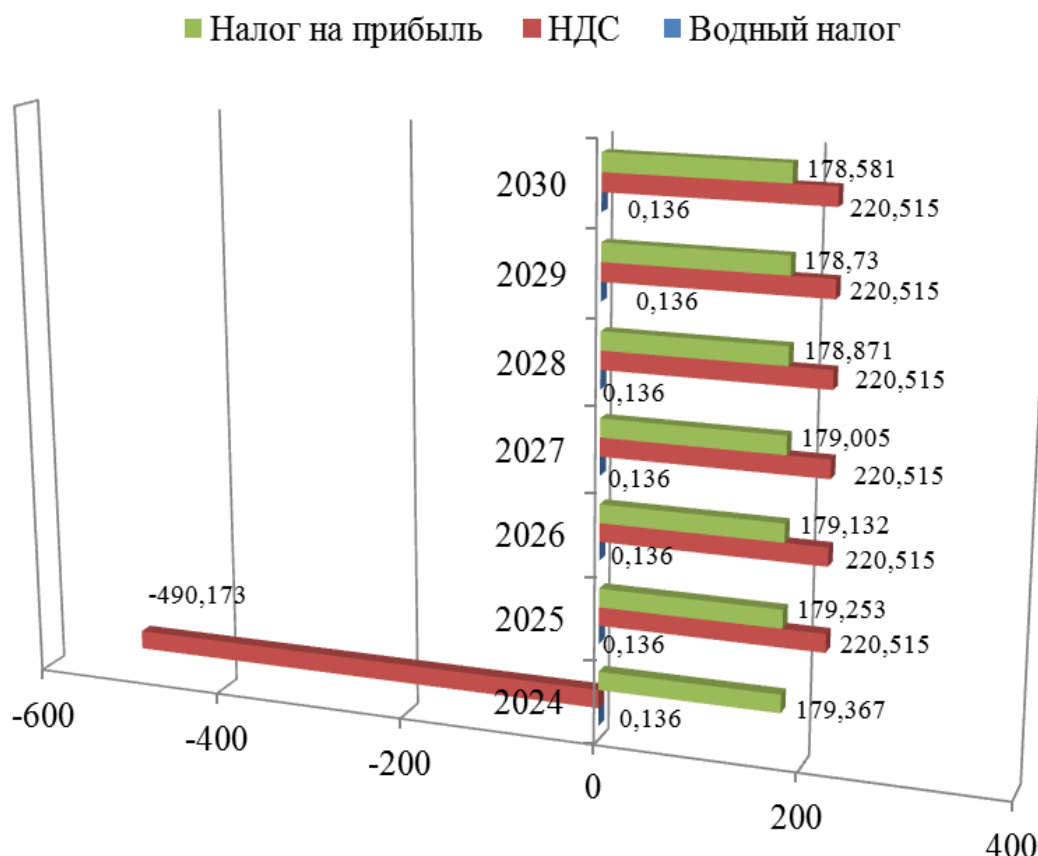


Рис. 3.9. Объемы налоговых поступлений в бюджет от проектируемой мини-ГЭС «Туринская» за период с 2024 по 2030 г., млн руб.

Источник: составлено автором.

С учетом 50-летнего срока службы объекта можно сделать вывод о возможности гарантированной итоговой окупаемости инвестиций по истечении срока реализации проекта. Чистый дисконтированный доход составит 1953,49 млн руб., а индекс доходности достигнет 4,72%, что указывает на экономическую эффективность реализации проекта.

Схема управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей представлена на рис. 3.10.

Применение предлагаемого бинарного подхода к проектному управлению инновационным объектом энергоснабжения удаленных потребителей позволит сократить срок достижения нулевого порога рентабельности на 1,2 года (или на 11%) по сравнению с управлением на основе традиционного подхода (рис. 3.11).



Рис. 3.10. Схема управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей

Источник: составлено автором.

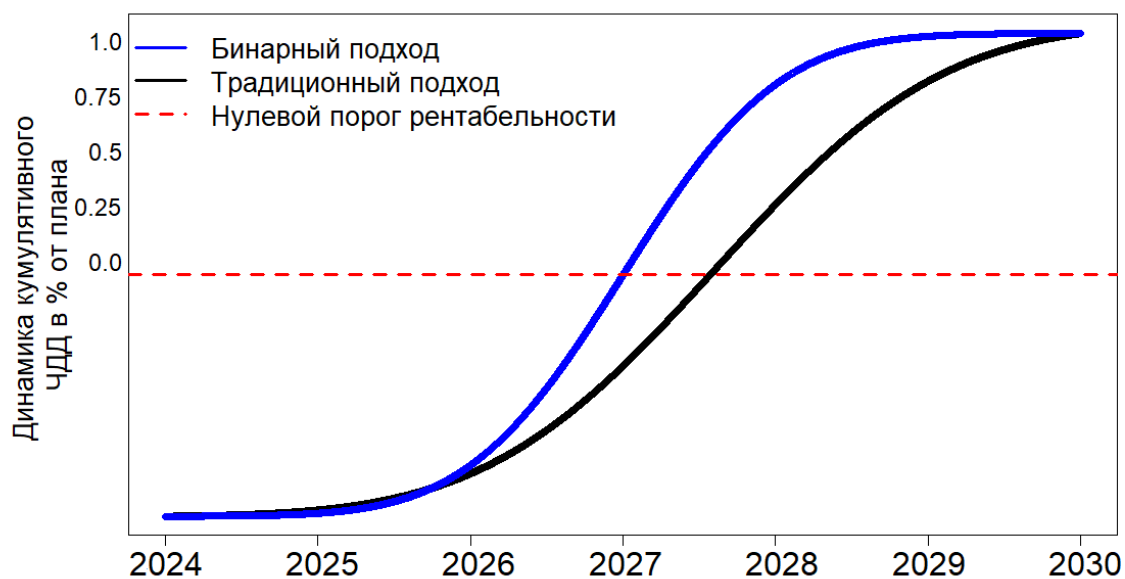


Рис. 3.11. Динамика кумулятивного чистого дисконтированного дохода при традиционном и бинарном подходах к проектному управлению инновационным объектом энергоснабжения удаленных потребителей за период 2024–2030 гг.

Источник: составлено автором.

За счет внедрения бинарного подхода, сочетающего гибкость и стабильность управления, использования перевернутой организационной структуры и информационного ядра проекта улучшится качество бизнес-процессов, повысится их скорость, благодаря чему темп роста кумулятивного чистого дисконтированного дохода превысит темпы роста данного показателя, рассчитанного для традиционной системы управления. Это позволит достичь прогнозируемого 90%-го порога выполнения плана по ЧДД на 2 года раньше по сравнению с использованием традиционной модели проектного управления, что свидетельствует об эффективности применения бинарного подхода к проектному управлению строительством объекта энергоснабжения удаленных потребителей.

Технико-экономический анализ применения методического инструментария проектного управления строительством системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей в Красноярском крае на основе бинарного подхода показал, что технические характеристики проектируемой мини-ГЭС позволяют удовлетворить существующий спрос потребителей на тепловую и электрическую

энергию. Возможность выработки дополнительной энергии в летний период в превышающем спрос объеме 125 840,4 тыс. кВт с 2024 по 2030 г. положительно отразится на реализации социально-экономического потенциала развития отдаленного региона. Кроме того, ввод в эксплуатацию мини-ГЭС позволит сэкономить средства населения и предприятий в сумме 3011,396 тыс. руб., обеспечит наполняемость муниципального, краевого и федерального бюджетов в объеме 2086,81 млн руб. за указанный период.

Разработанная методика проектного управления энергоснабжением удаленных потребителей позволяет сформулировать следующие рекомендации с целью их внедрения в практическую деятельность управляющих компаний, проектных институтов и предприятий автономного энергоснабжения:

1) на этапе предпроектной и проектной разработки – расширить классификацию критериев, используемых при выборе состава и структуры инновационной системы энергоснабжения удаленных потребителей. Для этого следует внести изменения в утверждаемое заказчиком «Рабочее задание» и/или в «Методику выбора состава и структуры инновационной системы энергоснабжения удаленных потребителей» проектной организации. Данное усовершенствование позволит повысить эффективность выбора оптимального генератора, соответствующего природно-климатическим условиям, энергетической потребности территории и техническим параметрам выработки;

2) предоставить конечным исполнителям (инженерам, архитекторам, строителям, начальникам участков, прорабам, мастерам, менеджерам, координаторам проекта и т.д.) расширенные полномочия по решению возникающих спорных вопросов, увеличив одновременно степень их ответственности за принимаемые решения. В то же время ограничить степень ответственности и круг полномочий исполнительного директора и президента проекта (при его наличии) по решению текущих оперативных и среднесрочных вопросов. В круг ответственности исполнительного директора и президента могут быть включены разработка

стратегии развития, общий контроль реализации проекта, оказание помощи команде (при необходимости), выполнение представительских функций и т.д. Для этого следует внести изменения в организационную структуру энергоснабжающего предприятия, проектной организации и т.д., представив ее в обратной последовательности – конечных исполнителей расположить в верхней части диаграммы, а топ-менеджеров – в нижней части. Внести соответствующие изменения в Положение о кадровой политике (закрепить приверженность предприятия признанию ценности труда конечных исполнителей), должностные инструкции и, при необходимости, модификации объемов рабочего времени в Штатное расписание;

3) обязать каждого сотрудника уметь пользоваться программным обеспечением, лежащим в основе информационного ядра; корректно и своевременно вносить в базу все данные и изменения в режиме реального времени; при принятии оперативных решений руководствоваться имеющейся в информационном ядре актуальной информацией, предоставленной смежными подразделениями; незамедлительно сообщать о сбоях и неполадках работы системы в информационный отдел, IT-специалисту или обслуживающей компании. Для этого следует внести изменения в «Положение об информационном обеспечении финансово-хозяйственной деятельности» (при его наличии), а также в должностные инструкции и регламенты по оперативно-диспетчерскому управлению;

4) на этапе проектной разработки рассчитывать показатель «эксплуатационного риска энергоснабжения», резервировать оборудование и предусматривать включение в инновационную систему энергоснабжения традиционных источников энергии, что позволит снижать риски недополучения запланированных объемов энергии вследствие неблагоприятного влияния климатических и технических факторов. Для этого следует внести изменения в утверждаемое заказчиком Рабочее задание, а также в регламенты по оперативно-диспетчерскому управлению и в «Правила осуществления переключений и ликвидации аварийных ситуаций»;

5) усовершенствовать методику оценки эффективности проектного управления инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей посредством учета изменения расходов потребителей энергии, динамики налоговых поступлений в бюджеты различных уровней и объема выработки энергии в сравнении с предпроектным уровнем. Для этого следует внести изменения в «Положение об оценке эффективности проектного управления», которое может являться документом управляющей компании или проектной организации. Если оценка эффективности управления производится самим энергоснабжающим предприятием, то изменения следует внести в «Положение об учетной политике предприятия» в раздел «Оценка эффективности финансово-хозяйственной деятельности»;

б) с целью реализации бинарного подхода к проектному управлению необходимо закрепить в «Положении о корпоративной культуре» высокие стандарты качества всех бизнес-процессов, приверженность персонала и менеджеров всех уровней предоставлению качественного доступного энергоснабжения для максимизации степени удовлетворенности удаленных потребителей энергии. Утвердить в документе о кадровой политике и должностных инструкциях положение о том, что в случае наступления изменений внешней или внутренней среды возникающие спорные вопросы должны решаться максимально быстро в рамках установленной ответственности и полномочий каждого сотрудника с внесением соответствующих изменений в информационное ядро проекта в режиме реального времени;

7) практическое внедрение разработанных рекомендаций потребует внесения изменений в следующие управленческие документы: «Положение о корпоративной культуре», «Положение о кадровой политике», «Положение об учетной политике предприятия», «Положение об информационном обеспечении финансово-хозяйственной деятельности», «Положение об оценке эффективности проектного управления», «Рабочее задание», «Методику выбора состава и структуры

инновационной системы энергоснабжения удаленных потребителей», «Организационную структуру энергоснабжающего предприятия и/или проектной организации», «Штатное расписание», должностные инструкции, регламенты по оперативно-диспетчерскому управлению, «Правила осуществления переключений и ликвидации аварийных ситуаций».

Результаты анализа реализации модели управления инновационным проектом строительства системы автономного энергообеспечения удаленных потребителей на основе бинарного подхода позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, результаты проведенного анализа критериального пространства для выбора системы энергоснабжения удаленных потребителей на базе инновационных технологий на примере проекта строительства мини-ГЭС на р. Кандакан в пгт. Тура Красноярского края свидетельствуют о целесообразности реализации проекта и его высокой рентабельности. Полученные итоговые показатели указывают на достаточную финансовую устойчивость проекта при заданных исходных параметрах, относительно низкий уровень экологического риска для местных природных сообществ, а также на значительный технический потенциал генерации на гидроэнергии.

Во-вторых, управление мини-ГЭС на стадии эксплуатации включает управление персоналом, техническим обслуживанием, финансовыми показателями и результатами деятельности. Задачи и процессы управления технически сложной системой производства электроэнергии из энергии воды на всех этапах жизненного цикла объекта взаимосвязаны. Функции специалистов, принимающих участие на этапах предпроектной и проектной подготовки, а также строительства и эксплуатации и ликвидации, могут пересекаться.

Оперативное управление на стадии эксплуатации жизненного цикла МГЭС предполагает решение задач оперативно-технического управления, управления персоналом, коммуникациями, качеством и безопасностью. На этапе износа и ликвидации МГЭС производится вывод объекта энергоснабжения из эксплуатации,

подводятся итоги реализации проекта, проводится анализ результатов и эффективности проекта, контролируются сроки выполнения бюрократических процедур, связанных с выводом объекта из эксплуатации, и т.д.

В-третьих, оценка методического инструментария проектного управления строительством ИОУЭП продемонстрировала высокую технико-экономическую, экологическую, социальную и бюджетную эффективность предлагаемой модели проектного управления системой автономного энергообеспечения удаленных потребителей на основе бинарного подхода. Его применение позволит ускорить процесс достижения нулевого порога рентабельности на 1,2 года, или на 11%, и сократить срок окупаемости проекта на 2 года по сравнению с проектным управлением на основе традиционного подхода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования, полученным на основе анализа положений настоящей диссертационной работы, можно сформулировать следующие выводы.

1. В диссертации предложена оригинальная классификация критериев, задействованных при формировании структуры и состава проектного управления инновационной системой ЭУП. В авторской классификации критерии систематизированы по природно-климатическим условиям, энергетической потребности территории, техническими параметрами электрогенераторов. Новая классификация позволит с большей степенью объективности формировать управленческие решения по селекции инновационных систем энергоснабжения отдаленных потребителей.

2. В исследовании предложен бинарный подход к управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей, базирующийся на двойственности дефиниции «гибкость управления», сочетающей в себе статическую, динамическую и стабильную компоненты. Предложена поэтапная процедура проектного управления инновационными технологиями, отличающаяся от существующих задействованием трех групп показателей: природно-климатические условия, энергетические потребности территории и технические характеристики энергогенератора.

3. В диссертационной работе сформирована организационная структура «обратной иерархии» проектного менеджмента инновационными технологиями ЭУП, характерной особенностью которой выступает ориентация на бинарный подход с помощью смены иерархической соподчиненности уровней управления и педалирование роли конечных исполнителей в формировании ценности. Особенностью авторских разработок является учет обратной взаимосвязи между

уровнем иерархии звеньев управления и временем непосредственного участия в выполнении проекта, что позволяет повысить эффективность взаимодействия участников проектов по управлению инновационными технологиями энергоснабжения удаленных потребителей.

4. В работе предложено внедрить в систему управления рисками проектного менеджмента инновационными технологиями ЭУП показатель «эксплуатационный риск энергоснабжения», характеризующийся масштабами и вероятностью отрицательного воздействия изменений технических параметров и природно-климатической ситуации. Показатель вычисляется путем суммирования погодного и технико-технологического рисков энергоснабжения и позволяет разработать соответствующие мероприятия для их нивелирования.

5. В исследовании предложена оригинальная система показателей, нацеленная на исследование эффективности проектного управления инновационными технологиями ЭУП, разделенная на три проекции: экологическую, техническую и экономическую. В авторской системе показателей подразумевается учет изменения расходов энергии, динамики налоговых поступлений в бюджеты различных уровней, объема выработки энергии в сравнении с предпроектным уровнем.

Положения и выводы диссертационного исследования вносят вклад в решение комплекса проблем совершенствования методического обеспечения проектного управления инновационными технологиями ЭУП.

Результаты работы открывают перспективы для разрешения существующих проблем энергообеспечения удаленных потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-законодательные документы

1. Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. – Ч. 1: Технические требования [Национальный стандарт Российской Федерации]. ГОСТ Р 54418.1-2012 (МЭК 61400-1:2005) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104895> (дата обращения: 12.02.2023).
2. Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России». СТО 17330282.27.140.015-2008 / ОАО РАО «ЕЭС России». – М., 2008. – 95 с.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018) : офиц. текст [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040 (дата обращения: 01.12.2022).
4. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации МДС 81-35.2004 (введена в действие постановлением Госстроя России от 05.03.2004 № 15/1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294813/4294813158.htm> (дата обращения: 22.01.2023).
5. Постановление Правительства Российской Федерации № 449 от 28 мая 2013 г. «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» : офиц. текст // Консультант плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70388616> (дата обращения: 11.01.2023).
6. Правила оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря

2004 г. № 854 // Консультант.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51028/99088e5104d916ed1f489a33b85b26bf0b5f48a8/#dst100015 (дата обращения: 01.02.2023).

7. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2018 г. и на плановый период 2019 и 2020 гг. : офиц. текст [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/2e83e62b-ebc6-4570-9d7b-ae0beba79f63/prognoz2018_2020.pdf?MOD=AJPERES (дата обращения: 22.01.2023).

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения 11.02.2023).

9. Распоряжение Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/70631> (дата обращения 11.02.2023).

10. Стратегия социально-экономического развития Камчатского края до 2025 г. Утверждена Постановлением Правительства Камчатского края от 27 июля 2010 г. № 332-П. – М., 2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/446224042> (дата обращения: 11.02.2023).

11. Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2018–2024 гг. Утверждена приказом Минэнерго России от 28.02.2018 № 121. – М., 2018.

12. Сценарные условия, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и предельные уровни цен (тарифов) на услуги компаний инфраструктурного сектора на 2017 г. и на плановый период 2018 и 2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/materials.html (дата обращения: 22.01.2023).

13. Указ Президента РФ от 02 июля 2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271 (дата обращения 11.02.2023).

14. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 21.11.2022) «Об электроэнергетике» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2023) : офиц. текст [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502 (дата обращения: 01.02.2023).

15. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» : офиц. текст [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992 (дата обращения 11.02.2023).

Монографии, учебные пособия, научные статьи

а) на русском языке

16. *Арчибальд, Р.Д.* Управление высокотехнологичными программами и проектами / Р.Д. Арчибальд. – М.: ДМК, 2002. – 463 с.

17. *Бирюков, А.П.* Актуальные вопросы управления и оценки новых знаний для формирования и реализации инновационных проектов / А.П. Бирюков, М.Н. Гусева, С.А. Никитин, Е.А. Халимон, Т.Ф. Чернова // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 4 (117). – С. 1168–1172.

18. *Богданов, А.А.* Всеобщая организационная наука (тектология) / А.А. Богданов. – Т. 1. – М.–Л., 1925, Т. 2. – М.–Л., 1927; Т. 3. – М.–Л., 1929.

19. *Борисов, В.Н.* Эффективность инвестиционной и инновационно-технологической деятельности (на примере Арктического проекта) / В.Н. Борисов, О.В. Почукаева // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 2 (161). – С. 65–77.

20. *Боронина, Л.Н.* Основы управления проектами : учебное пособие / Л.Н. Боронина, З.В. Сенук; Министерство образования и науки РФ; Уральский федеральный университет. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. – 109 с.

21. *Брусов, А.С.* Концепция Agile: возможности и перспективы применения в государственном управлении (обзор публикаций) / А.С. Брусов // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2022. – № 2. – С. 134–158.
22. *Васильев, В.Н.* Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении / В.Н. Васильев. – М.: Машиностроение, 1986. – 311 с.
23. *Васильев, Ю.С.* Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии в России / Ю.С. Васильев, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, Г.И. Сидоренко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 250 с.
24. *Вдовин, В.М.* Предметно-ориентированные экономические информационные системы / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова, А.А. Шурупов. – М.: Дашков и К, 2016. – 385 с.
25. *Велькин, В.И.* Обзор возможностей для внедрения возобновляемой энергетики в Российской Федерации: доклад / В.И. Велькин, Е.В. Соломин, Н.В. Хильченко. – М.–Екатеринбург, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.boell.org/sites/default/files/ree-report-2013.pdf> (дата обращения: 20.12.2022).
26. *Воропаев, В.И.* Управление программами и проектами / В.И. Воропаев, З.М. Гальперина, М.Л. Разу, Г.И. Секлетова, Ю.В. Якутии и др.; под ред. М.Л. Разу. – М.: Инфра-М, 1999. – 392 с.
27. *Голубев, С.В.* Технические и экономические аспекты выбора энергоустановок на базе ВИЭ / С.В. Голубев // Интеллектуальная электротехника. – 2018. – № 3. – С. 102–113.
28. *Горелов, А.А.* Расщепленный человек и целостная личность / А.А. Горелов. – М., 1990. – 255 с.
29. *Грей, К.Ф.* Управление проектами: практическое руководство / К.Ф. Грей, Э.У. Ларсон; пер. с англ. – М.: Дело и Сервис, 2003. – 528 с.
30. *Григорьева, О.А.* Анализ надежности автономного ветродизельного комплекса / О.А. Григорьева, Т.В. Кривенко, В.А. Тремясов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2016. – № 2 (243). – С. 45–52.

31. *Грошева, Е.К.* Современные тренды в управлении проектами / Е.К. Грошева, М.А. Начаркин, А.Д. Чуприна // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2021. – № 2 (19). – С. 30–32.
32. *Губернаторов, А.М.* Проектное управление в развитие реального сектора экономики в условиях цифровизации / А.М. Губернаторов // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 3. – С. 11–18.
33. *Дитхелм, Г.* Управление проектами: в 2 т. – Т. 1 / Г. Дитхелм; пер. с нем. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2004. – 400 с.
34. *Дмитриев, Н.Д.* Оптимизация управленческих процессов в электроэнергетике на основе математического моделирования / Н.Д. Дмитриев, Д.Г. Родионов, С.А. Жильцов // КАНТ. – 2021. – № 1 (38). – С. 18–23.
35. *Древинг, С.Р.* Кластерная концепция устойчивого развития экономики / С.Р. Древинг. – М.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2018. – 161 с.
36. *Елистратов, В.В.* Возобновляемая энергетика / В.В. Елистратов. – 3-е изд., доп. – СПб.: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2016. – 421 с.
37. *Емельянов, В.В.* Древний Шумер. Очерки культуры / В.В. Емельянов. – СПб.: Азбука-Классика, 2003. – 319 с.
38. *Ерахтин, Б.М.* Строительство гидроэлектростанций в России: учебно-справочное пособие для вузов и инженеров-гидростроителей / Б.М. Ерахтин, В.М. Брахтин. – М.: АСВ, 2018. – 731 с.
39. *Жаворонкова, Н.Г.* Климатическое законодательство Российской Федерации: возможности и потенциал в условиях энергетического перехода / Н.Г. Жаворонкова, В.Б. Агафонов // Lex Russica (Русский закон). – 2022. – Т. 75. – № 1 (182). – С. 29–37.
40. *Жильцов, С.А.* Альтернативная энергетика России: проблемы и перспективы / С.А. Жильцов, А.Н. Лосев, Э.Ф. Амирова // Управленческий учет. – 2022. – № 5-2. – С. 497–504.
41. *Жильцов, С.А.* Бинарный подход к управлению инновационными проектами энергоснабжения удаленных потребителей / С.А. Жильцов, Е.С. Митяков //

Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций : материалы Международной научно-практической конференции. – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2022. – С. 169–171.

42. Жильцов, С.А. Инновационные технологии в энергоснабжении изолированных территорий / С.А. Жильцов // Новое в развитии предпринимательства: инновации, технологии, инвестиции : материалы VII Международного научного конгресса / Финансовый университет при Правительстве РФ. – М., 2019. – С. 17–22.

43. Жильцов, С.А. Использование гелиотропических солнечных панелей для автономного электроснабжения потребителей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – Т. 18. – № 2 (109). – С. 266–274.

44. Жильцов, С.А. Методика реализации проекта автономного энергообеспечения в зависимости от стадий жизненного цикла / С.А. Жильцов // Вопросы инновационной экономики. – 2018. – Т. 8. – № 4. – С. 731–740.

45. Жильцов, С.А. Методика управления проектами на примере строительства объекта малой энергетики / С.А. Жильцов, А.А. Карпушин // Инновационная экономика. – 2017. – № 2 (11). – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29457565> (дата обращения: 11.12.2022).

46. Жильцов, С.А. Методические аспекты применения проектного управления при энергоснабжении удаленных потребителей / С.А. Жильцов, Ю.А. Назарова, Ю.М. Авдеев, Е.А. Рогозина // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 7 (108). – С. 940–945.

47. Жильцов, С.А. Модель управления проектом энергоснабжения удаленных потребителей / С.А. Жильцов, К.Р. Велиев // Управление экономическими системами. – 2018. – № 10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=5153 (дата обращения: 22.10.2022).

48. Жильцов, С.А. Опыт и перспективы развития волновой энергетики / С.А. Жильцов, А.А. Карпушин // Международные научные исследования. – 2017. – № 3 (32). – С. 28–35.

49. *Жильцов, С.А.* Особенности инструментов управления при реализации проектов энергоснабжения удаленных потребителей // Инновации в создании и управлении бизнесом: материалы Всероссийской научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов / Российский университет дружбы народов. – М., 2018. – С. 20–24.

50. *Жильцов, С.А.* Особенности управления проектами в энергетике на основе портфельного подхода / С.А. Жильцов, С.Н. Власюк, В.А. Черткова, Н.Н. Семенов // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 12-1 (89). – С. 1152–1157.

51. *Жильцов, С.А.* Оценка возможности применения гибких методов управления проектами в строительстве объектов энергетики / С.А. Жильцов, Н.В. Бондарчук, А.А. Курашова, А.Н. Гарбанцова, Е.В. Оленева // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 8 (109). – С. 604–607.

52. *Жильцов, С.А.* Подходы к оценке эффективности проектов автономного энергоснабжения / С.А. Жильцов // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 9. – С. 120–122.

53. *Жильцов, С.А.* Получение электроэнергии при переработке отходов / С.А. Жильцов // Экономические отношения. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 2143–2150.

54. *Жильцов, С.А.* Роль управления проектами в цифровой экономике / С.А. Жильцов, А.Е. Антонова, Е.А. Пономарева, А.А. Романов, С.Д. Украинцев // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 7 (108). – С. 688–693.

55. *Жильцов, С.А.* Теоретические основы управления проектами в области энергоснабжения удаленных потребителей на базе возобновляемых источников энергии / С.А. Жильцов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 10. – С. 220–228.

56. *Жильцов, С.А.* Управление проектами в условиях цифровой трансформации энергетики / С.А. Жильцов, Н.В. Бондарчук, Е.И. Налбатова, С.А. Байбакова, Д.А. Соловьева // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 8 (109). – С. 800–804.

57. *Жильцов, С.А.* Управление сроками проектов строительства систем энергоснабжения удаленных потребителей / С.А. Жильцов // Инженерные

системы – 2020: труды Научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию Российского университета дружбы народов: в 2 т. / под общ. ред. М.Ю. Мальковой. – М., 2020. – С. 140–147.

58. *Жуков, Б.М.* Инновационное обеспечение гибкого управления предприятием. Теория, инструментарий, реализация : монография / Б.М. Жуков. – Краснодар: Южный институт менеджмента, 2010. – 395 с.

59. *Жуков, Б.М.* Управленческие технологии гибкого развития предприятия на основе процессов реструктуризации, логистизации и повышения капитализации : монография / Б.М. Жуков. – М.: Дашков и К, 2017. – 293 с.

60. *Завалкевич, Л.* Психология эффективного менеджера. Гибкость. Эффективное управление. Психология менеджера / Л. Завалкевич. – М.: Litres, 2018. – 380 с.

61. *Захаров, П.Н.* Проектное управление в государственных корпорациях / П.Н. Захаров, И.А. Врублевский // Вестник Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки. – 2022. – № 3 (33). – С. 6–13.

62. *Идиатуллина, А.М.* Управление проектами в области энергосбережения в России и за рубежом / А.М. Идиатуллина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 6. – С. 195–200.

63. *Иконникова, С.Н.* Мода как стимул и соблазн потребления / С.Н. Иконникова // Вестник СПбГУКИ. – 2016. – № 3 (28). – С. 55–58.

64. *Ильина, О.Н.* Формирование корпоративной методологии управления проектами / О.Н. Ильина // Российское предпринимательство. – 2008. – № 12-2. – С. 40–43.

65. *Калязина, Е.Г.* Цифровой менеджмент в управлении проектами / Е.Г. Калязина // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15. – № 12. – С. 4747–4766.

66. *Кенден, К.К.* Оптимизация методом роя частиц структуры автономного энергетического комплекса с использованием солнечной энергии / К.К. Кенден, А.В. Кузнецов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. – № 3(152). – С. 616–626.

67. *Керзнер, Г.* Стратегическое планирование для управления проектами с использованием модели зрелости / Г. Керзнер. – М.: АйТи ; ДМК Пресс, 2013. – 318 с.

68. *Киевский И.Л.* Алгоритмизация систем планирования, управления и обработки информации в строительстве / И.Л. Киевский, С.В. Аргунов, Я.В. Жаров, А.Ю. Юргайтис // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 11. – С. 14–24.

69. *Колибаба, В.И.* Возобновляемые источники энергии: оценка эффективности и конкурентоспособности проектов / В.И. Колибаба, А.В. Понкратов. – М.: Новая парадигма развития менеджмента: гипотезы, концепции, практики, 2019.

70. *Колибаба, В.И.* Стоимостные модели в контроллинге устойчивого развития электроэнергетических компаний и кластеров / В.И. Колибаба, А.А. Морозова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2022. – Т. 14. – № 2 (54). – С. 106–119.

71. *Кочетков, А.И.* Управление проектами. Зарубежный опыт / А.И. Кочетков, С.Н. Никешин, Ю.П. Рудаков, В.Д. Шапиро, М.В. Шейнберг. – СПб.: ДваТрИ, 1993. – 446 с.

72. *Кошевенко, С.В.* Современные тренды и тенденции в управлении проектами / С.В. Кошевенко, Р.П. Куксин // Становление и развитие предпринимательства в России: история, современность и перспективы : сборник статей IX Международной научной конференции, Смоленск, 27 мая 2022 г. / Смоленский государственный университет. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2022. – С. 93–95.

73. *Кременецкая, М.Е.* Адаптация организационных структур предприятий аэрокосмической отрасли к проектному управлению / М.Е. Кременецкая, А.А. Шкромадо // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 1-5. – С. 1441–1447.

74. *Кулаков А.* Возобновляемые источники энергии в России: итоги 2015 г. [аналитический доклад] / А. Кулаков, Ю. Назарова, И. Копаенко. – М.: Экспертное партнерство «Совет участников рынка возобновляемой энергетики», 2016. – 85 с.

75. Курбанова, З.К. Особенности управления проектами в условиях цифровизации экономики России / З.К. Курбанова // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – 2019. – № 3 (41). – С. 19–23.
76. Либерзон, В.И. Основы управления проектами / В.И. Либерзон. – М., 1997. – 45 с.
77. Лукутин, Б.В. Автономное электроснабжение от микро-гидроэлектростанций : монография / Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов, Е.Б. Шандарова. – Томск, 2001. – 104 с.
78. Лялин, А.М. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник / А.М. Лялин, Т.С. Бронникова, Б.М. Разу, С.А. Титов, Ю.В. Якутин; под ред. проф. М.Л. Разу. – М.: КНОРУС, 2010. – 759 с.
79. Мазур, И.И. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге. – М.: Экономика, 2001. – 574 с.
80. Маршев, В.И. История управленческой мысли / В.И. Маршев. – М.: Проспект, 2016. – 729 с.
81. Масловский, В.П. Теоретические предпосылки и принципы гибких методов управления проектами / В.П. Масловский, А.А. Озерова // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2020. – № 1 (15). – С. 68–83.
82. Мильчик, И.В. Преимущества и недостатки различных типов управленческих структур в условиях цифровой трансформации экономики / И.В. Мильчик // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Т. 1. – № 5 (125). – С. 16–21.
83. Михалев, Г.А. Развитие альтернативной энергетики в отдаленных и труднодоступных районах Российской Федерации / Г.А. Михалев, А.А. Гибадуллин, В.Я. Афанасьев // Вестник МИРБИС. – 2021. – № 1 (25). – С. 189–197.
84. Мудрецов, А.Ф. Повышение экономической эффективности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / А.Ф. Мудрецов, А.С. Тулупов // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2017. – № 5. – С. 12–19.
85. Назарова, Ю.А. Анализ факторов, влияющих на развитие возобновляемых источников энергии для энергообеспечения удаленных потребителей / Ю.А. Назарова, О.А. Горюнов, С.А. Жильцов // Корпоративное управления и

инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2018. – № 3. – С. 28–40.

86. *Назарова, Ю.А.* Социально-экономические факторы развития отрасли возобновляемой энергетики в России / Ю.А. Назарова, С.А. Жильцов, Е.Ю. Голоулин // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uecs.ru/ekonomika-prirodopolzovaniyz/item/4488-2017-07-14-06-32-11> (дата обращения: 22.10.2022).

87. *Нефедова, Л.В.* Проблема оценки рисков использования возобновляемых источников энергии / Л.В. Нефедова, Ю.Ю. Рафикова // Окружающая среда и энергоснабжение. – 2022. – № 1 (13). – С. 48–61.

88. *Нигматулин, Б.* Счетчик крутится слишком быстро / Б. Нигматулин, И. Рубанов // Эксперт. – 2008. – № 47 (636) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://expert.ru/expert/2008/47/schetchik_slisikom_bystr (дата обращения: 12.02.2023).

89. *Новиков, Д.А.* Методология управления / Д.А. Новиков. – М.: URSS, 2011. – 126 с.

90. *Обыденов, А.Ю.* Гибкие методы управления в современных организациях / А.Ю. Обыденов // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15. – № 11. – С. 3989–4008.

91. *Ползунова, Н.Н.* Исследование влияния эффективности команды проекта на показатели эффективности инновационных проектов / Н.Н. Ползунова, И.С. Ползунов, Г.А. Тунчик // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2018. – № 5. – С. 47–54.

92. *Пономарев, В.А.* Управление инвестициями. Управление персоналом. Основы управления персоналом. Управление проектами. Управление рисками / В.А. Пономарев и др. – Вып. 6: Глоссарий. – М.: Московский гуманитарный университет, 2013. – 216 с.

93. *Попель, О.С.* Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике / О.С. Попель // Рос. хим. журнал (журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. LII. – № 6. – С. 95–106.

94. *Прохоренко, В.В.* Оперативно-технологическое управление и оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике: практические проблемы соотношения понятий / В.В. Прохоренко // Правовой энергетический форум. – 2022. – № 3. – С. 51–59.

95. *Ратнер, С.В.* Анализ опыта реализации проектов в области возобновляемой энергетики в России / С.В. Ратнер, Р.М. Нижегородцев // Теплоэнергетика. – 2017. – № 6. – С. 38–47.

96. *Решке, Х.* Мир управления проектами / Х. Решке, Х. Шелле. – М.: АЛАНС, 1994. – 303 с.

97. *Романенко, М.А.* Влияние гибких технологий на управление человеческими ресурсами проектов предприятий / М.А. Романенко, С.Н. Апенько // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9-2. – С. 411–418.

98. *Рыжов, И.В.* Социально-экономические проблемы становления отечественной инновационной системы / И.В. Рыжов, И.С. Брикошина, Е.А. Выходцева, А.М. Лялин, Н.Г. Малышкин, В.В. Брикошин // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 8 (109). – С. 151–157.

99. *Самочкин, В.Н.* Гибкое развитие предприятия: Анализ и планирование / В.Н. Самочкин. – М.: Дело, 2000. – 375 с.

100. *Сорокин, П.* Человек. Цивилизация. Общество / П. Сорокин; общ. ред., сост. и предисл. Ю. Согомонова. – М.: Политиздат, 1992. – 542 с.

101. *Соснина, Е.Н.* Вопросы электроснабжения потребителей, удаленных от сетевой инфраструктуры / Е.Н. Соснина, А.Ю. Кечкин, Д.А. Филатов // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 5 (107). – С. 100–105.

102. *Соснина, Е.Н.* Методика выбора оптимального сочетания возобновляемых источников энергии для локальных энергосистем / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо //

Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 3 (96). – С. 215–220.

103. *Стивенсон, В.Дж.* Управление производством : учебное пособие / В.Дж. Стивенсон; пер. с англ. – М.: БИНОМ, 2002. – 927 с.

104. *Султанов, И.А.* План действий при управлении рисками проекта / И.А. Султанов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://projectimo.ru/upravlenie-riskami/riski-proekta.html> (дата обращения: 11.02.2023).

105. *Суржикова, О.А.* Проблемы и основные направления развития электроснабжения удаленных и малонаселенных потребителей России / О.А. Суржикова // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 3 (4). – С. 103–108.

106. *Танака, Х.* Увеличение гибкости корпоративного предприятия с помощью прикладного управления проектами / Х. Танака // Управление проектами и программами. – 2022. – № 2. – С. 94–115.

107. *Тебекин, А.В.* Эволюция методов управления проектами: мировой опыт и перспективы развития / А.В. Тебекин // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18. – № 24. – С. 3969–3994.

108. *Ткачева, Е.Н.* Методы обеспечения эффективности функционирования виртуальных организаций в информационной экономике : монография / Е.Н. Ткачева. – Краснодар: Южный институт менеджмента, 2011. – 252 с.

109. *Ткаченко, И.Н.* Использование гибких технологий Agile и Scrum для управления стейкхолдерами проектов / И.Н. Ткаченко, К.К. Сивокос // Управленец. – 2017. – № 4 (68). – С. 85–95.

110. *Товб, А.С.* Управление проектами: стандарты, методы, опыт / А.С. Товб, Г.Л. Ципес. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 239 с.

111. *Томас, Р.* Количественные методы анализа хозяйственной деятельности / Р. Томас; пер. с англ. – М.: Дело и Сервис, 1999. – 428 с.

112. *Тугов, В.В.* Технические средства автоматизации и управления. – Ч. 1: Контрольно-измерительные средства систем автоматизации и управления /

В.В. Тугов и др. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 110 с.

113. *Удалов, С.Н.* Возобновляемые источники энергии : учебное пособие / С.Н. Удалов. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 457 с.

114. Управление инновационными проектами : учеб. пособие / под ред. проф. В.Л. Попова. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 336 с.

115. Управление проектами / ред. Дж.К. Пинто. – СПб.: Питер, 2015. – 464 с.

116. *Филиппова, Т.А.* Гидроэнергетика / Т.А. Филиппова, М.Ш. Мисриханов, Ю.М. Сидоркин. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – 620 с.

117. *Филиппова, Т.А.* Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник для студентов энергетических специальностей / Т.А. Филиппова, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина. – 3-е изд. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 356 с.

118. *Чаплыгина, М.А.* Мировой опыт автономного энергоснабжения для российской глубинки / М.А. Чаплыгина, Р.С. Белоусов // Аллея науки: научно-практический электронный журнал. – 2017. – № 16. – С. 464–474.

119. *Чейз, Р.Б.* Производственный и операционный менеджмент / Р.Б. Чейз, Н.Дж. Эквилайн, Р.Ф. Якобс; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 704 с.

120. *Чейз, Р.Б.* Производственный и операционный менеджмент / Р.Б. Чейз, Н.Дж. Аквилло, Р. Джейкобз. – М.: Вильямс, 2018. – 1094 с.

121. *Шаюк, Е.И.* Обзор практик применения Agile в проектах цифровой трансформации органов государственной власти в Российской Федерации и за рубежом / Е.И. Шаюк, А.И. Галкин // Московский экономический журнал. – 2022. – Т. 7. – № 7. – С. 547–555.

122. *Шестакова, Е.В.* Гибкие технологии управления в промышленности как фактор устойчивого развития региона / Е.В. Шестакова, А.М. Ситжанова, Р.М. Прытков // Управление. – 2022. – Т. 10. – № 2. – С. 14–25.

123. *Шибанов, К.С.* Совершенствование методов оценки эффективности бережливого производства / К.С. Шибанов, А.Н. Лосев, С.А. Жильцов // Экономика и предпринимательством. – 2019. – № 7 (108). – С. 91–993.

124. *Щербакова, А.А.* Управление экономическими проектами в условиях цифровизации России / А.А. Щербакова // Вестник науки. – 2022. – Т. 2. – № 2 (47). – С. 84–89.

125. Экономика организаций топливно-энергетического комплекса : учебник / Ю.П. Ампилов, Л.Г. Ахметшина, С.А. Горина и др.; Финансовый университет при Правительстве РФ. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2021. – 578 с.

126. Иллюстрированный энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона: соврем. версия: в 16 т. – М.: Эксмо, 2004.

б) на иностранных языках

127. *Abouzahr, I.* An approach to assess the performance of utility-interactive wind electric conversion systems / I. Abouzahr, R. Ramakumar // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 1991. – Vol. 6. – № 4. – P. 627–638.

128. *Abouzahr, I.* Loss of power supply probability of stand-alone wind electric conversion systems: A closed form solution approach / I. Abouzahr, R. Ramakumar // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 1990. – Vol. 5. – № 3. – P. 445–451.

129. *Adkins, L.* Coaching Agile Teams: A Companion for Scrum Masters, Agile Coaches and Project Managers in Transition / L. Adkins. – Boston: Addison-Wesley Professional, 2010. – 352 p.

130. *Afgan, N.* Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants / N. Afgan, M. Carvalho // Energy. – 2002. – Vol. 27. – P. 739–755.

131. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. – 6th ed. – Newtown Township: Project Management Institute, 2017. – 756 p.

132. *Amer, M.* Selection of renewable energy technologies for a developing county: A case of Pakistan / M. Amer, T.U. Daim // *Energy for Sustainable Development*. – 2011. – Vol. 15. – Issue 4. – P. 420–435.
133. *Ashmore, S.* Introduction to Agile Methods. Addison-Wesley Professional / S. Ashmore, K. Runyan. – Boston: Addison-Wesley Professional, 2014. – 336 p.
134. *Aras, G.* Sustainable Markets for Sustainable Business: A Global Perspective for Business and Financial Markets / G. Aras. – Routledge, 2016. – 306 p.
135. *Artto, K.* Global Project Business and the Dynamics of Change. Technology Development Centre Finland (Tekes) / K. Artto, R. Heinonen, M. Arenius, V. Kovanen, T. Nyberg. – Finland: PMA, 1998.
136. *Barrera-Santana, J.* An optimization framework for capacity planning of island electricity systems / J. Barrera-Santana, R. Sioshansi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2023. – Vol. 171. – P. 1–15.
137. *Barry, M.-L.* Proposal of a framework for the selection of renewable energy technology systems in Africa / M.-L. Barry, H. Steyn, A. Brent // *World Renewable Energy Congress 2011*. Sweden, 8–13 May 2011. – Linköping, Sweden, 2011. – P. 2562–2569.
138. *Bertrand, E.* Methodology of Feasibility Studies of Micro-Hydro power plants in Cameroon: Case of the Micro-hydro of KEMKEN / E. Bertrand, K. Signe et al. // *Energy Procedia*. – 2017. – № 119. – P. 17–28 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ac.els-cdn.com/S1876610217325845/1-s2.0-S1876610217325845-main.pdf?_tid=44997b7f-42b2-4fdf-9bba-848812d5d8b8&acdnat=1548251453_d465d74562c763e8e0869d06063543b6 (дата обращения: 23.12.2022).
139. *Brechner, E.* Agile Project Management with Kanban (Developer Best Practices) / E. Brechner. – Columbia: Microsoft Press, 2015. – 160 p.
140. *Charabi, Y.* PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation / Y. Charabi, A. Gastli // *Renewable Energy*. – 2011. – Vol. 36. – № 9. – P. 2554–2561.

141. *Barber, B.* Jihad vs. McWorld: Terrorism's Challenge to Democracy / B. Barber. – N. Y.: Ballantine Books, 1996. – 426 p.

142. *Bagen, B.* Reliability evaluation of integrated wind/diesel/storage systems for remote locations / B. Bagen // IEEE 11th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS). – Singapore, 2010. – P. 791–795.

143. *Bakirtzis, A.G.* A probabilistic method for the evaluation of the reliability of stand-alone wind energy systems / A.G. Bakirtzis // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 1992. – Vol. 7. – № 1. – P. 99–107.

144. *Baysal, M.* The selection of renewable energy power plant technology using fuzzy data envelopment analysis / M. Baysal, A. Sarucan, C. Kahraman, O. Engin // Proceedings the World Congress on Engineering. – Vol. II. – London, 2011. – P. 493–503.

145. *Bertrand, E.* Methodology of Feasibility Studies of Micro-Hydro power plants in Cameroon: Case of the Micro-hydro of KEMKEN / E. Bertrand, K. Signe et al. // Energy Procedia. – 2017. – № 119. – P. 17–28 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ac.els-cdn.com/S1876610217325845/1-s2.0-S1876610217325845-main.pdf?_tid=44997b7f-42b2-4fdf-9bba-848812d5d8b8&acdnat=1548251453_d465d74562c763e8e0869d06063543b6 (дата обращения: 23.12.2022).

146. *Bezpalov, V.V.* Electric power industry development in the Russian Federation considering the structural trends of the world economy / V.V. Bezpalov, S.A. Lochan, D.V. Fedyunin, N.A. Solopova, D.S. Gorin // Environment, Development and Sustainability: A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development, Springer. – 2022. – Vol. 24 (5). – P. 6372–6390.

147. *Billinton, R.* A sequential simulation method for the generating capacity adequacy evaluation of small stand-alone wind energy conversion systems / R. Billinton, B. Bagen // IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering CCECE. – 2002. – Vol. 1. – P. 72–77.

148. *Billinton, R.* Reliability evaluation of small stand-alone wind energy conversion systems using a time series simulation model / R. Billinton, B. Bagen, Cue Yu. // IEE

Proceedings Generation, Transmission and Distribution. – 2003. – Vol. 150. – № 1. – P. 96–100.

149. *Blokdyk, G.* Agile construction: A Step-By-Step Tutorial / G. Blokdyk. – Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2017. – 130 p.

150. *Blokdyk, G.* Organizational chart / G. Blokdyk. – Columbia: 5STARCooks, 2018. – 126 p.

151. *Bywaters, G.* Northern Power Systems WindPACT Drive Train Alternative Design Study Report. NREL/SR-500-35524. / G. Bywaters, V. John, J. Lynch, P. Mattila, G. Norton, J. Stowell, M. Salata, O. Labath, A. Chertok, D. Hablanian. – Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2005.

152. *Chen, W.* Optimal Site Selection of Wind-Solar Complementary Power Generation Project for a Large-Scale Plug-In Charging Station / W. Chen, Y. Zhu, M. Yang, J. Yuan // Sustainability. – 2017. – № 9 (11). – P. 1–22. – DOI: 10.3390/su9111994.

153. *Clark, W.W.* Agile Energy Systems: Global Distributed On-Site and Central Grid Power / W.W. Clark. – 2nded. – Elsevier, 2017. – 328 p.

154. *Clark, W.W.* Agile Energy Systems: Global Lessons from the California Energy Crisis / W.W. Clark, T.K. Bradshaw. – Amsterdam: Elsevier Science Limited, 2004. – 495 p.

155. *Clemen, D.M.* Hydro Plant Electrical Systems / D.M. Clemen. – Horsham: Penn Well Corp., 1999. – 194 p.

156. *Cohen, J.* Technology Improvement Opportunities for Low Wind Speed Turbines and Implications for Cost of Energy Reduction. NREL/TP-500-41036 / J. Cohen, T. Schweizer, A. Laxson, S. Butterfield, S. Schreck, L. Fingersh, P. Veers, T. Ashwill. – Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2008.

157. Creative Engineering Dramatically Reduces Reactor Outrage Timeat OKG // AVEVA World Magazine. – 2014. – Issue 1. – P. 20–22.

158. *Daneshgari, P.* Agile Construction: for the Electrical Contractor / P. Daneshgari. – Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2015. – 252 p.

159. *Daneshgari, P.R.* The profitability of Agile Construction / P.R. Daneshgari, M.T. Wilson // CFMA ВР. – 2006, January–February [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mca.net/articles/profitability-of-agile-construction.htm> (дата обращения: 01.12.2022).
160. *Davis, B.* Agile Practices for Waterfall Projects: Shifting Processes for Competitive Advantage / B. Davis. – Richmond: J. Ross Publishing, 2012. – 352 p.
161. *Desouza, K.* Agile Information Systems / K. Desouza. – Routledge, 2011. – 322 p.
162. *Elliott, Ch.* Planning and Installing Micro-Hydro Systems: A Guide for Designers, Installers and Engineers / Ch. Elliott. – 1st ed. – Routledge, 2014. – 256 p.
163. *Fong, A.* Project Development in the Solar Industry / A. Fong. – Boca Raton: CRC Press, 2012. – 250 p.
164. *Fried, J.* Remote: Office Not Required / J. Fried, D.H. Hansson. – N. Y.: Crown Business, 2013. – 256 p.
165. *Galbraith, J.K.* Economics and the Public Purpose / J.K. Galbraith. – Boston: Houghton Mifflin, 1973. – 334 p.
166. *Galbraith, J.K.* The New Industrial State / J.K. Galbraith. – Boston: Princeton University Press, 1967. – 576 p.
167. *Glenk, G.* Cost dynamics of clean energy technologies / G. Glenk, R. Meier, S. Reichelstein // Schmalenbach J. Bus. Res. – 2021. – Vol. 73.– P. 179–206.
168. *Glenk, G.* The economic dynamics of competing power generation source / G. Glenk, S. Reichelstein // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Vol. 168.– P. 1–9.
169. *Goodpasture, K.C.* Project Management the Agile Way: Making It Working the Enterprise / J.C. Goodpasture. – Plantation: J. Ross Publishing, 2015. – 392 p.
170. *Graedel, T.E.* Industrial Ecology / T.E. Graedel, B.R. Allenby. – 2nd ed. – Prentice Hall, 2002. – 363 p.
171. *Grübler, A.* Technology and Global Change / A. Grübler. – Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1998. – 462 p.

172. *Haarenvon, R.* GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State / R. Haaren, V. Fthenakis // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – Vol. 15. – Issue 7. – P. 3332–3340.

173. *Hakimizad, S.* A review on the design approach issuing renewable energies in urban parks / S. Hakimizad, S.R. Asl, M.M. Ghiai // *International Journal of Renewable Energy Research*. – 2015. – № 5 (3). – P. 686–693.

174. *Harvey, A.* Micro-Hydro Design Manual: A Guide to Small-Scale Water Power Schemes / A. Harvey, A. Brown. – Rugby: Practical Action. 1993. – 288 p.

175. *Highsmith, J.R.* Agile Project Management: Creating Innovative Products / J.R. Highsmith. – Boston: Addison-Wesley Professional, 2009. – 432 p.

176. *Jaipradidtham, Ch.* Investment cost analysis for electricity generation with renewable energy and measurement of water pressure from weir to water conservation of small hydropower project / Ch. Jaipradidtham // *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*. – 2017, January. – Vol. 6. – № 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ijsgce.com/uploadfile/2017/0301/20170301122836268.pdf> (дата обращения: 23.01.2023).

177. *Johansson, M.Y.* Agile project management in the construction industry – An inquiry of the opportunities in construction projects : Master's Thesis / M.Y. Johansson. – Stockholm, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:531980/FULLTEXT01.pdf> (дата обращения: 12.02.2023).

178. *Juárez-Hernández, S.* Design and economic evaluation of a prototype biogas plant fed by restaurant food waste / S. Juárez-Hernández, A. Castro-González // *International Journal of Renewable Energy Research*. – 2015. – № 5 (4). – P. 1122–1131.

179. *Kendall, H.P.* Systematized and Scientific Management / H.P. Kendall // *The Journal of Political Economy*. – 1913. – Vol. 21. – P. 593–617.

180. *Kesler, G.* Leading Organization Design: How to Make Organization Design Decisions to Drive the Results You Want / G. Kesler. – Jossey-Bass, 2010. – 336 p.

181. *Kerzner, H.* Project Management: a system approach to planning, scheduling and controlling / H. Kerzner. – 7th ed. – Hoboken, N. J.: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

182. *LaNier, M.W.* LWST Phase I Project Conceptual Design Study: Evaluation of Design and Construction Approaches for Economical Hybrid Steel / M.W. LaNier // Concrete Wind Turbine Towers. – 2002, June 28.

183. *Leite, A.P.* Probabilistic wind farms generation model for reliability studies applied to Brazilian sites / A.P. Leite, C.L.T. Borges, D.M. Falcao // IEEE Transactions on Power Systems. – 2006. – Vol. 21. – № 4. – P. 493–501.

184. *Li-bo, Z.* The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China / Z. Li-bo, Y. Tao // Energy Procedia. – 2014. – Vol. 61. – P. 2554–2557.

185. *Louie, H.* Off-Grid Electrical Systems in Developing Countries / H. Louie. – Springer, 2019. – 508 p.

186. *Lund, H.* Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions / H. Lund. – Burlington: Academic Press, 2014. – 384 p.

187. *Madadipouya, K.* An Examination and Evaluation of Agile Methodologies for Systems Development / K. Madadipouya // Australasian Journal of Computer Science. – 2015. – № 2. – P. 1–17.

188. *Malcolm, D.J.* Wind PACT Turbine Rotor Design Study. NREL/SR-500-32495 / D.J. Malcolm, A.C. Hansen. – Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2002.

189. *Malcolm, D.J.* Wind PACT Rotor Design Study: Hybrid Tower Design; Period of Performance. NREL/SR-500-35546 / D.J. Malcolm. – Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2004.

190. Management of Human Capital. English-Russian Dictionary / сост. Н.Г. Милорадова, М.Г. Леонтьев, Ф.Р. Музипова, И.А. Иванова, А.Ю. Чернышев. – М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 327 с.

191. *Martin, J.W.* Operational Excellence: Using Lean Six Sigma to Translate Customer Value through Global Supply Chains (Series on Resource Management) / J.W. Martin. – Boca Raton, 2007. – 664 p.

192. *Martínez-Jaramillo, J. E.* Long term impacts of climate change on the transition towards renewables in Switzerland/ J.E. Martínez-Jaramillo, A. Ackere, E. Larsen // Energy. – 2023. – Vol. 263.– P. 1–14.

193. *Mcgrath, J.* Project Management Trends and New Challenges 2020+ / J. Mcgrath, J. Kostalova. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digilib.uhk.cz/bitstream/handle/20.500.12603/261/McGrath%2c%20Ko%2c%20a1%2c%20a5%2c%20a1%20%281%29%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 12.02.2023).

194. *Medinilla, Á.* Agile Management: Leadership in an Agile Environment / Á. Medinilla, K. Madadipouya. – Springer, 2012. – 184 p.

195. *Meredith, J.R.* Project Management: A Managerial Approach / J.R. Meredith, S.J. Mantel. – 8th ed. – Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2012.

196. *Meyer, N.D.* Principle-based Organizational Structure: a handbook to help you engineering the pre neural thinking and teamwork into organizations of any size / N.D. Meyer. – Hawthorne: NDMA Publishing, 2017. – 448 p.

197. *Mierzwiak, M.* Multi-Criteria Analysis for Solar Farm Location Suitability / M. Mierzwiak, B. Calka // Reports on Geodesy and Geo informatics. – 2017. – Vol. 104. – Issue 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/rgg.2017.104.issue-1/rgg-2017-0012/rgg-2017-0012.pdf> (дата обращения: 25.02.2018).

198. *Mitchell, I.* Agile Development In Practice / I. Mitchell. – Columbia: TamaRe House, 2016. – 262 p.

199. *Morris, P.W.G.* Reconstructing Project Management / P.W.G. Morris. – Wiley-Blackwell, 2013. – 342 p.

200. *Netscher, P.* Construction Management: From Project Concept to Completion / P. Netscher. – Charleston: Create Space Independent Publishing Platform, 2017. – 372 p.

201. *Parsons, T.* Economy and Society: A Study in the Integration of Economic and Social Theory / T. Parsons, Neil J. Smelser. – Routledge & Kegan Paul, 1984. – 322 p.

202. Project Management, Planning and Control. Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. Albert Lester Qualifications. – 6th ed. – Butterworth-Heinemann, 2013. – 592 p.

203. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series // IRENA. – 2012, June. – Vol. 1. – Issue 3/5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-HYDROPOWER.pdf (дата обращения: 28.07.2017).

204. *Ries, M.* Agile Project Management: A Complete Beginner's Guide to Agile Project Management / M. Ries, D. Summers. – Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2016. – 160 p.

205. *Rodriguez, L.* Designing and Building Mini and Micro Hydro Power Schemes: A Practical Guide / L. Rodriguez, T. Sanchez. – Rugby: Practical Action, 2011. – 320 p.

206. *Rothman, J.* Agile and Lean Program Management: Scaling Collaboration Across the Organization / J. Rothman. – Columbia: Practical Ink, 2016. – 221 p.

207. *Ryane, R.* Automatisation du Project Management Office (Omn. Univ. Europ.) / R. Ryane. – Bucharest: Éditions universitaires européennes, 2014. – 80 p.

208. *Saxena, V.* Recent Trends in the Optimization of Renewable Distributed Generation / V. Saxena, N. Kumar, U. Nangia // Ingeniería e Investigación. – 2022. – Vol. 42 (3). – P. 1–13.

209. *Schwab, K.* The Fourth Industrial Revolution Paperback / K. Schwab. – Geneva, 2016. – 198 p.

210. *Sharpe, D.* Wind Energy / D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi. – N. Y.: John Wiley & Sons, 2001. – 617 p.

211. *Silva, M.* Bedtime Stories for Project Managers: And others with trouble sleeping / M. Silva. – Columbia: Create Space Independent Publishing Platform, 2016. – 103 p.

212. *Soe, T.T.* Assessment of economic feasibility on promising wind energy sites in Myanmar / T.T. Soe, Z.N. Aung, M. Zheng // International Journal of Renewable Energy Research. – 2015. – № 5 (3). – P. 699–707.

213. *Stenbeck, J.* Agile Almanac Book 2: Programs with Multi and Virtual-Team Environments / J. Stenbeck, J. Montalbano, M. Phillipy, D.P. Martin. – Spokane: GR8PM, Inc., 2017. – 560 p.

214. *Straçusser, G.* Agile project management concepts applied to construction and other non-IT fields / G. Straçusser // Project Management Institute. – 10.10.2015. Paper presented at PMI® Global Congress 2015 – North America, Orlando, FL. Newtown Square, PA: Project Management Institute [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-construction-9931> (дата обращения: 22.11.2022).

215. *Sunak, Y.* A GIS-based Decision Support System for the Optimal Siting of Wind Farm Projects / Y. Sunak, T. Höfer, H. Siddique, R. Madlener, R.W. DeDoncker // E.ON Energy Research Center Series. – 2016. – Vol. 7. – Issue 2. – P. 79–91.

216. *Suresh, V.* Economic dispatch and cost analysis on a power system network interconnected with solar farm / V. Suresh, S. Sreejith // International Journal of Renewable Energy Research. – 2015. – № 5 (4). – P. 1098–1105.

217. *Truss, C.* Employee Engagement in Theory and Practice Paperback / C. Truss, K. Alfes, R. Delbridge. – Routledge, 2013. – 336 p.

218. *Tomc, E.* Community renewable energy networks in urban contexts: The need for a holistic approach / E. Tomc, A.M. Vassallo // International Journal of Sustainable Energy Planning and Management. – 2015. – № 8. – P. 31–42.

219. *Wagner, H.-J.* Introduction to Hydro Energy Systems: Basics, Technology and Operation (Green Energy and Technology) / H.-J. Wagner, J. Mathur. – Springer, 2011. – 130 p.

220. *Wang, J.* Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making / J. Wang, Y. Jing, C. Zhang, J. Zhao // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – Vol. 13. – № 9. – P. 2263–2278.

221. *Wiggelinkhuizen, E.* Assessment of Condition Monitoring Techniques for Offshore Wind Farms / E. Wiggelinkhuizen, T. Verbruggen, H. Braam, L. Rademakers, J. Xiang, S. Watson // Journal of Solar Energy Engineering. – 2008. – № 130:3. – P. 1–10.

222. *Zhiltsov, S.A.* Application of an innovative wind power generator for electric power supply to remote consumers / S.A. Zhiltsov, A.A. Karpushin // Modern Science. – 2017. – № 3. – P. 32–39.

223. *Akhmetshin, E.* The formation of the contemporary renewable energy sector and its role in the industry development / E. Akhmetshin, S. Zhiltsov, A. Dmitrieva, A. Plotnikov, A. Kolomeytseva // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2019. – № 9 (6). – P. 373–378.

Диссертации и авторефераты диссертаций

224. *Агабекян, А.В.* Управление инвестиционными проектами энергосбережения жилищно-коммунального хозяйства на основе развития форм государственно-частного партнерства : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Андрей Владимирович Агабекян; Орловский гос. техн. ун-т. – Орел, 2009. – 19 с.

225. *Бучнев, А.О.* Инновационное развитие возобновляемой энергетики : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Александр Олегович Бучнев; Рос. акад. нар. хоз-ва и гос. службы при Президенте РФ. – М., 2016. – 26 с.

226. *Матвеев, В.В.* Повышение эффективности инвестиционно-строительных проектов на основе рационального выбора системы энергообеспечения : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Виктор Викторович Матвеев; С.-Петербур. гос. инженер.-эконом. ун-т. – СПб., 2007. – 18 с.

227. *Холдин, А.В.* Моделирование инновационной деятельности по обеспечению надежности и стабильности систем энергоснабжения : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Александр Васильевич Холдин; Гос. акад. проф. переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиц. сферы. – М., 2011. – 29 с.

Интернет-ресурсы

а) на русском языке

228. Возобновляемая энергетика в России и мире // Российское энергетическое агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosenergo.gov.ru/vie->

report/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%92%D0%98%D0%AD.pdf (дата обращения: 03.02.2023).

229. В словах Путина о страданиях червей и птиц из-за ветряков увидели угрозу инвестиционному имиджу // Forbes Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/379705-v-slovah-putina-o-stradaniyah-chervey-i-ptic-iz-za-vetryakov-uvide-li-ugrozu>: (дата обращения: 04.02.2023).

230. Геотермальная энергетика в России // Alt Energiya.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://altenergiya.ru/termal/geotermalnaya-energetika-v-rossii.html> (дата обращения: 12.02.2023).

231. Департамент проектного управления и обеспечения деятельности Министерства // Министерство энергетики Российской Федерации (офиц. сайт) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/51> (дата обращения: 12.01.2023).

232. Заседание Президиума Государственного совета № 36. Доклад «Об основах государственной политики Российской Федерации в районах Севера» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://archive.kremlin.ru/text/appears2/2004/04/28/97302.shtml> (дата обращения: 20.03.2019).

233. Инженерное программное обеспечение и проекты мирового класса для энергетической отрасли // AVEVA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aveva.com/ru-RU> (дата обращения: 23.11.2016).

234. Комитет Государственной Думы по энергетике провел Круглый стол на тему: «Развитие гидроэнергетики в Российской Федерации: перспективы, проблемные вопросы» // Комитет Государственной Думы по энергетике. – 02.07.2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.komitet2-13.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/16452101> (дата обращения: 22.01.2023).

235. Международный центр устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isedc-u.com> (дата обращения: 05.11.2022).

236. Минэнерго России создан новый Департамент по проектному управлению // Министерство энергетики Российской Федерации. – 25.04.2017 [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/7826> (дата обращения: 04.02.2023).

237. Мощность солнечного излучения. Среднемесячная полная инсоляция // Energy Wind [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://khd2.narod.ru/gratis/insolate.htm#MOSCOW> (дата обращения: 05.01.2023).

238. Основные направления и перспективы развития альтернативной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://https://ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-211/tehnologii/osnovnye-napravleniya-i-perspektivy-razvitiya-alternativnoy-energetiki> (дата обращения: 06.02.2023).

239. Показатели преступности России // Генеральная прокуратура РФ: Портал Правовой статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://crimestat.ru/offenses_rate (дата обращения: 12.02.2023).

240. Результаты отборов проектов // Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.atsenergo.ru/vie/proresults> (дата обращения: 02.02.2023).

241. Рекомендации «круглого стола» Комитета Государственной Думы по энергетике на тему «О законодательном обеспечении развития распределенной генерации для удаленных и труднодоступных территорий Крайнего Севера и Дальнего Востока» // Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://komitet2-13.km.duma.gov.ru/Rabota/Rekomendacii-po-itogam-meropriyatij/item/26802626> (дата обращения: 11.02.2023).

242. Средняя скорость ветра по Красноярскому краю // Energy Wind [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/sibir/krasnoyarskij-kraj> (дата обращения: 05.01.2019).

243. Таблица инсоляции по регионам России по месяцам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mobilpower.ru/article_info.php?articles_id=31 (дата обращения: 19.02.2018).

244. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. // Министерство энергетики Российской Федерации (офиц. сайт). [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 09.02.2023).

245. EES ЕАЕС. Мировая энергетика // Установленная мощность ВИЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eeseaec.org/ustanovlennaa-mosnost-vie> (дата обращения: 02.02.2023).

б) на иностранных языках

246. 15th State of Agile Report. Agile adoption accelerates across the enterprise. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stateofagile.com/#ufh -i-661275008-15th-state-of-agile-report/7027494> (дата обращения 10.02.2023).

247. Abu Dhabi plant to produce region's cheapest electricity from solar // The National Business. – 01.03.2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.thenational.ae/business/energy/abu-dhabi-plant-to-produce-regions-cheapest-electricity-from-solar> (дата обращения: 20.05.2021).

248. Adoption of the Paris Agreement FCCC/CP/2015/L.9 // United Nations. – 12.12.2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf> (дата обращения: 09.02.2023).

249. Agile Manifesto for Software Development // Agile Alliance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agilealliance.org/agile101/the-agile-manifesto> (дата обращения: 01.02.2023).

250. Agile Nations Charter. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/publications/agile-nations-charter> (дата обращения 10.02.2023).

251. A Guide to the Project Management Body of Knowledge // Project Management Institute. 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok> (дата обращения: 21.04.2021).

252. A guide to UK mini-hydro developments // The British Hydropower Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.british->

hydro.org/wp-content/uploads/2018/03/A-Guide-to-UK-mini-hydro-development-v3.pdf
(дата обращения: 24.01.2023).

253. Biomass Power Guide // New York State Renewable Portfolio Standard; New York State Energy Research and Development Authority [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Files/EDPPP/Energy-and-Environmental-Markets/RPS/RPS-Documents/NYS-RPS-biomass-guidebook.pdf> (дата обращения: 24.02.2018).

254. *Boogaard K.* Project Management Trends and Predictions for 2019 / К. Воогаард [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.goskills.com/Project-Management/Articles/Project-management-trends-predictions-2019> (дата обращения: 09.02.2023).

255. Building Energy Management Solutions and Software // Lucid Design Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lucidconnects.com> (дата обращения: 10.02.2022).

256. *Chakrapani, Ch.* Eliciting and Analyzing Customer Complaints / Ch. Чакрапани [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chuckchakrapani.com/articles/pdf/91060555chakrapani.pdf> (дата обращения: 12.02.2023).

257. China Investment Guide: The World's Best Hydro Returns // Forbes. – 08.01.2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.com/sites/russellflannery/2011/02/08/2011-china-investment-guide-the-worlds-best-hydro-returns/#33a8a51fbee5> (дата обращения: 23.01.2023).

258. *Cozzi, L.* The Outlook for Renewable Energy / L. Cozzi, M. Baroni, B. Wanner, S. Vouckaert // World Energy Outlook. – 08.12.2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=44rvJkiRJI8&feature=youtu.be> (дата обращения: 21.01.2023).

259. Cost of Energy Technologies // World Energy Council. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/WEC_J1143_CostofTECHNOLOGIES_021013_WEB_Final.pdf (дата обращения: 28.07.2021).

260. Cost trends of Renewable Energy Technologies for the Power Generation // *Synwoldt Ch., Reis A. Technology Cooperation in the Energy Sector. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2011* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://energypedia.info/images/c/cc/Cost_Trends_of_Renewable_Energy_Technologies_for_the_Power_Generation.pdf (дата обращения: 11.02.2023).

261. Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v7_1.pdf (дата обращения: 20.07.2021).

262. Factsheet: How big are energy subsidies and which fuels benefit? // International Energy Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2011/factsheets.pdf> (дата обращения: 20.07.2021).

263. Foundational Standards // Project Management Institute [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational> (дата обращения: 21.04.2021).

264. Energy Management Systems (EMSs) // Gartner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gartner.com/it-glossary/energy-management-systems-ems> (дата обращения: 23.11.2021).

265. Entronix Energy Management // Energy Solutions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thenergy.com/our-solutions/energy-intelligence-software> (дата обращения: 12.02.2023).

266. FAQs Solar Farm Svogtsolarltd // Vogtsolarltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vogtsolar.co.uk/en/home/why-solar/faqs-solar-farms> (дата обращения: 21.11.2020).

267. Global Contact Services [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://globalcontactservices.net/about_us.html (дата обращения: 12.02.2023).

268. How long does it take to build a hydroelectric power station? // Association Québécoise De La Production D'énergie Renouvelable [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <https://aqper.com/en/how-long-does-it-take-to-build-a-hydroelectric-power-station> (дата обращения: 21.11.2019).

269. Hydro electric Services // IEC Corporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023).

270. IBM TRIRIGA Capital Project Management Software // IBM TRIRIGA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www-03.ibm.com/software/products/ru/ibmtrircapiprojmanasoft> (дата обращения: 12.02.2023).

271. International Standard. Windturbines – Part 1: Design requirements // IEC 61400-1. Thirded. 2005-08. International Electrotechnical Commission. – Geneva. 2005. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61400-1%7Bed3.0%7Den.pdf (дата обращения: 28.11.2019).

272. Klimaschutzplan – 2050 // Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung BMUB-Hausentwurf vom. – 06.09.2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bmwk.de/%20Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/klimaschutzplan-2050.pdf?%20_blob=publicationFile&v=4 (дата обращения: 09.02.2023).

273. Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2017 // U.S. Energy Information Administration [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf (дата обращения: 28.07.2022).

274. Long-term price trends for computers, TVs, and related items // U.S. Bureau of Labor Statistics. – 13.10.2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bls.gov/opub/ted/2015/long-term-price-trends-for-computers-tvs-and-related-items.htm> (дата обращения: 20.07.2020).

275. Onshore wind is more competitive than ever // Wind Power Monthly [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.windpowermonthly.com/article/1330525/onshore-wind-competitive-ever> (дата обращения: 20.07.2019).

276. Open Energy Index. (n.d.) Transparent cost database – LCOE // Open Energy Information. Transparent Cost Database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.openei.org/apps/TCDB> (дата обращения: 20.07.2022).

277. Practice Standards & Framework // Project Management Institute. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/framework> (дата обращения: 12.03.2023).

278. Primavera Enterprise Project Portfolio Management // Oracle. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.oracle.com/applications/primavera/index.html> (дата обращения: 12.02.2023).

279. PRIME Contractors.inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.primecontractorsinc.com> (дата обращения: 12.02.2023).

280. 12 Principles Behind the Agile Manifesto // Agile Alliance. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agilealliance.org/agile101/12-principles-behind-the-agile-manifesto> (дата обращения: 20.11.2022).

281. PV Market Allianceann ounces the 2016 PV market at 75 GW and a stablemarket in 2017 // The PV Market Alliance. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pvmarketalliance.com/pv-market-alliance-announces-the-2016-pv-installations-at-75-gw-and-a-stable-market-in-2017> (дата обращения: 12.02.2023).

282. *Rastogi, A.* Project Management 2019 trends / A. Rastogi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.greycampus.com/blog/project-management/top-project-management-trends-in-2019> (дата обращения: 09.02.2023).

283. Reduce engineering and construction risk and simplify real estate // SAP. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sap.com/industries/engineering-construction-management.html> (дата обращения: 12.02.2023).

284. Renewable Energy: Solar and Wind Technology // Ansys. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ansys.com/solutions/solutions-by-industry/energy/renewable-energy> (дата обращения: 23.11.2022).

285. Share of renewable energy in gross final energy consumption // Eurostat. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_31&plugin=1 (дата обращения: 20.07.2019).

286. Share of renewables in electricity production // The Enerdata Yearbook. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 02.02.2023).

287. Site Selection Criteria For A Solar Pv Plant. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gise.in/uploads/downloads/1490881948_site-selection.pdf (дата обращения: 26.01.2018).

288. Small Hydro Power – Investor Guide // Wladyslaw Bobrowicz, Koncern Energetyczny SA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sier.ro/Small_Hydro_Power.pdf (дата обращения: 20.02.2018).

289. Solar Services // IEC Corporation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023).

290. Subproject Eligibility Criteria And Selection Procedure // Asian Development Bank. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/46453-002-sd-01.pdf> (дата обращения: 12.02.2023).

291. The Art Of Project Management – Past, Present, Future // Reinhard Wagner. IPMA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blog.ipma.world/the-art-of-project-management-past-present-future> (дата обращения: 22.07.2020).

292. The Big Picture, In Great Detail // AVEVA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aveva.com/ru-RU/Your_Industry/Power_and_Uilities (дата обращения: 19.11.2020).

293. The oil and gas organization of the future // McKinsey & Company. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future> (дата обращения: 12.02.2023).

294. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705]. – United Nations, 1992. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (дата обращения: 09.02.2023).

295. Utility Scale Solar Power Plants: a Guide for Developers and Investors // International Finance Corporation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/04b38b804a178f13b377ffdd29332b51/SOLAR%2BGUIDE%2BBOOK.pdf?MOD=AJPERES> (дата обращения: 26.01.2018).

296. What would the hydro return on investment be? // Renewables First. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learning-centre/what-would-the-return-on-investment-be> (дата обращения: 23.01.2023).

297. Wind energy's frequently asked questions (FAQ) // EWEA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ewea.org/wind-energy-basics/faq> (дата обращения: 21.11.2022).

298. Wind power choosing a site and getting planning permission // Energy Saving Trust. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energysavingtrust.org.uk/sites/default/files/reports/wind%20power%20choosing%20a%20site%20and%20getting%20planning%20permissions%20%28Scotland%29.pdf> (дата обращения: 29.11.2022).

299. Wind Services // IEC Corporation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iec-corporation.com/renewable-energy.html> (дата обращения: 12.02.2023).

300. World Energy Outlook. Chapter 1: Introduction and scope // International Energy Agency. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016 Chapter1.pdf> (дата обращения: 20.08.2018).

301. World Energy Outlook 2011. Executive Summary // International Energy Agency. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebbsite/2011/executive_summary.pdf (дата обращения: 21.05.2019).

302. 20 years inside the mind of the CEO... What's next? // PwC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.com/gx/en/ceo-survey/2017/pwc-ceo-20th-survey-report-2017.pdf> (дата обращения: 11.02.2023).

303. 2030 Climate & Energy Framework // European Commission. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (дата обращения: 16.01.2023).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Особенности проектного управления объектами энергоснабжения на различных стадиях и этапах жизненного цикла проекта

| Стадия/этап жизненного цикла объекта энергоснабжения | Решаемые технико-экономические задачи | Инструменты управления |
|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| <i>Стадия создания объекта</i> | | |
| <p>Этап предпроектной подготовки</p> | <p>Инициация проекта, определение заинтересованных сторон, поиск инвесторов, генерального проектировщика, генерального подрядчика, земельного участка для строительства, оценка природно-климатических и геолого-геодезических условий строительства объекта энергоснабжения, определение объема необходимых энергоресурсов на основе информации об энергетических потребностях потребителей, составление бизнес-плана, получение разрешительной документации, разработка бизнес-плана, оценка рисков проекта, плановая оценка экономического, социального и экологического эффектов от реализации проекта, организация и контроль выполнения сроков реализации изыскательных работ и исполнения бюрократических процедур</p> | <p>Формулирование бизнес-идеи, миссии и видения проекта, сметное планирование, проведение плановых технико-экономических расчетов, составление плановой финансовой отчетности (баланса, отчета о финансовых результатах, о движении денежных потоков), расчет дисконтированной стоимости проекта, изучение рынка, конкурентов, поставщиков оборудования, сегментация потребителей, стратегическое планирование, SWOT-анализ, PEST-анализ, расчет точки безубыточности и периода окупаемости проекта, анализ времени выхода на рынок, анализ возможности изменения рыночных тенденций, составление плановых балансов мощности, определение потребности в персонале и возможностей для ее удовлетворения, планирование организационной структуры объекта энергоснабжения, определение целевых ключевых показателей эффективности, их плановый расчет, оформление документации для получения государственных разрешений на строительство и проведение предпроектных инженерных изысканий и геолого-геодезических работ, диаграммы Ганта</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---|
| Этап проектной подготовки | Разработка проекта строительства объекта, организация процесса проектирования, координация участников процесса разработки проекта (заказчиков, инвесторов, архитекторов, инженеров, конструкторов, технологов и т.д.), учет, обработка, анализ и хранение проектной документации, оптимизация инженерно-конструктивных решений вопросов генерации, аккумуляции и транспортировки энергии к потребителям (в том числе обоснование выбора типа и мощности энергогенерирующей установки и типа аккумуляющей энергосистемы, проектирование плана коммутаций сети, обоснование выбора программного комплекса для управления объектом энергоснабжения и т.д.), подготовка пакета документов для прохождения технико-экологической экспертизы проекта | Разработка генерального плана объекта, проведение инженерных расчетов, сметное планирование, расчет критического пути, рисков и резервов, оптимизация инженерно-конструктивных решений и сметной стоимости проекта, корректировка показателей бизнес-плана, контроль исполнения сроков, установленных для этапов разработки проекта, проведение регулярных встреч между инженерно-техническими специалистами и представителями заказчика с целью согласования и утверждения основных технико-экономических решений, проведение проверки на соответствие архитектурных, инженерно-конструктивных и технологических решений проекта санитарно-эпидемиологическим, строительным и экологическим нормам законодательства РФ |
| Этап строительства объекта (проведение СМР) | Планирование и организация СМР, контроль порядка, последовательности, сроков и качества их выполнения, координация деятельности участников строительства, обеспечение своевременности поставок материалов и трудовых ресурсов необходимого уровня квалификации на строительную площадку, сбор, обработка, учет, анализ и хранение полученной информации, корректировка организационно-финансовых и координационных аспектов строительства | Диаграммы Гантта, определение типа организационной структуры управления СМР, ведение полевых строительных реестров, проведение переговоров с поставщиками и подрядчиками, мотивирование персонала на строительной площадке, управление на основе принципа ведущего звена и концентрации усилий: выявление узких мест в производстве (слабая механизация и автоматизация строительства, недостаточно высокая квалификация строительного персонала, нарушение сроков поставок строительных материалов и т.д.) и направление усилий всего коллектива на преодоление этих вызовов |
| Этап сдачи объекта в эксплуатацию | Контроль качества строительно-монтажных работ, контроль соответствия построенных объектов и их конструктивных элементов проектной документации | Проведение авторского надзора, пробный пуск оборудования, инвентаризация товарно-материальных ценностей, осмотр построенных объектов, подписание актов инвентаризации и актов приемки-передачи выполненных работ |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---|
| <i>Стадия эксплуатации объекта</i> | | |
| Административно-хозяйственное управление | | |
| Этап роста | <p>Обеспечение достижения плановых показателей по объемам доходов, расходов, генерации и потребления энергии, разработка и корректирование тарифной политики, составление, анализ и корректировка энергетических балансов мощности, организация процедур внутреннего контроля за исполнением финансовой дисциплины, сохранностью ТМЦ, правильностью и своевременностью предоставления финансовой и статистической отчетности, составление годовых отчетов для собрания учредителей, создание условий для усиления позитивного влияния факторов, формирующих ценность для потребителя, управление постоянными и переменными издержками, поиск возможностей расширения рынка сбыта энергии, управление интеллектуальным капиталом и т.д.</p> | <p>Стратегическое, тактическое и операционное планирование, разработка, анализ и корректирование тарифной рыночной политики, калькуляция издержек эксплуатации технологий энергоснабжения, SWOT-анализ, PEST-анализ, изучение удовлетворенности потребителей, бенчмаркинг, сегментация клиентов, составление плановых и фактических балансов мощности, калькулирование себестоимости энергии, планирование и реализация эффективной хозяйственно-сбытовой деятельности объекта энергоснабжения, анализ прибылей и убытков, постоянных и переменных издержек, степени достижения точки безубыточности и плановых значений показателей, анализ факторов, влияющих на динамику фактических показателей, анализ дисконтированных денежных потоков и добавленной экономической стоимости, ROA и ROI, финансового состояния объекта энергоснабжения, корректировка соответствующих параметров с целью ликвидации «узких» мест в управлении, анализ эколого-социального эффекта, внедрение удобных для потребителей способов оплаты услуг энергоснабжения, основанных на использовании инновационных технологий, изучение степени заинтересованности персонала, оценка возможностей и (при необходимости) использование аутсорсинга некритически важных функций, внедрение стимулирующих систем оплаты труда и др.</p> |
| Этап зрелости | <p>Разработка, реализация, анализ эффективности и корректирование стратегий роста, совершенствование всех звеньев цепочки создания потребительской ценности (организационной структуры и инфраструктуры предприятия, кадровой политики, технологий, бизнес-процессов, логистики, маркетинговой политики, качества</p> | <p>Изучение удовлетворенности потребителей и сотрудников, совершенствование показателей качества обслуживания потребителей, анализ текучести кадров, разработка эффективных систем стимулирования персонала, корректирование тарифной политики в соответствии со стратегическими целями проекта, дивидендной политикой, рыночными</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| | <p>обслуживания потребителей энергии и т.д.), анализ возможностей создания стратегических альянсов и интеграции цепочки поставок, управление отношениями с потребителями энергии и др.</p> | <p>и отраслевыми тенденциями, повышение квалификации персонала, развитие ключевых компетенций, анализ экологических и социальных эффектов, анализ возможности изменения рыночных тенденций, реинжиниринг бизнес-процессов, оптимизация затрат времени, анализ эффективности накладных расходов, анализ акционерной стоимости, всесторонний финансовый анализ, анализ экологических и социальных эффектов, процессно-ориентированное управление, сбалансированная система показателей (ключевые показатели эффективности), бенчмаркинг, система оплаты труда по результатам и др.</p> |
| <p>Износ и ликвидация объекта</p> | <p>Вывод объекта энергоснабжения из эксплуатации, подведение итогов реализации проекта, анализ результатов и эффективности проекта, контроль сроков выполнения бюрократических процедур и т.д.</p> | <p>Проведение учредительного собрания по вопросу ликвидации объекта, создание ликвидационной комиссии, проведение инвентаризации, оценка остаточной стоимости активов, погашение обязательств перед заинтересованными сторонами в порядке степени их приоритетности согласно законодательству, подписание актов вывода имущества из эксплуатации, составление ликвидационного баланса, государственное оформление ликвидации предприятия, демонтаж объекта и сдача вышедших из эксплуатации конструктивных элементов оборудования в утилизацию или реконструкция зданий, сооружений и оборудования, финансово-экономический анализ, расчет ключевых показателей эффективности, сравнение плановых и фактических значений ключевых показателей эффективности, анализ причин и факторов успеха/неуспеха проекта, диаграммы Ганта и т.д.</p> |
| Производственно-техническое управление, в том числе диспетчерско-операционное управление | | |
| <p>Этап роста</p> | <p>Сбалансирование графиков генерации, распределения и потребления энергии, обеспечение непрерывности производственного процесса электрогенерирующего объекта, определение удельного веса объема производства и распределения</p> | <p>Тестирование, настройка и оптимизация режимов и графиков работы оборудования в соответствии с энергетическими потребностями потребителей и графиком пиковых нагрузок, составление и анализ энергетических балансов, регистрация,</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|--|--|
| | <p>энергии объекта энергоснабжения в совокупной мощности системы, выявление роли объекта энергоснабжения в регулировании частоты и напряжения тока, корректировка плана коммутаций сети, регулирование релейной защиты, определение удельного веса резерва объекта энергоснабжения в совокупном объеме резерва электроэнергетической системы, выдача разрешений на ремонт оборудования, организация и управление предотвращением и ликвидацией последствий аварий, при которых оборудование не защищено системами аварийной автоматики, и т.д.</p> | <p>сбор, обработка, анализ и хранение информации об объемах генерации и потребления энергии, о графиках и режимах работы оборудования, мониторинг надежности работы оборудования, документирование и анализ частоты сбоев и отказов в работе оборудования, времени простоя оборудования, частоты и времени реагирования на аварийные ситуации, сбалансирование нагрузки с источником, проведение ремонтов оборудования, выявление и анализ потерь энергии в процессе производства и транспортировки до потребителей, расчет значений технико-экономических параметров работы системы энергоснабжения, анализ динамики потребления энергии на собственные нужды и др.</p> |
| Этап зрелости | <p>Контроль качества энергоснабжения, расширение возможностей создания запаса энергии в готовом для использования виде, развитие энергетической инфраструктуры, обеспечение высокой надежности и маневренности энергогенерирующих установок и транспортной энергетической инфраструктуры, регулирование релейной защиты, выдача разрешений на ремонт оборудования, организация и управление предотвращением и ликвидацией последствий аварий, при которых оборудование не защищено системами аварийной автоматики, и т.д.</p> | <p>Составление и анализ энергетических балансов, мониторинг динамики объемов и качества энергоснабжения потребителей, регистрация, сбор, обработка, анализ и хранение информации об объемах генерации и потребления энергии, графиках и режимах работы оборудования, мониторинг надежности работы оборудования, документирование частоты сбоев и отказов в работе оборудования, времени простоя оборудования, частоты и времени реагирования на аварийные ситуации, составление графиков плановых осмотров, профилактики и ремонтов оборудования и др.</p> |
| Износ и ликвидация объекта | <p>Подготовка технологического оборудования к выводу из эксплуатации и др.</p> | <p>Проведение технологической экспертизы, оценка остаточной стоимости оборудования и объектов транспортной энергетической инфраструктуры, ремонт оборудования в случае принятия решения собственниками о его продаже перед ликвидацией предприятия и др.</p> |

Примечание: СМР – строительно-монтажные работы.

Источники: составлено автором по: Лялин А.М., Бронникова Т.С., Разу Б.М., Титов С.А., Якутин Ю.В. Управление проектом. Основы проектного управления / под ред. проф. М.Л. Разу.

3-е изд., перераб. и доп. М.: КНОРУС, 2010. 760 с.; *Грей К.Ф., Ларсон Э.У.* Управление проектами: практическое руководство / пер. с англ. М.: Дело и Сервис, 2003. 528 с.; *Qualifications A.L.* Project Management, Planning and Control, Sixth Edition: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. 6th ed. Butterworth-Heinemann, 2013. 592 p.; *Кочетков А.И., Никешин С.Н., Рудаков Ю.П., Шапиро В.Д., Шейнберг М.В.* Управление проектами. Зарубежный опыт. СПб.: ДваТрИ, 1993. 446 с.; *Artto K., Heinonen R., Arenius M., Kovanen V., Nyberg T.* Global Project Business and the Dynamics of Change. Technology Development Centre Finland (Tekes). Finland: PMA, 1998; *Meredith J.R., Mantel S.R.* Project Management: A Managerial Approach. 8th ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2012; *Дитхелм Г.* Управление проектами: в 2 т. Т. 1 / пер. с нем. СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2004. 400 с.

**Критериальное пространство для выбора
инновационной системы энергоснабжения удаленных пользователей**

| Критерий | Показатель | Значение |
|--|--|--|
| Техническая осуществимость | Среднегодовая скорость ветра на высоте 80 м | $> 5-5,25$ м/с |
| | Средняя удельная плотность энергии ветрового потока | 500 Вт/м ² (при скорости ветра 10 м/с) |
| | Плотность потока солнечного излучения на поверхности земли в солнечный день | 1 кВт/м ² |
| | Среднегодовая плотность потока солнечного излучения | 250 Вт/м ² (для средней полосы России – 120 Вт/м ²). |
| | Интенсивность инсоляции (прямое нормальное излучение) для КСЭ | 1800 кВтч/м ² |
| | Интенсивность инсоляции для ФЭК | 2200 кВтч/м ² |
| | Плотность энергии водного потока | 500 Вт/м ² (при скорости 1 м/с) |
| | Высота гидравлического напора МГЭС: | |
| | – высоконапорные | > 100 м |
| | – средненапорные | $30-100$ м |
| | – низконапорные | < 30 м |
| | Допустимый уровень забора воды | Не более 10% |
| | КПД ВИЭ (доля энергии, которая может быть преобразована в механическую энергию): | |
| | – гидроресурсы (в зависимости от расчетной гидравлической нагрузки) | $0,33-0,7$ |
| | – ветер | $0,3-0,4$ |
| | – солнце: | |
| | в среднем, тепловая и лучистая энергия | $0,3-0,35$ |
| | фотоэлектрические преобразователи тонкопленочные | $0,09-0,1$ |
| | фотоэлектрические преобразователи монокристаллические | $0,15-0,22$ |
| | высокоэффективные фотогальванические концентраторы | $0,4-0,42$ |
| | – биотопливо | до $0,3$ |
| | Коэффициент использования установленной мощности (для ВЭС более 100 кВт) | Не менее 20% |
| | Эффективность использования ветровой энергии | Может достигать до $4-6$ МВт (увеличивается с ростом мощности ВЭУ) |
| Удельный вес территорий, которые могут использоваться для размещения ВЭС | Не более 30% | |

| Критерий | Показатель | Значение |
|-----------------------------|--|--|
| | <p>Возможность снятия пиковой нагрузки (коэффициент покрытия пиковой нагрузки, <i>PLSC</i>) (показывает отношение среднечасового объема электроэнергии, производимого в часы критической нагрузки, к требуемому объему производства в периоды максимальных нагрузок):</p> $PLSC = \frac{\sum_{t=1}^n E(crit)}{crit}$ | Должно быть > 1 |
| | Емкость хранилища энергии (объем, продолжительность энергообеспечения при нулевой выработке) | Максимально приближена к энерг. потребностям потребителя, оптимальная по цене и доступности технологии |
| | Емкость хранилища для биомассы | Должна вмещать 5-дневный запас тепловой мощности котла или газификатора + дополнительные резервы с учетом сезонных колебаний поставок биотоплива |
| | Коэффициент воздуха (биомасса): | |
| | – горение | > 1 |
| | – газификация | < 1 |
| | – пиролиз | = 1 |
| Экономическая эффективность | <i>Микроэкономические</i> | |
| | Средняя приведенная стоимость энергии (<i>LCOE</i>): | Должна быть конкурентоспособной |
| | $LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CAPEX_t + OPEX_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$ | |
| | Чистая приведенная текущая стоимость (<i>NPV</i>) | > 0 |
| | Срок окупаемости проекта | Чем меньше, тем лучше |
| | Внутренняя норма прибыли, <i>IRR</i> | Приемлемая для инвесторов; чем выше, тем лучше |
| | Количество созданных рабочих мест | Чем выше, тем лучше, в границах экономической и технической целесообразности |
| | Рентабельность | > 1 |
| Отношение выгод к издержкам | > 1 | |
| Коэффициент покрытия долга | > 1 | |

| Критерий | Показатель | Значение |
|----------------------------|---|--|
| | <i>Макроэкономические</i> | |
| | Экономия за счет удешевления электрической и тепловой энергии на удаленной территории | Чем больше, тем лучше |
| | Повышение инвестиционной привлекательности территории | Качественный показатель |
| Экологическая безопасность | Количество вредных выбросов (при наличии), например, при использовании дизельных генераторов в комбинированных установках | Чем меньше, тем лучше |
| | Количество природных экосистем, на которые повлияет создание объекта энергоснабжения | Чем меньше, тем лучше |
| | Продолжительность негативного влияния на экосистемы | Чем меньше, тем лучше |
| | Продолжительность восстановительного периода экосистемы | Чем меньше, тем лучше |
| | Визуальные эффекты (изменение ландшафта, эффект мигания светотени (для ВЭС)) | Допустимое значение, согласно экологическим нормам |
| | Шумовые эффекты | |
| | Влияние на почвы | |
| Социальные эффекты | Одобрение местного сообщества | Желательно, качественный показатель |
| | Улучшение качества жизни | Качественный показатель |
| | Развитие инфраструктуры удаленных территорий (транспортные коммуникации, социальные и производственные учреждения, которые могут появиться благодаря решению проблемы энергоснабжения удаленной территории) | Чем больше, тем лучше |
| | Количество домохозяйств, которые вынуждены переселяться или переносить производство из-за строительства станции | 0 |

Примечание: КСЭ – концентраторы солнечной энергии; ФЭК – фотоэлектрические концентраторы.

Источники: составлено автором по: Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике // Рос. хим. журнал (журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. LII. № 6. С. 95–106.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Ключевые параметры строительства мини-ГЭС в пгт. Тура

Таблица В-1

Параметры водохранилища

| Показатель | Значение |
|--|---------------|
| Объем водохранилища полезный, тыс. м ³ | 106 868,59 |
| НПУ, м | 239 |
| УМО, м | 212 |
| Отметка дна НБ, м Б.С. | 140 |
| УНБ min, м Б.С. | 140,50 |
| УНБ max, м. Б.С. | 150,10 |
| Н max, м | 96,49 |
| Высота плотины, м | 37,0 |
| Суммарная выработка, кВтч | 28 426 105,20 |
| Зимняя дополнительная выработка в год 50% обеспеченности, кВтч | 7 506 627 |
| Гарантированная дополнительная летняя выработка в год 95% обеспеченности, кВтч | 8 422 884 |
| Летняя дополнительная выработка в год 50% обеспеченности, кВтч | 13 263 972 |

Источник: рассчитано автором.

Таблица В-2

Состав основных сооружений ГЭС

| Основное сооружение | Компоненты |
|----------------------------|---|
| Головной гидроузел | Плотина, водосбросные сооружения для пропуска строительных расходов, эксплуатационный водосброс |
| Деривация | Водоприемник, деривационный туннель |
| Станционный узел | Уравнительный резервуар, напорные водоводы, здание ГЭС |
| Отводящий тракт здания ГЭС | |

Источник: составлено автором.

Объемы основных строительно-монтажных работ

| Наименование работ | Ед. изм. | Створ-2. Плотина с ядром из суглинка | Створ-2. Плотина с диафрагмой из глинобетона | Створ-2. Плотина с экраном из мембраны | Створ-1. Плотина с ядром из суглинка | Створ-1. Плотина с диафрагмой из глинобетона | Створ-1. Плотина с экраном из мембраны |
|---|---------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|
| Выемка грунта | тыс. м ³ | 533,6 | 493,8 | 539,1 | 516,4 | 470,9 | 532,3 |
| Устройство ядра из суглинка | тыс. м ³ | 120,4 | 0 | 0 | 112,9 | 0 | 0 |
| Устройство диафрагмы из глинобетона | тыс. м ³ | 0 | 35,7 | 0 | 0 | 36,3 | 0 |
| Устройство противофильтрационного элемента из полимерной пленки | тыс. м ² | 0 | 0 | 36,6 | 0 | 0 | 39,5 |
| Укладка геотекстиля | тыс. м ² | 0 | 47,6 | 73,2 | 0 | 48,5 | 79 |
| Укладка горной массы в тело плотины | тыс. м ³ | 404,5 | 539,5 | 708,3 | 346,7 | 470,8 | 634,9 |
| Укладка ПГС в переходную зону | тыс. м ³ | 238,8 | 126,2 | 152,4 | 243,8 | 130,1 | 165,7 |
| Устройство цементационной завесы | тыс. п.м. | 9,6 | 9,6 | 9,6 | 10,9 | 10,9 | 10,9 |
| Укладка монолитного железобетона | тыс. м ³ | 67,5 | 63,6 | 60,5 | 35,6 | 30,9 | 27 |
| Монтаж механического оборудования | тыс. м ³ | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| Монтаж гидросилового оборудования | тыс. т | 9 | 9 | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,2 |
| Проходка туннеля диаметром 4–6 м | тыс. м ³ | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 |
| Выдача мощности в том числе: | | | | | | | |
| ЛЭП 110 кВ | км | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Подстанции 110 кВ | шт. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ЛЭП 10 кВ | км | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Подстанции 10 кВ | шт. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Источник: рассчитано автором.

Перечень подсобно-вспомогательных предприятий

| Вид работ | Единица измерения мощности | Мощность по расчету |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Бетонное хозяйство в составе: | | |
| бетонный завод | м ³ /ч | 20 |
| склад цемента | м ³ | 350 |
| Дробильно-сортировочная установка | м ³ /ч | 25 |
| Участковое хозяйство генподрядчика: | | |
| автотранспортные предприятия | – | 1 |
| ремонтно-механические предприятия | – | 1 |
| Опалубочная мастерская | тыс. м ² в год | 2,09 |
| Арматурное производство | тыс. т в год | 0,2 |
| Базы специализированных организаций: | | |
| материальные склады | – | 2 |
| вахтовый поселок контейнерного типа | – | 1 |

Источник: рассчитано автором.

Потребность в энергоресурсах

| Наименование ресурсов | Единица измерения | Потребность |
|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Электроэнергия | тыс. кВтч | 6000 |
| Вода | м ³ /сутки | 151,22 |
| Сжатый воздух | м ³ /мин | 50,65 |
| Кислород | тыс. м ³ | 44,45 |
| Ацетилен | тыс. м ³ | 31,34 |

Примечание: потребность в энергоресурсах для проведения СМР определена на основании физических объемов.

Источник: рассчитано автором.

Показатели экологической безопасности строительства мини-ГЭС в пгт. Тура

| Показатель | Оценка |
|--|---|
| Количество вредных выбросов | При эксплуатации отсутствуют, при строительстве незначительные |
| Количество природных экосистем, на которые повлияет создание объекта энергоснабжения | 5 |
| Продолжительность негативного влияния на экосистемы | Стабилизация природных комплексов на территории влияния наступает обычно спустя 20 лет после наполнения водохранилища |
| Визуальные эффекты | Изменение ландшафта не повлечет значительных негативных последствий в силу низкой плотности населения и отсутствия вблизи строительства природных заповедников и историко-культурных памятников, имеющих большое культурное и эстетическое значение |
| Шумовые эффекты | При эксплуатации отсутствуют, при строительстве незначительные |
| Влияние на почвы. Влияние на флору | Незначительное в связи с небольшими размерами водохранилища (длина около 12 км, максимальная ширина – не более 1 км). Потеря почвенно-растительных ресурсов будет происходить в результате подтопления и переформирования берегов прибрежной зоны водохранилища. Изменение влажности и гидрохимического состава почв, климатических условий вблизи водохранилища и нижнего бьефа может оказать влияние на интенсивность развития растений, создать благоприятные условия для одних видов и неблагоприятные для других. Для минимизации негативного влияния на особо чувствительные к таким изменениям популяции редких и исчезающих видов растений необходимо их выявить и предусмотреть мероприятия по их сохранению |
| Влияние на фауну | В зону затопления и строительства Туринской ГЭС может попасть ареал обитания и пути миграции охотничьих животных и животных, занесенных в Красную книгу. Однако в связи с небольшими размерами водохранилища влияние на животный мир будет локальным и незначительным |
| Влияние на ихтиофауну | Создание водохранилища на р. Кандакан приведет к перестройке биоты и ихтиофауны, может снизиться рыбопродуктивность |

Источник: составлено автором.

Общие экономические параметры и условия, принятые в расчетах

| Показатель | Значение |
|--|----------|
| Год начала реализации проекта | 2018 |
| Срок проектирования и строительства, лет | 8 |
| Период временной эксплуатации, лет | 0 |
| Период нормальной эксплуатации, лет | 50 |
| Расчетный тариф на электроэнергию | 40 |
| Расчетный тариф на тепловую энергию | 13 |
| Расчетный тариф на летнюю дополнительную электроэнергию | 2 |
| Ставка дисконтирования, % | 11 |
| Выработка электроэнергии, млн кВтч гарантированная (для покрытия эл. нагрузок пгт. Тура) | 28,420 |
| Выработка электроэнергии, млн кВтч дополнительная (для покрытия тепловых нагрузок пгт. Тура) | 7,510 |
| Выработка электроэнергии, млн кВтч дополнительная летняя | 13,260 |
| Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВтч | 0,719 |
| Объем реализации электроэнергии, млн кВтч на теплоснабжение пгт. Тура | 6,791 |
| Уровень инфляции на: | |
| тариф на электроэнергию, % | 0 |
| тариф на тепловую энергию, % | 0 |
| стоимость топлива, % | 0 |
| затраты на строительство, % | 4,9 |
| заработную плату, % | 5,5 |
| Ставка налогов, % | |
| налог на добавленную стоимость (НДС) | 18 |
| налог на прибыль | 15,5 |
| налог на имущество | 0 |
| транспортный налог | 0 |
| налог на содержание жилищного фонда | 0 |
| сбор на нужды образовательных учреждений | 0 |
| налог на пользователей автомобильных дорог | 0 |
| налог на владельцев транспортных средств | – |
| налог на землю | – |
| отчисления в фонды НИОКР | – |
| местные налоги | – |
| Платежи в государственные внебюджетные фонды, % | – |
| ЕСН, % | 33,4 |
| НС ПЗ, % | 0,8 |
| Государственный фонд занятости | – |
| Фонд обязательного медицинского страхования | – |
| Размер дивидендов, % | – |
| Водный налог, руб./тыс. кВтч | 4,8 |

Источник: составлено автором.

Программа производства и реализации энергии

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| Установленная электрическая мощность ГЭС, МВт | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Количество блоков на станции, шт. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| График ввода блоков | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Число часов использования электрической мощности, ч | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Выработка электроэнергии, млн кВтч гарантированная (для покрытия эл. нагрузок пгт. Тура) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 |
| Выработка электроэнергии, млн кВтч дополнительная (для покрытия тепловых нагрузок пгт. Тура) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 7,510 | 7,510 | 7,510 | 7,510 | 7,510 | 7,510 | 7,510 |
| Выработка электроэнергии, млн кВтч дополнительная летняя | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 13,260 | 13,260 | 13,260 | 13,260 | 13,260 | 13,260 | 13,260 |
| Расход электроэнергии на собственные нужды, % | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВтч | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 |
| Объем реализации электроэнергии, млн кВтч на эл. снабжение пгт. Тура | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 | 28,420 |
| Объем реализации электроэнергии, млн кВтч на теплоснабжение пгт. Тура | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,791 | 6,791 | 6,791 | 6,791 | 6,791 | 6,791 | 6,791 |
| Потребность в доп. летней электроэнергии млн кВтч | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Окончание табл. В-8

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| Объем реализации доп. эл. энергии, млн кВтч летний период | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Суммарный объем вырабатываемой электроэнергии, млн кВтч | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 35,211 | 35,211 | 35,211 | 35,211 | 35,211 | 35,211 | 35,211 |
| Тариф на электроэнергию, руб./кВтч | 22,12 | 24,11 | 27,00 | 29,70 | 33,48 | 37,73 | 40,00 | 40,00 | 40,00 | 40,00 | 40,00 | 40,00 | 40,00 |
| Тариф на теплоэнергию, руб./кВтч | 7,70 | 8,39 | 9,40 | 10,34 | 11,65 | 13,13 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 |
| Тариф на доп. летнюю эл. энергию, руб./кВтч | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Выручка от реализации электроэнергии, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1136,800 | 1136,800 | 1136,800 | 1136,800 | 1136,800 | 1136,800 | 1136,800 |
| Выручка от реализации эл. энергии на теплоснабжение, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 88,283 | 88,283 | 88,283 | 88,283 | 88,283 | 88,283 | 88,283 |
| Выручка от реализации доп. летней эл. энергии, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Суммарная выручка от реализации, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1225,083 | 1225,083 | 1225,083 | 1225,083 | 1225,083 | 1225,083 | 1225,083 |
| НДС к выручке, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 220,515 | 220,515 | 220,515 | 220,515 | 220,515 | 220,515 | 220,515 |

Примечание: П – проектирование, С – строительство, Э – эксплуатация.

Источник: составлено автором.

Таблица В-9

Инвестиционные затраты в строительство

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|--|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С |
| Подготовка территории строительства | 0,000 | 0,000 | 11,373 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Основные объекты строительства, в том числе: | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 631,025 | 736,308 | 241,047 | 0,000 | 0,000 |
| Оборудование | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 92,159 | 184,318 | 30,720 | 0,000 | 0,000 |
| Каменно-земляная плотина | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 192,588 | 320,980 | 128,392 | 0,000 | 0,000 |
| Бетонный водосброс | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 163,206 | 54,402 | 54,402 | 0,000 | 0,000 |
| Водоприемник | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 31,212 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Деривация | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 107,775 | 107,775 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Турбинные водоводы | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,785 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Здание ГЭС (без оборудования) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 41,300 | 68,833 | 27,533 | 0,000 | 0,000 |
| Объекты подсобного и обслуживающего назначения | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 11,024 | 0,000 | 0,000 |
| Объекты энергетического хозяйства | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 224,606 | 224,606 | 112,303 | 0,000 | 0,000 |
| Объекты транспортного хозяйства и связи | 0,000 | 0,000 | 142,935 | 15,882 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Внешние инженерные сети | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 3,904 | 0,000 | 0,000 |
| Благоустройство и наружное освещение | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,301 | 0,000 | 0,000 |
| Временные здания и сооружения | 0,000 | 0,000 | 130,118 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Прочие работы и затраты | 0,000 | 0,000 | 63,956 | 63,956 | 95,934 | 95,934 | 0,000 | 0,000 |
| Содержание дирекции и авторский надзор | 0,000 | 0,000 | 1,952 | 1,952 | 1,952 | 1,952 | 0,000 | 0,000 |
| Подготовка эксплуатационных кадров | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Проектные и изыскательские работы | 0,000 | 171,302 | 57,101 | 57,101 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Непредвиденные работы и затраты | 0,000 | 0,000 | 49,592 | 49,592 | 74,388 | 74,388 | 0,000 | 0,000 |

Окончание табл. В-9

| Годы | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | |
|---|--------------------------------------|----------|-------|---------|---------|----------|----------|---------|-------|-------|
| Периоды | | П | П | П | С | С | С | С | С | |
| Природоохранные мероприятия. Затраты, связанные с созданием водохранилища | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| И т о г о | затраты на пром. строительство | 3347,484 | 0,000 | 171,302 | 457,027 | 1044,114 | 1133,188 | 541,853 | 0,000 | 0,000 |
| | НДС | 602,547 | 0,000 | 30,834 | 82,265 | 187,941 | 203,974 | 97,534 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о | затраты на пром. строительство с НДС | 3950,031 | 0,000 | 202,136 | 539,292 | 1232,055 | 1337,162 | 639,387 | 0,000 | 0,000 |
| | Жилищное строительство | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | Прочие затраты | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | Ранее вложенные средства | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о | суммарный объем инвестиций, млн руб. | 3950,031 | 0,000 | 202,136 | 539,292 | 1232,055 | 1337,162 | 639,387 | 0,000 | 0,000 |

Источник: составлено автором.

Суммарная потребность в инвестициях

| Годы | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|----------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Периоды | | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Подготовка территории строительства | 12,515 | 0,000 | 0,000 | 12,515 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2. Основные объекты строительства | 1926,169 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 728,405 | 891,582 | 306,182 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| В том числе: | 0,000 | | | | | | | | | | | | | |
| Оборудование | 368,589 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 106,381 | 223,187 | 39,021 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Каменно-земляная плотина | 774,063 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 222,308 | 388,669 | 163,086 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Бетонный водосброс | 323,369 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 188,392 | 65,874 | 69,102 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Водоприемник | 36,029 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 36,029 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Деривационный канал | 254,910 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 124,407 | 130,503 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Турбинные водоводы | 3,215 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 3,215 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Здание ГЭС (без оборудования) | 165,995 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 47,673 | 83,349 | 34,973 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 3. Объекты подсобного и обслуживающего назначения | 14,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 14,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 4. Объекты энергетического хозяйства | 673,888 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 259,267 | 271,971 | 142,649 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 5. Объекты транспортного хозяйства и связи | 175,619 | 0,000 | 0,000 | 157,286 | 18,333 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 6. Внешние инженерные сети | 4,959 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 4,959 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 7. Благоустройство и наружное освещение | 1,653 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,653 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Продолжение табл. В-10

| Годы | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|----------|-------|---------|---------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Периоды | | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Временные здания и сооружения | 143,182 | 0,000 | 0,000 | 143,182 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9. Прочие работы и затраты | 382,225 | 0,000 | 0,000 | 70,377 | 73,826 | 116,165 | 121,857 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10. Содержание дирекции и авторский надзор | 9,244 | 0,000 | 0,000 | 2,148 | 2,253 | 2,364 | 2,479 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 11. Подготовка эксплуатационных кадров | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 12. Проектные и изыскательские работы | 308,443 | 0,000 | 179,696 | 62,834 | 65,913 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Непредвиденные работы и затраты | 296,380 | 0,000 | 0,000 | 54,571 | 57,245 | 90,075 | 94,489 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 13. Природоохранные мероприятия. Затраты, связанные с созданием водохранилища | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о затраты на пром. строительство | 3948,279 | 0,000 | 179,696 | 502,913 | 1205,242 | 1372,157 | 688,270 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| НДС | 710,689 | 0,000 | 32,345 | 90,524 | 216,944 | 246,988 | 123,889 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о затраты на пром. строительство с НДС | 4658,969 | 0,000 | 212,041 | 593,437 | 1422,186 | 1619,146 | 812,159 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Жилищное строительство | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Прочие затраты | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Ранее вложенные средства | 0,000 | | | | | | | | | | | | | |

Окончание табл. В-10

| Годы | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--|----------|--------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Периоды | | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | |
| Обслуживание долга | 3217,975 | 0,000 | 0,000 | 48,134 | 168,813 | 537,330 | 1050,268 | 540,959 | 493,447 | 373,424 | 5,599 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Прирост оборотного капитала | 115,705 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 115,578 | 0,039 | 0,043 | 0,045 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о суммарный объем инвестиций, млн руб. | 7992,649 | 0,000 | 212,041 | 641,571 | 1590,999 | 2156,476 | 1862,427 | 656,537 | 493,486 | 373,467 | 5,644 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Собственные средства (прибыль, амортизация, возврат НДС) | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Инвестиции в виде акционерного капитала, % | 1,00 | 0,000 | 34,142 | 95,554 | 228,996 | 260,710 | 130,771 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,044 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Инвестиции в виде заемного капитала, % | 99,00 | 0,000 | 177,899 | 546,018 | 1362,001 | 1895,765 | 1731,654 | 656,537 | 493,487 | 373,466 | 5,599 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Источник: составлено автором.

Расчет амортизационной составляющей издержек

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| | НА, % | Остаточная стоимость | | | | | | | | | | | |
| 1. Подготовка территории строительства | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 |
| 2. Основные объекты строительства, в т. ч.: | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Оборудование | 4,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 7,281 | 7,281 | 7,281 | 7,281 | 7,281 | 7,281 |
| Каменно-земляная плотина | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 7,741 | 7,741 | 7,741 | 7,741 | 7,741 | 7,741 |
| Бетонный водосброс | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 3,234 | 3,234 | 3,234 | 3,234 | 3,234 | 3,234 |
| Водоприемник | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 |
| Деривационный канал | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,549 | 2,549 | 2,549 | 2,549 | 2,549 | 2,549 |
| Турбинные водоводы | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,032 |
| Здание ГЭС | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,660 | 1,660 | 1,660 | 1,660 | 1,660 | 1,660 |
| 3. Объекты подсобного и обслуживающего назначения | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 |
| 4. Объекты энергетического хозяйства | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 6,739 | 6,739 | 6,739 | 6,739 | 6,739 | 6,739 |
| 5. Объекты транспортного хозяйства и связи | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,756 | 1,756 | 1,756 | 1,756 | 1,756 | 1,756 |
| 6. Внешние инженерные сети | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| 7. Благоустройство и наружное освещение | 2,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 |
| 8. Временные здания и сооружения | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,432 | 1,432 | 1,432 | 1,432 | 1,432 | 1,432 |
| 9. Прочие работы и затраты | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 3,822 | 3,822 | 3,822 | 3,822 | 3,822 | 3,822 |
| Глава 10. Содержание дирекции и авторский надзор | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 |
| Глава 11. Подготовка эксплуатационных кадров | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Глава 12. Проектные и изыскательские работы | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Непредвиденные работы и затраты | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Глава 13. Природоохранные мероприятия. Затраты, связанные с созданием водохранилища | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Жилищное строительство | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Прочие затраты | 1,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Ранее вложенные средства | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о амортизация | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 |
| Стоимость основных фондов | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 3948,279 | 3948,279 | 3948,279 | 3948,279 | 3948,279 | 3948,279 |
| Амортизация нарастающим итогом, млн руб. | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 36,921 | 73,842 | 110,763 | 147,684 | 184,605 | 221,526 |

Примечание: НА – норма амортизации.

Источник: составлено автором.

Расчет операционных издержек и себестоимости

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| <i>Расчет постоянной составляющей издержек</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Численность промышленно-производственного персонала, чел. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 17,000 | 17,000 | 17,000 | 17,000 | 17,000 | 17,000 | 17,000 |
| Средняя заработная плата, тыс. руб./мес. | 29,706 | 31,340 | 33,064 | 34,882 | 36,801 | 38,825 | 40,960 | 43,213 | 45,589 | 48,097 | 50,742 | 53,533 | 56,477 |
| Основная и доп. заработная плата, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 8,356 | 8,815 | 9,300 | 9,812 | 10,351 | 10,921 | 11,521 |
| Водный налог, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 |
| Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 |
| Расходы на запчасти и вспомогательные средства, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Общестанционные расходы, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 4,419 | 4,510 | 4,607 | 4,710 | 4,818 | 4,932 | 5,052 |
| Прочие расходы, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,326 | 1,353 | 1,382 | 1,413 | 1,445 | 1,479 | 1,516 |
| Плата за предельно-допустимые сбросы, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Плата за предельно-допустимые выбросы, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Прочие ежегодные затраты, млн руб. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Окончание табл. В-12

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| <i>Суммарные производственные издержки</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Стоимость топлива на технологические цели | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Водный налог | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,136 |
| Амортизация | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 | 36,921 |
| Основная и доп. заработная плата | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 8,356 | 8,815 | 9,300 | 9,812 | 10,351 | 10,921 | 11,521 |
| Обязательные отчисления от заработной платы | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,858 | 3,015 | 3,181 | 3,356 | 3,540 | 3,735 | 3,940 |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 | 13,737 |
| Расходы на запчасти и вспомогательные средства | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Общестанционные расходы | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 4,419 | 4,510 | 4,607 | 4,710 | 4,818 | 4,932 | 5,052 |
| Прочие расходы | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,326 | 1,353 | 1,382 | 1,413 | 1,445 | 1,479 | 1,516 |
| Плата за предельно-допустимые сбросы | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Плата за предельно-допустимые выбросы | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Прочие ежегодные затраты | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| И т о г о производственные издержки | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 67,753 | 68,487 | 69,264 | 70,085 | 70,949 | 71,861 | 72,824 |
| НДС к затратам | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Себестоимость производимой электроэнергии, руб./кВтч | | | | | | | 1,928 | 1,949 | 1,971 | 1,994 | 2,018 | 2,044 | 2,072 |

Источник: составлено автором.

Таблица В-13

Источники финансирования проекта

| Годы | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|----------------------------------|----------|-------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|------|
| Периоды | | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| Прибыль, амортизация | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |
| Акционерный капитал | 750,216 | 0,000 | 34,142 | 95,554 | 228,996 | 260,710 | 130,771 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,044 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |
| Бюджетное финансиро- вание | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |
| Заемный капитал | 7142,426 | 0,000 | 177,899 | 446,018 | 1362,001 | 1895,765 | 1731,654 | 656,537 | 493,487 | 373,466 | 5,599 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |

Источник: составлено автором.

Показатели финансовой эффективности инвестиций и оценки финансового состояния проекта

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | |
|---|------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|--------|---------|----------|----------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э | |
| <i>Оценка финансового состояния проекта энергообъекта</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Рентабельность реализованной продукции, % | - | - | - | - | - | - | - | 79,82 | 79,77 | 79,71 | 79,66 | 79,60 | 79,53 | 79,47 |
| Коэффициент ликвидности | - | - | - | - | - | - | - | 17,03 | 120,62 | 22,13 | 22,11 | 22,08 | 91,88 | 156,12 |
| Отношение акционерного капитала к заемному | - | - | - | 0,22 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,22 | 0,32 | 0,59 | 1,75 | 103,54 | 103,39 | 103,24 |
| Коэффициент покрытия постоянных издержек | - | - | - | - | - | - | - | 18,05 | 17,85 | 17,66 | 17,45 | 17,24 | 17,02 | 16,79 |
| <i>Расчет денежных потоков</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Чистый поток денежных средств, млн руб. | - | 0,000 | -34,142 | -195,554 | -228,996 | -260,710 | -130,771 | 747,735 | 37,046 | 37,046 | 36,957 | 543,607 | 1011,368 | 1010,552 |
| Чистый денежный поток нарастающим итогом, млн руб. | - | 0,000 | -34,142 | -229,696 | -458,691 | -719,401 | -850,172 | -102,437 | -65,391 | -28,345 | 8,612 | 552,219 | 1563,587 | 2574,139 |
| Дисконтированный денежный поток, млн руб. | - | 0,000 | -30,759 | -158,716 | -167,440 | -171,738 | -77,606 | 399,770 | 17,843 | 16,075 | 14,447 | 191,450 | 320,890 | 288,857 |

| Годы | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------|---------|
| Периоды | П | П | П | С | С | С | С | С | Э | Э | Э | Э | Э |
| Дисконтированный чистый денежный поток нарастающим итогом, млн руб. | 0,000 | -30,759 | -189,474 | -356,914 | -528,651 | -606,258 | -206,488 | -188,644 | -172,569 | -158,122 | 33,328 | 354,218 | 643,075 |
| <i>Показатели финансовой эффективности инвестиций и оценки финансового состояния проекта энергообъекта</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн руб. | 1953,49 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Индекс доходности | 4,72 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Срок окупаемости, лет | 8,8 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Расчет срока окупаемости | – | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,8 | – | – |
| Дисконтированные капитальные вложения | 525,11 | 0,00 | 30,76 | 77,55 | 167,44 | 171,74 | 77,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| Дисконтированный доход | 2478,60 | 0,00 | 0,00 | –81,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 399,77 | 17,84 | 16,08 | 14,46 | 191,45 | 320,89 |
| Дисконтированный срок окупаемости, лет | 9,8 | – | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,8 | – |

Источник: составлено автором.