

## УДК 620.9

## НАДЕЖНЫЕ И ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РОССИИ

П.П. Ткачев, Старший диспетчер, Центр мониторинга качества ресурсов  
О.Е. Лаврова, Руководитель направления, Управление развития активов  
М.А. Медведева, Инженер 1 категории, Производственно-технический отдел  
А.С. Курочкина, Ведущий специалист, Управление финансов  
А.О. Салимова, Специалист 1 категории, Управление логистики  
И.М. Гилязов, Инженер 1 категории, Производственно-техническое управление  
А.А. Худанина, Руководитель участка, Теплоинспекция  
Публичное акционерное общество «Т Плюс»  
г. Москва

**Аннотация:** В статье рассматриваются методы повышения надежности систем теплоснабжения путем использования возобновляемых источников энергии, технологий предиктивной диагностики и интеллектуальных систем теплоснабжения. Проводится анализ возможностей применения технологий для обеспечения бесперебойного и качественного теплоснабжения жилых и производственных объектов. Приводятся примеры успешного внедрения этих методов в различных регионах мира. Даются рекомендации по выбору наиболее подходящих решений в зависимости от конкретных условий развития отрасли.

**Ключевые слова:** надежность теплосистем, отказоустойчивость теплосистем, развитие теплоэнергетики, ВИЭ, предиктивная диагностика, интеллектуальные системы, сценарный анализ, система теплоснабжения.

Текущее состояние отрасли теплоснабжения в России вызывает беспокойство. Замедленное обновление инфраструктуры приводит к значительным потерям и угрожает безопасности, затрудняя тем самым развитие отрасли.

Вице-премьер Марат Хуснуллин ранее заявлял, что темп износа жилищно-коммунального хозяйства в стране пока превосходит скорость его модернизации, однако к 2024-2025 годам этот тренд предстоит переломить, в том числе за счет программы модернизации [11]. На данный момент президент России Владимир Путин поручил Правительству РФ направить 4,5 трлн рублей на программы модернизации коммунальной инфраструктуры в России до 2030 года [10].

Учитывая географические и климатические особенности регионов страны, продолжительность отопительного периода достигает примерно 200 дней в году, что делает теплоснабжение важнейшим фактором для стабильной работы экономики и создания комфортных условий для жизни граждан. Применяемых решений для обеспечения надежных и отказоустойчивых систем теплоснабжения в России недостаточно.

Для формирования качественной прогнозной модели на горизонте планирования до 2035 года применен следующий подход:

1. Сформировано прогнозное обоснование: выбран объект исследования, поставлены цель и задачи исследования.

Объектом исследования выбрана система теплоснабжения в Российской Федерации. Целью исследования является формирование наиболее вероятных сценариев развития системы теплоснабжения будущего к 2035 году с учетом влияния внешних и внутренних факторов. В рамках проработки вопроса поставлены следующие задачи:

- сформировать подход к разработке каждого сценария;
- определить используемые технологии для каждого сценария;

- выявить необходимый уровень инвестиций и капитальных вложений;
- установить необходимость участия и занятость экспертов в сфере технологий.
- 2. Выделены имеющиеся наилучшие доступные технологии (далее – НДТ).
- 3. Даны характеристики сценариев.
- 4. Рассмотрены внешние и внутренние факторы для каждого из сценариев.
- 5. Проработаны и учтены в каждом из сценариев возможные риски.
- 6. Оценены эффекты от внедрения технологий в каждом из сценариев.
- 7. Проведена достоверизация с помощью метода экспертных оценок.
- 8. Сформулированы рекомендации для каждого из сценариев.

Для каждого из сценариев развития характерны определенные условия (факторы), описываемые в табл. 1.

Табл. 1. Факторы, учитываемые при построении прогноза

№ п/п	Наименование фактора	Негативный сценарий	Консервативный сценарий	Позитивный сценарий
1	Уровень санкционного давления	Усиливается	Сохраняется на текущем уровне	Сокращается в долгосрочной перспективе
2	Разработка технологий	Снижение темпов в развитие новых в относительно объемов 2023 года	Соответствуют показателям 2023 года	Развитие ВИЭ
3	Повышение эффективности	Отсутствуют стимулы для повышения эффективности	Незначительные стимулы для повышения эффективности	Внедрение умных технологий
4	Уровень инвестиций	Нехватка инвестиций для большинства городов	Нехватка инвестиций для большинства городов	Уровень инвестиций возрастает
5	Техническое состояние систем теплоснабжения	Неудовлетворительное состояние	Неудовлетворительное состояние	Удовлетворительное состояние
6	Единая система сбора, обработки и хранения информации	Отсутствует	Отсутствует	Применение CRM-системы и предиктивной аналитики
7	Инфляционные ожидания	Увеличение реальной инфляции	Сохранение уровня реальной инфляции	Сохранение уровня реальной инфляции
8	Макроэкономические показатели	Снижение макроэкономических показателей в отрасли	Сохранение макроэкономических показателей в отрасли	Сохранение макроэкономических показателей в отрасли

Инновационная модель подразумевает преодоление ограничений, связанных с ростом в рамках индустриального этапа, и осуществление перехода к новому этапу развития к 2035 году. Такой сценарий включает в себя разработку совершенно новой энергетической структуры в России. Это даст возможность снизить геополитические и экологические риски, улучшить качество теплоснабжения, обеспечить надежность и отказоустойчивость систем теплоснабжения.

Кроме того, в рамках исследования выполнены SWOT и PESTEL анализы. В результате проведенного SWOT-анализа выявлены сильные и слабые стороны во внутренней среде и возможности и угрозы — во внешней. Результаты представлены в табл. 2.

Несмотря на достаточное количество слабых сторон и список угроз, имеющиеся возможности, которые нам открывает развитие надежности и отказоустойчивости систем теплоснабжения, окажут мощную поддержку в развитии не только ТЭК (топливно-энергетический комплекс), но и смежных отраслей страны.

Табл. 2. SWOT-анализ

Внутренняя среда		Внешняя среда	
Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
Приоритетное отношение государства к организациям	Стоимость используемых технологий	Развитие рынка ВИЭ	Природные факторы, изменение климата
Широкий круг потребителей	Отсутствие единой системы сбора, обработки и хранения информации	Появление НТД выработки энергии	Частый выход оборудования из строя
Наличие работающих цифровых продуктов	Недостаток квалифицированных специалистов	Внедрение новых ресурсов и технологий	Нестабильность во внешних экономической и политической сферах
Надежный работодатель		Масштабирование бизнеса	

В рамках PESTEL-анализа проведено анкетирование экспертного сообщества, в котором приняли участие 130 экспертов. Опрос проведен в период с 3 мая по 13 июня 2024 г. Данные анализа представлены в табл. 3.

Табл. 3. PESTEL-анализ

Фактор	Влияние фактора	Оценка	Оценка с поправкой на вес
<b>Политические:</b> - Ужесточение санкций в отношении поставок оборудования и ПО - Сложности или отсутствие доступа к иностранным НТД - Нестабильные международные отношения	Среднее	44,1% 30,9% 41,2%	2,8
<b>Экономические:</b> - Влияние инфляции и ключевой ставки - Колебания валютных курсов - Высокая стоимость инновационных решений - Увеличение затрат на логистику, закупку и размещение оборудования - Невысокая инвестиционная привлекательность - Непрозрачная стоимость производства энергии	Среднее	33,8% 30,9% 33,8% 39,7% 36,8% 42,6%	3,4
<b>Социальные:</b> - нехватка квалифицированных специалистов - непринятие изменений работниками из-за автоматизации производства - повышение уровня ответственности сотрудников - непринятие изменений населением - репутационные риски компании	Среднее	38,2% 37,9% 42,6% 39,7% 36,8%	3,2
<b>Технологические:</b> - Сложность внедрения НТД в существующую систему - Увеличение риска допущения ошибок - Недостаточность статистических данных для анализа - Вероятность замены существующего исправного оборудования - Необходимость локализации применяемого оборудования	Среднее	44,1% 36,8% 41,2% 41,2% 44,1%	3,3
<b>Экологические:</b> - Корпоративная экологическая ответственность - Последствия изменения климата - Большие различия погодных условий между территориями - Снижение спроса на энергию из-за изменения климата	Среднее	30,9% 33,8% 36,8% 34,8%	2,7
<b>Законодательные:</b> - Изменения налогового законодательства - Усиление требований к надежности и качеству теплоснабжения - Изменения законодательства в сфере экологических требований - Длительный процесс внесения изменений в законодательство - Наличие неоднозначностей в законодательстве	Среднее	42,6% 33,8% 39,7% 38,2% 33,8%	2,7

Эксперты считают, что самым значительным фактором будет экономический. За ним следуют технологический и социальный, далее — остальные.

Появление новых технологий, опыта и практик могут изменять подход к планированию по указанной теме. Затруднения могут вызывать полисферность и мультисубъектность. Мультисубъектность подразумевает участие множества заинтересованных сторон, включая коммерческих и промышленных потребителей, владельцев инфраструктуры, руководителей федеральных, региональных и муниципальных администраций, а также местных жителей. Полисферность связана с тем, что при создании нового промкластера, помимо строительства объектов производства энергоресурсов и инфраструктуры, необходимо учитывать другие сферы использования, такие как ЖКХ (жилищно-коммунальное хозяйство), транспорт и промышленность. Успешная реализация проекта зависит от учета интересов полисферности и мультисубъектности одновременно.

Целью развития энергетики России является, с одной стороны, максимальное содействие социально-экономическому развитию страны, а с другой стороны, укрепление и сохранение позиций России в мировой энергетике до 2035 года.

Для достижения этой цели в условиях прогнозируемых изменений мировой и российской экономики потребуются ускоренный переход к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, способной адекватно реагировать на вызовы и преодолевать существующие проблемы.

Основные характеристики этого перехода включают:

- структурную диверсификацию, где углеродная энергетика будет дополнена неуглеродной, централизованное энергоснабжение — децентрализованным, а экспорт энергетических ресурсов — экспортом российских технологий, оборудования и услуг в сфере энергетики;

- расширение цифровизации и внедрение интеллектуализации топливно-энергетического комплекса, что приведет к новому уровню владения оперативной информацией и качеству основной части процессов в энергетике;

- уменьшение негативного воздействия топливно-энергетического комплекса на окружающую среду и адаптацию к изменениям климата, что позволит России внести значительный вклад в переход к низкоуглеродному развитию мировой экономики и международные усилия по сохранению окружающей среды.

При разработке сценариев развития системы теплоснабжения России были учтены различные тенденции и факторы. Анализ параметров представлен в табл. 4.

При анализе существующих тенденций можно сделать вывод о том, что основным драйвером развития надежности и отказоустойчивости систем теплоснабжения является внедрение возобновляемых источников энергии (далее — ВИЭ).

Потенциал развития России в области ВИЭ включает следующие аспекты:

- Инвестирование: В 2013 году был запущен механизм стимулирования инвестиций в развитие возобновляемой энергетики на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Этот механизм был утвержден Постановлением Правительства РФ от 28.05.2013 №449 [7].

- Целевые показатели: Распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 №1-р установлены объемы ввода установленной мощности генерирующих объектов по видам ВИЭ [8].

- Законодательное регулирование: в 2009 году распоряжением Правительства Российской Федерации №1715-р были определены основные принципы развития возобновляемой энергетики и установлены целевые показатели [13].

Табл. 4. Анализ общемировых факторов и тенденций

Наименование фактора	Негативный/пессимистичный сценарий	Консервативный/базовый сценарий	Инновационный/позитивный сценарий
Технологические достижения	Незначительные темпы развития в таких областях, как искусственный интеллект, блокчейн и робототехника	Умеренные темпы развития в таких областях, как искусственный интеллект, блокчейн и робототехника	Ускоренные темпы развития в таких областях, как искусственный интеллект, блокчейн и робототехника
Кибербезопасность	Сохранение текущих методов обнаружения и предотвращения угроз	Разработка новых методов обнаружения и предотвращения угроз умеренными темпами	Разработка новых инновационных методов обнаружения и предотвращения угроз
Переход на альтернативные источники энергии	Низкие темпы внедрения ВИЭ сохранит уровень экспорта энергоносителей на существующем уровне	Умеренные темпы внедрения ВИЭ снизит уровень экспорта энергоносителей от существующих уровней	Опережающие темпы внедрения ВИЭ
Уровень санкционного давления	Значительный рост	Незначительное увеличение	Сохранение действующих санкций или незначительное снижение
Инвестиционный климат	Сохранение инвестиционного климата на текущем уровне	Незначительное улучшение инвестиционного климата и совершенствование налогового, ценового и таможенного регулирования	Формирование благоприятного инвестиционного климата с учетом совершенствования налогового, ценового и таможенного регулирования

Внедрение комбинированного производства тепла с использованием ВИЭ напрямую связано с технологическим развитием российских отраслей экономики. Можно выделить следующие тенденции:

- Развитие наукоемких технологий: применение ВИЭ и вторичных энергетических ресурсов включает новейшие достижения в таких областях, как электроэнергетика, силовая электроника, метеорология, теплоэнергетика и т.д.
- Развитие жилищно-коммунального хозяйства: использование гибридных систем значительно повышает отказоустойчивость.
- Развитие информационно-вычислительного обслуживания: комбинированные системы теплоснабжения приведут к применению и развитию электронных систем управления (smart-управления).
- Развитие экологически чистых технологий: с ростом экологической грамотности населения и запросом на благоприятную окружающую среду Россия активно осваивает экологически чистые технологии.
- Развитие отрасли сельского хозяйства: внедрение ВИЭ может стимулировать интенсивное развитие сельского хозяйства, решить проблему отходов агропромышленного комплекса и слабого развития энергетической инфраструктуры в сельских районах.

Основную роль в обеспечении бесперебойности теплоснабжения и создании эффективных систем, являются поставщики услуг, которые задают тренд для развития систем теплопотребления.

Поставщики в теплоэнергетической отрасли являются ключевыми участниками процесса. Они активно участвуют в разработке инновационных решений для увеличения уровня эффективности систем теплоснабжения и теплопотребления и снижения тепловых потерь.

Основными трендами развития теплоэнергетики в России являются:

1. Внедрение технологий управления системами теплоснабжения и теплопотребления, такими как предиктивная аналитики, ERP-системы, дистанционных мониторинг и цифровизация систем.
2. Развитие ВИЭ, таких как солнечная, ветровая, геотермальная энергия, а также развитие когенерации.
3. Реконструкция и модернизация существующих тепловых сетей, для повышения энергоэффективности и уровня надежности.
4. Снижение уровня потерь и повышения эффективности теплоизоляции, посредством внедрения современных материалов и технологий.

Поставщики, специализирующиеся на производстве и разработке современного оборудования для теплоэнергетической отрасли, играют важную роль в достижении заданных трендов. Такие поставщики обеспечивают отрасль новейшим оборудованием и технологиями, которые способствуют повышению уровня надежности, отказоустойчивости, эффективности и безопасности систем теплоснабжения и теплопотребления.

Кроме того, важным аспектом развития теплоэнергетики является создание гибридных теплосистем, комбинирующих различные источники теплоснабжения с целью обеспечения надежности и устойчивости в обеспечении теплом.

Таким образом, развитие теплоэнергетической отрасли в России направлено на создание надежных и отказоустойчивых теплосистем, способных обеспечить эффективное и экологически безопасное теплоснабжение как сегодня, так и в будущем. Предлагая инновационные решения и технологии, способствующие улучшению качества и эффективности теплоснабжения.

Несмотря на преимущества использования технологий ВИЭ, это может повлиять на капитальные и эксплуатационные затраты при строительстве и обслуживании объекта.

Главным препятствием для развития и внедрения современных ВИЭ в стране по-прежнему являются большие запасы традиционных энергоресурсов (нефти, газа, угля, древесины и т.д.). Наличие таких запасов ископаемых обеспечивает стабильные условия для энергоснабжения жителей и экономики страны в целом.

Технологическое отставание от мировых лидеров устанавливает зависимое положение страны от разработок в сфере возобновляемой энергетики, низкая локализация приводит к росту стоимости внедрения современных технологий и снижению инвестиционной привлекательности.

Кроме того, препятствуют развитию альтернативной энергетики отсутствие объектов инфраструктуры и недостаток высококвалифицированных сотрудников. Стоимость киловатта энергии от ВИЭ определенно будет значительно ниже, чем у традиционной. Следовательно, нужно увеличивать размер инвестиций в данную отрасль.

Одной из ключевых проблем является необходимость четко определить различные типы возобновляемой энергии и места на территории РФ, где их можно эффективно использовать. В условиях южной части страны наиболее целесообразно развивать солнечную энергетику, а в северной части большой потенциал представляет ветровая энергия. Две трети территории страны попадают под влияние зоны вечной мерзлоты.

Геополитическая обстановка и международные отношения также влияют на экономику и энергетику России. Санкции, торговые войны и политические конфликты могут создавать препятствия для развития и сотрудничества с иностранными партнерами.

В целом, мировые условия играют важную роль в развитии экономики и энергетики России. Необходимость адаптации к изменяющимся мировым трендам, управление рисками и развитие конкурентоспособных технологий являются ключевыми факторами для успешного развития и достижения надежности и отказоустойчивости энергосистем.

Увеличивается давление санкций на операционную и инвестиционную деятельность компаний энергетического сектора. Наибольшие проблемы возникают с оборудованием

Siemens и GE. Это может привести к выводу из эксплуатации тепловых электростанций, исключительно работающих на зарубежных газовых турбинах, что составляет до 10% общей установленной мощности энергосистемы России.

При изучении информации по уже интегрированным системам теплоснабжения, с применением альтернативных источников энергии и существующих систем, было рассмотрено большое количество различных кейсов. Многие из предлагаемых технологий основаны на применении ВИЭ и высокоэффективных энергетических решений.

В качестве рассматриваемых решений с применением ВИЭ и ВЭР (вторичные энергетические ресурсы), например, рассматривается утилизация тепла вентиляционных выбросов и применение тепла сточных вод для нужд горячего водоснабжения, применение тепловых насосов, применение тепла, вырабатываемого оборудованием в дата-центрах и использование тепла, вырабатываемого при кондиционировании помещений.

#### Кейс 1. Тепловые насосы в городе Линьфэнь

Справиться с дефицитом и аварийностью теплоснабжения в городе при производстве тепла позволил запущенный в эксплуатацию в 2018 году энергокомплекс на базе четырех абсорбционных тепловых насосов единичной тепловой мощностью по 31 МВт. Они утилизируют теплоту оборотной воды, а также подогревают обратную сетевую воду [9].

#### Кейс 2. Интеграция централизованных систем отопления и охлаждения в г. Стокгольм.

В Стокгольме реализована крупнейшая в мире система централизованного охлаждения, которая интегрирована в систему теплоснабжения посредством рекуперации тепла из линии возвращаемого хладагента для нужд отопления. Одним из примеров являются дата-центры, которые своими серверами генерируют большое количество сбросного тепла, при высокой зависимости от мощного охлаждения. Раньше, тепло производимое дата-центрами, просто выбрасывалось в окружающую среду, но благодаря новой инициативе, производимое серверами низкопотенциальное тепло, отбирается и подается в централизованную систему отопления.

#### Кейс 3. Гостиничный комплекс в поселке Ольгинка Краснодарского края.

Теплоснабжение осуществляется 8 тепловыми насосами, которые работают независимо друг от друга. Основной источник низкопотенциального тепла для этих тепловых насосов — тепло грунтовых вод, резервным источником низкопотенциального тепла служит окружающий воздух, с применением драйкуллеров, расположенных на крыше центрального теплового пункта.

В процессе разработки прогноза были сформированы следующие стратегические и тактические условия, которые представлены в табл. 5.

Табл. 5. Стратегические и тактические условия

Тип обстановки	Стратегические условия	Тактические условия
Социальная	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Экономическая устойчивость</li> <li>- Развитие собственных научных и технологических компетенций</li> <li>- Энергетическая безопасность</li> <li>- Использование человеческого капитала для инновационного развития</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Инфраструктурная поддержка</li> <li>- Повышение количества квалифицированных кадров</li> <li>- Акцент на повышение качества жизни и сохранения здоровья населения путем применения ВИЭ</li> </ul>
Политическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Обеспечение стабильной политической ситуации</li> <li>- Долгосрочная энергетическая стратегия</li> <li>- Политическая поддержка отечественного производства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Создание благоприятной инвестиционной среды</li> <li>- Поддержка научно-исследовательских работ и разработок</li> <li>- Развитие партнерства с зарубежными компаниями</li> </ul>
Административная	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Устойчивая административная политика</li> <li>- Прозрачность и эффективность административных процедур</li> <li>- Защита прав собственности и инвестиций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Привлечение инвестиций</li> <li>- Улучшение взаимодействия с бизнесом</li> <li>- Профессионализм и компетентность государственных органов</li> </ul>
Экономическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Макроэкономическая стабильность</li> <li>- Прозрачность и предсказуемость экономической политики</li> <li>- Развитие финансовой системы и доступ к финансированию</li> <li>- Внедрение стимулирующих эффектов для внедрения инноваций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Улучшение делового климата</li> <li>- Развитие инноваций и научных исследований</li> <li>- Развитие человеческого капитала</li> <li>- Диверсификация экономики</li> </ul>
Экологическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Развитие экологической политики и законодательства</li> <li>- Энергоэффективность и энергосбережение</li> <li>- Развитие ВИЭ</li> <li>- Противодействия изменению климата</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Строгий контроль за соблюдением экологических стандартов</li> <li>- Развитие инфраструктуры для утилизации и обезвреживания отходов</li> <li>- Поощрение экологически ответственного поведения и стимулирование инноваций в области экологической безопасности</li> </ul>
Технологическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Развитие и совершенствование технологий</li> <li>- Модернизация существующих энергетических систем и оборудования</li> <li>- Развитие цифровизации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поддержка инновационных стартапов и предпринимательств</li> <li>- Обучение и подготовка кадров</li> <li>- Сотрудничество с иностранными партнерами</li> </ul>
Коммерческая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стабильный инвестиционный климат</li> <li>- Развитие конкурентной среды</li> <li>- Развитие международного сотрудничества</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Содействие развитию малого и среднего бизнеса</li> <li>- Развитие механизмов государственной поддержки</li> <li>- Содействие инновациям и исследованиям</li> </ul>
Рыночная	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Свободная и открытая конкуренция</li> <li>- Развитие энергетического рынка</li> <li>- Регулирование и контроль</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Развитие инфраструктуры</li> <li>- Содействие инновациям</li> <li>- Обучение и развитие кадров</li> </ul>
Правовая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стабильность и предсказуемость правовой системы</li> <li>- Создание благоприятного инвестиционного климата</li> <li>- Регулирование и поддержка развития ВИЭ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Улучшение и гармонизация энергетического законодательства</li> <li>- Разработка механизмов государственной поддержки</li> <li>- Регулярное обновление законодательства</li> </ul>

В результате исследования были разработаны сценарии развития систем теплоснабжения РФ. Подробное описание каждого из сценариев представлено ниже.

#### А. Негативный сценарий / Пессимистичный.

При развитии негативного сценария теплоэнергетическая отрасль столкнется со следующими проблемами:

1. **Потери теплоэнергии:** Недостаточные темпы реконструкции фондов и использования устаревших технологий приведут к увеличению потерь теплоэнергии в тепловых сетях. Показатели представлены на рис. 1.



**2. Надежность теплоснабжения:** Высокий уровень износа теплосетей и оборудования приведет к увеличению количества аварий, что повлечет за собой увеличения частоты отключений. Показатели представлены на рис. 1.

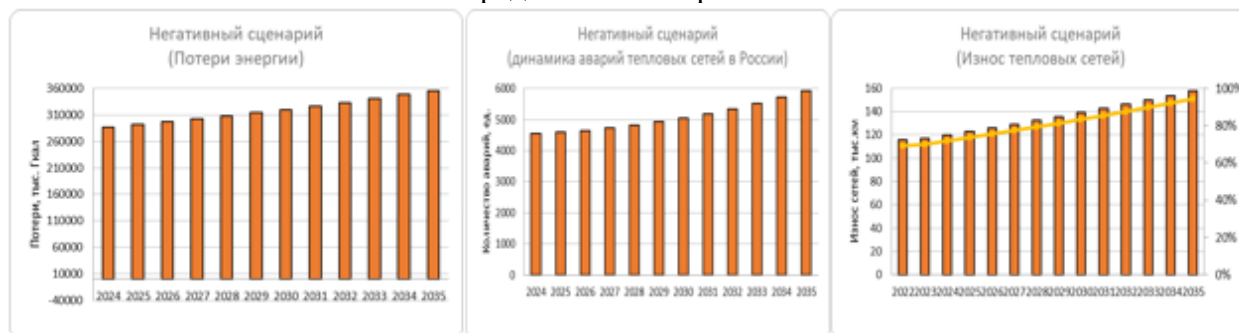


Рис. 1. Динамика потерь теплоэнергии, аварийности, износа сетей

**3. Внедрение новых технологий:** Снижение капитальных вложений и модернизации существующей инфраструктуры сделают невозможным внедрение современных технологий, которые могли бы повысить эффективность, надежность и отказоустойчивость систем теплоснабжения и теплопотребления.

**4. Для технологий предиктивной аналитики и диагностики, а также ERP-систем:** ожидается, что уже существующие технологии не смогут поддерживаться, эффективность будет снижаться, финансирование направления уменьшаться, что в итоге приведет к отказу от таких технологий.

Рекомендации в условиях развития по негативному сценарию:

1. Разработка плана по минимизации рисков остановов основного оборудования ТЭС, вывод и консервация отдельных блоков для резерва мощностей.

2. Значительный пересмотр законодательной базы для создания комфортной среды стейкхолдерам в развитии надежности и отказоустойчивости систем теплоснабжения.

3. Кредитование и развитие фондового инвестирования в проекты по надежности и отказоустойчивости энергосистем.

4. Вовлечение компаний ТЭК и МСК (минерально-сырьевой комплекс) в решение общей проблемы, обмен опытом и технологиями.

Б. Консервативный / Базовый сценарий.

При развитии базового сценария, теплоэнергетическая отрасль столкнется со следующими проблемами:

**1. Потери энергии:** Недостаточная реконструкция фондов и использование существующих технологий будет способствовать незначительному росту потерь теплоэнергии в тепловых сетях. Показатели представлены на рис. 2.

**2. Надежность теплоснабжения:** Недостаточный рост замены устаревшего оборудования и теплосетей сдержит резкий рост частоты аварий и перебоев в поставке теплоснабжения. Показатели представлены на рис. 2.



Рис.2. Динамика потерь теплоэнергии, аварийности, износа сетей

3. **Внедрение новых технологий:** Увеличение капитальных вложений сделают возможным внедрение современных технологий.

4. **Для технологий предиктивной аналитики и диагностики, а также ERP-систем:** при переходе на унифицированные технологии по работе с информацией и данными наибольшие потенциальные риски может иметь кибербезопасность в переходных период.

Пристального внимания требует замедление в сфере цифровизации систем генерации, теплоснабжения и теплопотребления.

Рекомендации в условиях развития базового прогноза:

1. Инвесторы способствуют развитию отрасли и отслеживают новые тенденции, а также участвуют в создании инноваций в отрасли.

2. Уменьшение негативного воздействия сферы теплоэнергетики на окружающую среду и адаптацию их к изменениям климата.

В. Инновационный/Позитивный сценарий

1. **Потери энергии:** Опережающая реконструкция фондов и использование инноваций приведут к значительному снижению потерь теплоэнергии в тепловых сетях. Показатели представлены на рис. 3.

2. **Надежность теплоснабжения:** Уменьшение уровня износа теплосетей и оборудования приведет к уменьшению количества аварий. Показатели представлены на рис. 3.

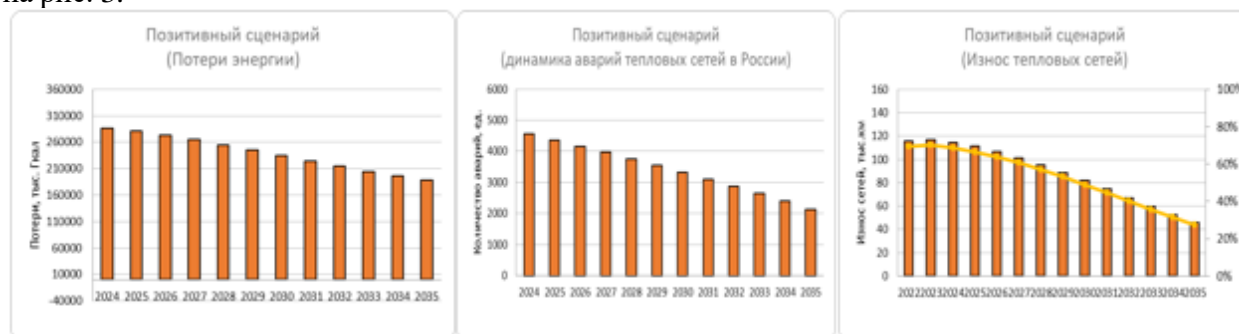


Рис. 3. Динамика потерь теплоэнергии, аварийности, износа сетей

3. **Внедрение новых технологий:** Увеличение капитальных вложений и модернизации существующей инфраструктуры сделают возможным внедрение современных технологий, которые повысят эффективность, надежность и отказоустойчивость систем теплоснабжения и теплопотребления.

4. **Для технологий предиктивной аналитики и диагностики, а также ERP-систем:** Происходит массовое внедрение киберфизических систем в производство, передачу, сбыт и потребление тепловой энергии. Технологии, связанные с четвертой промышленной революцией, уже оказывают значительное влияние на производственные процессы в энергетической системе России, трансформируя ее [1].

Рекомендации в условиях развития инновационного прогноза:

– Для развития кадрового потенциала необходимы актуальные образовательные программы, оценка технологического уровня, стимулирование инновационной деятельности и увеличение числа бюджетных мест в вузах.

– Создание образовательных программ. К 2027 году планируется создать 210 кластеров, на которые будет выделено финансирование в размере 100 млн рублей каждый.

– Поддержка молодых специалистов для уменьшения дисбаланса между числом обученных выпускников и теми, кто находит работу по специальности.

– Формирование единой нормативной базы и разработка совместимого программного обеспечения улучшения интеграции и эффективности работы.

– Для стимулирования использования национальных технологий, необходимо разработать стратегии, способствующие росту отечественной промышленности и укреплению технологического суверенитета.

– Обмен технологиями с дружественными странами для развития энергетических систем нового поколения.

– Политика привлечения и удержания капитала для поддержания динамики развития и стимулирования инвестиций в отечественные проекты.

Анкетирование отраслевого экспертного сообщества проходило в период с 3 мая по 13 июня 2024 года. Всего в опросе участие приняли 130 экспертов. Результаты проведения опроса представлены на рис. 4:



Рис. 4. Анкетирование отраслевого экспертного сообщества

Резюмируя, необходимо отметить, что результаты SWOT-анализ и PESTEL-анализ выявили тенденцию к усилению напряженности в направлении надежности и отказоустойчивости энергосистем, несмотря на существующие ограничения и угрозы.

Развитие энергетики и в частности теплоснабжения в Российской Федерации в рамках выбранного направления возможно по нескольким направлениям: негативному, базовому или позитивному сценариям.

Для негативного сценария характерны увеличение потерь тепловой энергии в тепловых сетях на 24% в 2035 году (по отношению к 2024 году), рост аварийности на 30% в 2035 году (по отношению к 2024 году), износ оборудования и тепловых сетей в 2035 году достигнет 94%. Наиболее значимой рекомендацией для данного сценария является разработка плана по ликвидации аварий на ТЭС и сетях.

Для базового сценария характерны увеличение потерь тепловой энергии в тепловых сетях на 24% в 2035 году (по отношению к 2024 году), рост аварийности на 19% в 2035 году (по отношению к 2024 году), износ оборудования и тепловых сетей в 2035 году достигнет 89%. Наиболее существенной рекомендацией для данного сценария является повышение инвестиционной привлекательности и развитие кадрового потенциала.

Для позитивного сценария характерны снижение потерь тепловой энергии в тепловых сетях на 53% в 2035 году (по отношению к 2024 году), сокращение аварийности на 34% в 2035 году (по отношению к 2024 году), износ оборудования и тепловых сетей в 2035 году достигнет 27%. Ключевой рекомендацией для данного сценария является переход на унифицированные отечественные цифровые технологии и применение резервирования.

Синергия всех предложенных в статье решений позволит достичь максимально положительного эффекта для развития теплоэнергетической отрасли в стране, а по какому сценарию будет развиваться теплоэнергетика — покажет время.

## Список литературы

1. Альтернативная энергетика: перспективы развития рынка ВИЭ в России: сайт Деловой профиль. 2021 [Электронный ресурс]: URL: [https://delprof.ru/upload/iblock/5c9/DelProf\\_Analitika\\_Rynok-alternativnoy-energetiki.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/5c9/DelProf_Analitika_Rynok-alternativnoy-energetiki.pdf) (дата обращения 05.05.2024).
2. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2022 году, опубликованный на сайте Минэкономразвития России от 22.02.2024 [Электронный ресурс]: URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya\\_deyatelnost/povyshenie\\_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy\\_doklad/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezheniya\\_i\\_povyshenii\\_energeticheskoy\\_effektivnosti\\_v\\_rossiyskoy\\_federacii\\_za\\_2022\\_god.html?ysclid=lxldby3he820841131](https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2022_god.html?ysclid=lxldby3he820841131) (дата обращения: 19.06.2024).
3. Зимаков А.В. Европейские стратегии экологизации теплоснабжения // МИРОВАЯ ЭКОНОМИКА И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ, 2019, том 63, No 8, Стр. 39-46.
4. Зимаков А.В. Опыт Швеции по экологизации системы городского центрального теплоснабжения на примере ТЭЦ «Вяртаверкет». // Издательство «Креативная экономика» Том 5 - Номер 3 - Июль–сентябрь 2018.
5. Надежность и живучесть энергосистемы: сайт Системный оператор единой энергетической системы. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-base/rza/rza-goals/rza-goals-rel/> (дата обращения: 19.06.24).
6. Николас Плочарски, Старший управляющий, Глобальный научно-инновационный центр SAP Leonardo & Analytics, эксперт в области прогнозной аналитики, презентационные материалы от 30 мая 2018 года: «Предиктивные ремонты - обеспечение высокой доступности оборудования при снижении операционных затрат». [Электронный ресурс]: URL: [https://assets.dm.ux.sap.com/kz-sap-forum-astana/pdfs/4\\_plocharski\\_predictive\\_maintenance.pdf](https://assets.dm.ux.sap.com/kz-sap-forum-astana/pdfs/4_plocharski_predictive_maintenance.pdf) (дата обращения: 11.05.2024).
7. О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности: постановление Правительства РФ от 28.05.2013 №449.
8. Об утверждении Основных направлений государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 №1-р.
9. Опыт использования бромисто-литиевых тепловых насосов в Южной Корее и Китайской Народной Республики: сайт Сервис тепло и хладооборудование. 2019 [Электронный ресурс]: URL: <https://broad-ctx.by/stati/opyt-ispolzovaniya-abtn-v-koree-i-kitae> (дата обращения: 26.04.2024).
10. Путин поручил направить 4,5 трлн рублей до 2030 года на модернизацию ЖКХ: сайт Тасс. 2024 [Электронный ресурс]: URL: <https://tass.ru/ekonomika/20408933?ysclid=lwq05kiz85330498456> (дата обращения: 04.05.2024).
11. Хуснуллин заявил, что темпы модернизации ЖКХ начнут обгонять износ сетей в 2024-2025 годах: сайт Тасс. 2024 [Электронный ресурс]: URL: <https://tass.ru/obschestvo/19775047> (дата обращения: 03.05.2024).
12. Шамаева Е., Путилов А., Абрамов В. Формирование механизмов управления устойчивым развитием экономики промышленных отраслей и комплексов. 2023 // Общественно-деловой научный журнал Энергетическая политика. - №2(180) изд. - г. Москва: ФГБУ «РЭА», февраль 2023. – Стр. 40-53.
13. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. №1715-р.