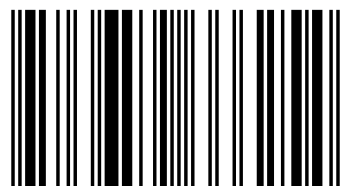


В монографии представлена историческая эволюция концепции устойчивого развития (УР), предложен усовершенствованный научно-методический подход к оценке индекса УР организации на основе методологической основы в виде системно-креативного подхода и концепции бизнес-укладов (БУ). Продемонстрировано, что показатель «Энергоэффективность» – неотъемлемая характеристика БУ, обоснована необходимость повышения энергоэффективности при обеспечения УР организации. Предложен организационно-экономический механизм управления энергоэффективностью для обеспечения УР организации в виде внедрения в практику управления результативных систем энергоменеджмента (СЭНМ) на основе международного стандарта ISO 50001:2011, рассмотрены необходимые и достаточные условия их построения, предложен алгоритм их проектирования и внедрения. В качестве методических документов при построении СЭНМ разработаны «Положение о системе индикаторов энергоэффективности организации» и «Методика выбора энерготехнологического оборудования по критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности». Рассмотрены перспективные направления по повышению энергоэффективности и обеспечению УР организаций.



Валерий Константинович Лозенко и Дмитрий Владимирович Михеев профессор и преподаватель кафедры Электроснабжения промышленных предприятий ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», специалисты в области исследования и проектирования результативных систем управления энергоэффективностью организаций.



978-3-659-66625-4

Валерий Константинович Лозенко  
Дмитрий Владимирович Михеев

# Управление энергоэффективностью и устойчивое развитие организаций

Экономика и управление народным  
ХОЗЯЙСТВОМ



**Валерий Константинович Лозенко  
Дмитрий Владимирович Михеев**

**Управление энергоэффективностью и устойчивое развитие  
организаций**



**Валерий Константинович Лозенко  
Дмитрий Владимирович Михеев**

**Управление  
энергоэффективностью и  
устойчивое развитие организаций**  
Экономика и управление народным хозяйством

**LAP LAMBERT Academic Publishing**



## **Impressum / Выходные данные**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: [info@omniscryptum.com](mailto:info@omniscryptum.com)

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

**ISBN: 978-3-659-66625-4**

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2016

***Рецензенты:***

**Михаил Иванович Ломакин**, доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, заместитель генерального директора ФГУП «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия»

**Павел Иванович Оклей**, кандидат экономических наук, Член Правления – руководитель Блока производственной деятельности ПАО «Интер РАО», Почетный энергетик РФ

**Лозенко В.К., Михеев Д.В.** Управление энергоэффективностью и устойчивое развитие организаций / Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016

В монографии представлена историческая эволюция концепции устойчивого развития (УР), предложен усовершенствованный научно-методический подход к оценке индекса УР организации на основе методологической основы в виде системно-креативного подхода и концепции бизнес-укладов (БУ). Продемонстрировано, что показатель «Энергоэффективность» – неотъемлемая характеристика БУ, обоснована необходимость повышения энергоэффективности при обеспечении УР организации. Предложен организационно-экономический механизм управления энергоэффективностью для обеспечения УР организации в виде внедрения в практику управления результативных систем энергоменеджмента (СЭнМ) на основе международного стандарта ISO 50001:2011, рассмотрены необходимые и достаточные условия их построения, предложен алгоритм их проектирования и внедрения. В качестве методических документов при построении СЭнМ разработаны «Положение о системе индикаторов энергоэффективности организации» и «Методика выбора энерготехнологического оборудования по критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности». Рассмотрены перспективные направления по повышению энергоэффективности и обеспечению УР организаций.

LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016  
Лозенко В.К., Михеев Д.В., 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |            |
|--|------------|
| <b>БЛАГОДАРНОСТИ</b> .....   | <b>3</b>   |
| <b>СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ</b> .....  | <b>5</b>   |
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....  | <b>8</b>   |
| <b>1. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ НА МАКРО- И МИКРОУРОВНЯХ</b> .....   | <b>17</b>  |
| 1.1. Пермаментный конфликт и конкурентная борьба – основы развития мирового сообщества.....  | 17         |
| 1.2. Эволюция, понятие и принципы концепции устойчивого развития .....   | 20         |
| 1.3. Современные подходы к определению показателей устойчивого развития на макро- и микроуровнях.....  | 30         |
| 1.4. Краткая характеристика современных особенностей российских промышленных предприятий.....  | 35         |
| 1.5. Повышение энергоэффективности – ключевой фактор обеспечения устойчивого развития организаций .....  | 44         |
| <b>Основные результаты и выводы</b> .....  | <b>57</b>  |
| <b>2. УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ - РЕЗУЛЬТАТИВНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ</b> .....              | <b>59</b>  |
| 2.1. Научно-методический подход к оценке индекса устойчивого развития организации.....   | 59         |
| 2.2. Организационно-экономические механизмы управления энергоэффективностью организаций .....  | 81         |
| 2.3. Необходимые и достаточные условия построения результативной системы энергетического менеджмента устойчиво развивающейся организации.....                    | 90         |
| 2.4. Комплексный алгоритм проектирования и внедрения результативно функционирующей системы энергетического менеджмента устойчиво развивающейся организации ..... | 103        |
| 2.5. Построение системы индикаторов энергоэффективности организации ....   | 115        |
| 2.6. Методика выбора энерготехнологического оборудования по критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности» .....  | 123        |
| <b>Основные результаты и выводы</b> .....  | <b>140</b> |
| <b>3. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КАК ВОЗМОЖНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ</b> .....                    | <b>143</b> |
| 3.1. Стимулирование потребителей электрической энергии к повышению их энергоэффективности со стороны внешней среды.....  | 143        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.2. Современное мировое состояние и тенденции развития систем автономного энергоснабжения на органическом топливе..... | 163        |
| 3.3. Текущее состояние и перспективы развития малой энергетики РФ .....   | 194        |
| 3.4. Российский рынок когенерационных технологий на базе газопоршневых установок.....                                   | 205        |
| 3.5. Конкурентоспособность генерирующих установок малой энергетики на органическом топливе.....                         | 217        |
| 3.6. Конкурентоспособность генерирующих установок малой энергетики на базе возобновляемых источников энергии .....      | 224        |
| <b>Основные результаты и выводы .....</b>   | <b>241</b> |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>   | <b>245</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>  | <b>248</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....</b>  | <b>262</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....</b>  | <b>264</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....</b>  | <b>266</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....</b>  | <b>271</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....</b>  | <b>274</b> |
| <b>АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ .....</b>  | <b>275</b> |

## БЛАГОДАРНОСТИ

В первую очередь авторы хотели отметить, что одним из важнейших факторов, влияющих на качественное проведение научных исследований и получение новых научных результатов, является отличная осведомленность в рассматриваемой предметной области. Это требует от исследователя тщательного и детального изучения, анализа и знания большого перечня работ экспертов, оставивших свой яркий след в науке.

Поэтому авторы выражают глубокую признательность и уважение ко всем отечественным и зарубежным ученым и специалистам, которые занимались решением задач и проблем, затронутых в данной монографии.

К сожалению, не всегда необходимая для исследований информация находится в открытом для широкой общественности доступе. В связи с этим авторы выражают большую признательность Министерству образования и науки РФ, Министерству энергетики РФ, ВУЗам, библиотекам, а также всем организациям и людям, которые предоставляют такую ценную и важную информацию.

Наши слова благодарности обращены к нашим коллегам, которые всегда оказывали нам всестороннюю поддержку и помощь в написании данной работы: д.т.н. Василию Владимировичу Жукову, д.т.н. Борису Ивановичу Кудрину, к.э.н. Максиму Константиновичу Агееву, к.т.н. Юрию Юрьевичу Зуеву, к.э.н. Дмитрию Сергеевичу Курочкину, к.т.н. Юлии Валерьевне Матюниной, к.т.н. Сергею Юрьевичу Останину, к.т.н. Андрею Николаевичу Рогалеву, к.э.н. Наталье Федоровне Солдатовой, к.т.н. Сергею Александровичу Цыруку, к.э.н. Яне Ильиничне Тульчинской, к.э.н. Евгению Алексеевичу Чичерову, к.т.н. Феликсу Нигматзяновичу Шакирзянову, к.э.н. Владимиру Алексеевичу Шилину, Марии Андреевне Булатенко, Дмитрию Валерьевичу Лопатину, Герхарду Герхардовичу Маркову.

Объективное и критическое рассмотрение любых научных и не только работ позволяет выявить недостатки, упущения, недоработки и получить ценные рекомендации, которые, несомненно, повышают качество этих трудов.

Поэтому авторы выражают особую благодарность и почтение рецензентам данной монографии д.т.н., д.э.н., проф. Михаилу Ивановичу Ломакину и к.э.н. Павлу Ивановичу Оклею, чьи замечания, рекомендации и пожелания были учтены и способствовали улучшению работы.

Также хочется выразить благодарность коллективам кафедр Экономики в энергетике и промышленности, Менеджмента в энергетике и промышленности, Электроснабжения промышленных предприятий и Теоретических основ электротехники ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»).

Особую благодарность авторы выражают Издательству LAP Lambert Academic Publishing и его сотрудникам за продуктивное сотрудничество.

Огромное спасибо всем нашим коллегам, товарищам, друзьям, близким и родным людям, которые всегда были рядом и поддерживали нас в наших начинаниях.

В данной монографии личный вклад авторов представлен следующим образом:

- Введение (Д.В. Михеев);
- Подразделы 1.1-1.5 (Д.В. Михеев);
- Раздел 2 (В.К. Лозенко, Д.В. Михеев);
- Подразделы 3.2-3.5 (Д.В. Михеев);
- Подразделы 3.1, 3.6 (В.К. Лозенко, Д.В. Михеев);
- Заключение (Д.В. Михеев).

Полученные в рамках проводимого исследования новые научные результаты (см. Введение и Заключение) принадлежат Д.В. Михееву.

Авторы надеются, что их работа и результаты исследований смогут оказаться полезным читателю.

## СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- DPI** (Discounted profitability index) – дисконтированный индекс прибыльности;
- DPP** (Discounted Pay-Back Period) – дисконтированный срок окупаемости;
- DTCO** (discounted total cost of ownership) – дисконтированная совокупная стоимость владения;
- IFL** (integral financial level) – интегральный финансовый уровень;
- ILBS** (integral level of business-setup) – интегральный уровень бизнес-уклада;
- ILC** (integral level of competitiveness) – интегральный уровень конкурентоспособности;
- IRR** (Internal Rate of Return) – внутренняя норма доходности;
- ISD** (index of sustainable development) – индекс устойчивого развития;
- ISL** (integral service level) – интегральный сервисный уровень;
- ITL** (integral technical level) – интегральный технический уровень;
- LBS** (level of business-setup) –уровень бизнес-уклада;
- NPV** (Net Profit Value) – чистая приведенная стоимость (прибыль);
- PDCA** – «Plan – Do – Check – Act»: цикл постоянного улучшения (Шухарта-Деминга);
- SCOPE** – Научный комитет по проблемам окружающей среды;
- WWF** – Всемирный Фонд Дикой Природы;
- АЭС** – атомная электростанция;
- БУ** – бизнес-уклад;
- ВВЭР** – водо-водяной энергетический реактор;
- ВИЭ** – возобновляемые источники энергии;
- ВСОП** – Всемирная стратегия охраны природы;
- ВЭУ** – ветроэнергетическая установка;
- ГКУ** – гелиоколлекторная установка;
- ГОСТ** – государственный стандарт;
- ГПУ/ГПЭС** – газопоршневая установка/электростанция;
- ГТУ/ГТЭС** – газотурбинная установка/электростанция;
- ГЭС** – гидроэлектростанция;

**ДВС** – двигатель внутреннего сгорания;

**ДГУ** – дизель-генераторная установка;

**ДТ** – дизельное топливо;

**ЕБРР** – Европейский банк реконструкции и развития;

**ЕНЭС** – Единая Национальная Электрическая Сеть;

**ЕС** – Евросоюз;

**ЕЭК ООН** – Европейская экономическая комиссия ООН;

**ЕЭС** – Единая Энергетическая Система;

**ИБО** – инновационный бизнес-объект;

**ИНК** – инвестиционный налоговый кредит;

**ИО** – инновационный объект;

**ИФИАС** – Международная федерация институтов перспективных исследований;

**ИЭЭ** – индикатор энергетической эффективности;

**КИУМ** – коэффициент использования установленной мощности;

**КПД** – коэффициент полезного действия;

**КУР ООН** – Комиссия ООН по устойчивому развитию;

**ЛЭП** – линия электропередачи;

**МАИ** – метод анализа иерархий;

**МКОСР** – Международная комиссия по окружающей среде и развитию;

**МС** – международный стандарт;

**МСОП** – Международный союз охраны природы;

**МТУ/МТЭС** – микротурбинная установка/электростанция;

**НДТ** – наилучшая доступная технология;

**НТД** – нормативно-техническая документация;

**ООН** – Организация Объединенных Наций;

**ОРЭМ/РРЭМ** – оптовый/розничный рынки электроэнергии и мощности;

**ОЭС** – Объединенная Энергетическая Система;

**ОЭСР** – Организация экономического сотрудничества и развития;

**ПГУ/ПГЭС** – парогазовая установка/электростанция;



**ПК/КПК** – показатель конкурентоспособности/комплексный показатель конкурентоспособности;

**ПТУ/ПТЭС** – паротурбинная установка/электростанция;

**РЗА** – релейная защита и автоматика;

**РК** – Республика Казахстан;

**РФ** – Российская Федерация;

**СИП** – самонесущий изолированный провод;

**СКП** – системно-креативный подход;

**СМК** – система менеджмента качества;

**СНГ** – Союз Независимых Государств;

**СССР** – Союз Советских Социалистических Республик;

**США** – Соединенные Штаты Америки;

**СЭнМ** – система энергетического менеджмента;

**ТНК** – транснациональная компания;

**ТНУ** – тепловая насосная установка;

**ТО** – техническое обслуживание;

**ТС** – техническая система;

**ТУ** – технологический уклад;

**ТЭК** – топливно-энергетический комплекс;

**ТЭО** – технико-экономическое обоснование;

**ТЭР** – топливно-энергетические ресурсы;

**ТЭС** – тепловая электростанция;

**ТЭЦ** – теплоэлектроцентраль;

**УА** – ускоренная амортизация;

**УНП** – удаленный населенный пункт;

**УР** – устойчивое развитие;

**ФЭС** – фотоэлектрическая станция;

**ЭСК** – электросетевая компания;

**ЭТО** – энерготехнологическое оборудование;

**ЮНЕП** – Программа ООН по окружающей среде.

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность темы исследования.* Мировая экономика основывается на принципе увеличения использования считающихся ранее практически неограниченных и сравнительно недорогих источников энергии с целью роста благосостояния и жизненного уровня населения. Однако существующая совокупность невозобновляемых ресурсов, неравномерно находящихся в распоряжении человечества и используемая не во всех случаях эффективно, исчерпаема и в ближайшем будущем не сможет в полной мере отвечать постоянно растущим потребностям социума. Данное обстоятельство приводит к обострению конкурентной борьбы за право владеть, распоряжаться и использовать данные ресурсы.

Поэтому перед человечеством в целом, так и перед отдельно взятой страной, отраслью, регионом, организацией, остро стоит проблема рационального использования невозобновляемых ресурсов (и поисков более эффективных способов получения энергии на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ)) в хозяйственно-производственной деятельности таким образом, чтобы последствия данного процесса оказывали минимально возможный для Природы, экономики, общества экологический, социальный и финансовый вред, а также не препятствовали гармоничному развитию будущих поколений.

Одной из наиболее известных, востребованных и применяемых на практике концепций, призванных осуществлять анализ и решение подобных актуальных для общества задач, является концепция «устойчивого развития» (УР) (sustainable development). Данная концепция находится под пристальным вниманием мирового сообщества в лице ООН, Всемирного Банка, ОЭСР и т.д. При этом стоит отметить, что кроме международных организаций достаточно высокий и стабильный интерес к УР проявляют научное сообщество и бизнес-структуры (особенно промышленность), что подтверждается инвестированием значительных финансовых средств в ее развитие и реализацию [149], высокой интенсивностью научно-исследовательской деятельностью и регулярными

отчетами международных, государственных и коммерческих организаций в области УР.

Представители бизнес-среды и научного сообщества постоянно и активно подчеркивают значимость и необходимость безопасного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в контексте реализации концепции УР. Особое внимание в этом направлении уделяется промышленным предприятиям, имеющим высокий уровень энергопотребления и существенно влияющим на состояние окружающей среды и качество социально-экономической жизни социума: от рациональности использования ТЭР зависит их экологическая, социальная и финансовая устойчивости. В ряде известных публикаций [40, 53, 64, 75, 82, 141, 178, 208, 210, 213] отмечается, что повышение энергоэффективности способно оказать положительное влияние на все составляющие УР в контексте «триединого итога» [149]: экологическую, социальную и финансовую.

Данное обстоятельство диктует необходимость более глубокого и тщательного исследования взаимосвязанности процессов управления энергоэффективностью организаций и их УР, в том числе и на основе количественных показателей (индикаторов энергоэффективности), являющихся неотъемлемой частью интегрального индикатора УР организаций. Это в свою очередь определяет потребность в развитии теоретических и методологических положений, разработке методических основ и указаний по построению организационно-экономического механизма (в виде результативно функционирующей системы энергетического менеджмента) с учетом ведущей мировой практики и современных практических рекомендаций, внедрение которого в систему управления организации способно обеспечить ее УР на современном этапе.

Совокупность вышеизложенных положений позволяет сделать вывод об актуальности проведения настоящего исследования.

***Степень разработанности проблемы.*** В рамках выполнения работы были изучены труды ведущих зарубежных и отечественных ученых и

специалистов в области общих и специальных вопросов УР. Следует отметить, что в работах российских авторов (Л.Г. Мельник, В.В. Попков, Р.А. Перелет, В.И. Данилов-Данильян, В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова и др.) преобладают исследования концепции УР на макроэкономическом уровне. В трудах отечественных специалистов освещались вопросы понятия концепции УР, ее основных принципов, признаков, свойств, критериев, факторов, эволюции и развития концепции, количественной оценки УР, анализа текущей ситуации и прогнозирования и т.д.

Помимо этого пристальное внимание уделялось трудам исследователей в области теории научно-технического прогресса, где стоит выделить Н.Д. Кондратьева, Й. Шумпетера, К. Перес, С.Ю. Глазьева, Ю.В. Яковец и др.

Существенный вклад в развитие концепции УР на микроуровне и в формировании подходов к определению индикаторов УР внесли М. Портер, С. Манринг, М. Эпштейн, Б. Виллард, Д. Данфи, Дж. Эллингтон, Е.Ю. Перцева, Тарасова Н.П., Кручина Е.Б., Н.В. Зубаревич, С.В. Соловьева, Ю.С. Власов, П.А. Макеенко, Э.В. Гирусов, Е.Б. Колбачев, И.Н. Омельченко, А.А. Колобов, А.Ю. Ермаков, А.В. Киреев, В. Ю. Припотень, Л. И. Рябенко, Н.Н. Шиков, А.В. Ефимов и др.

Изучением и исследованием вопросов взаимосвязанности энергоэффективности и УР занимались С.Н. Бобылев, Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, А.А. Аверченков, С.В. Соловьева, П.А. Кирюшин, К.К. Ильковский, Г.Э. Попов, В.Г. Селищев, Е.Д. Щетинина, В.П. Ануфриев, Е.В. Ермакова, О.В. Данченко, И.А. Немцев, И.А. Башмаков, М.В. Быканов, А.Р. Галеева, О.В. Газизова и др.

При этом в настоящее время научное сообщество не уделяет достаточного внимания изучению вопросов обеспечения УР организаций (на микроэкономическом уровне) [149], где может быть проведен более детальный и качественный анализ вышеупомянутой проблемы, выявлены причинно-следственные связи и предложены пути ее решения (в том числе за счет конкретных организационных инструментов и механизмов управления

процессами повышения энергоэффективности). Как показано в [149] внимание научных кругов в данном вопросе в основном сконцентрировано на макроэкономическом уровне либо на рассмотрении отдельных аспектов УР на уровне организаций (например, корпоративной социальной ответственности (работы И.Ю. Беляевой, Ю.Е. Благова, А.А. Дынкина, С.В. Туркина) и экологии (В.И. Фролов, Е.О. Агафонова)). К тому же известные на сегодняшний день работы в области непосредственной реализации концепции УР организаций имеют преимущественно описательный характер [149], следствием чего является отсутствие или недостаточное рассмотрение конкретных организационно-экономических инструментов и механизмов реализации данной концепции. Это наблюдается (за исключением небольшого количества научных работ, например, [141, 178, 210]) и в вопросе установления взаимосвязанности процессов управления энергоэффективностью организаций и их УР.

Теоретическим и практическим аспектам стратегического управления энергоэффективностью и построению систем управления энергоэффективностью организаций посвящены работы и труды ряда зарубежных (B.L. Capehart, W.C. Turner, W.J. Kennedy, S. Doty, A. Thumann, C.H. Eccleston) и отечественных (А.Ф. Дьяков, В.К. Лозенко, А.Е. Муров, М.К. Агеев, И.Ю. Склярова, В.А. Шилин, О.В. Данченко, Е.В. Чумаков, Р. Ойленбах, А.Н. Пыткин, А.И. Хисамова, Я.И. Тульчинская, В.А. Цопа, А.Н. Яськин, А.А. Злобина, В.Н.Курятова, А.П. Мальцева, М.А. Булатенко, Ю.В. Кошарная, Романова Г.А., Еленева Ю.Я.) авторов.

Стоит отметить, что в работах данных авторов однозначно и в явном виде не указываются организационные механизмы, на основе которых будет достигаться реализация концепции УР организаций, особенно с позиций управления их энергоэффективностью.

Проблемы и исследования технико-экономического анализа и оценки конкурентоспособности источников энергоснабжения и инвестиционных проектов в области повышения энергоэффективности рассмотрены в трудах

И.М. Лифица, Т. Саити, Ю.П. Анискина, Д.П. Бирюлина, Л.И. Алексахиной, Д.С. Курочкина, Н.Д. Рогалева, А.Г. Зубковой, Г.Н. Курдюковой, Д.Г. Шуваловой, Е.Г. Гашо.

Несмотря на существенный вклад данных исследователей в вопросе оценки конкурентоспособности энерготехнологических и генерирующих технических систем ими не была усовершенствована методика, позволяющая осуществлять оценку эффективности инвестиционных проектов в области повышения энергоэффективности для различных категорий энергопотребителей не только по финансовым и техническим показателям, но и с учетом сервисной составляющей и ряда других специфических составляющих проекта (например, возможности получения налоговых льгот при внедрении энергоэффективного оборудования), формирующих интегральное значение конкурентоспособности проекта. Помимо этого не были предложены инструменты оценки влияния реализации инвестиционных проектов в указанных сферах на УР организации. Это обстоятельство затрудняет принятие оптимального управленческого решения при выборе технологического решения и реализации инвестиционных проектов.

Проблематика управления, оценки конкурентоспособности и целесообразности применения высокоэффективных систем энергоснабжения (централизованных, автономных и комбинированных) промышленных предприятий исследовались в работах В.В. Тарасенко, Е.В. Макаревич, В.В. Макаревич, В.Д. Бурова, А.А. Дудолина, Г.А. Фокина, Л.К. Осика, В.Я. Пейсаховича, В.В. Жукова, Г.Ф. Быстрицкого, Е.Т. Ильина, Н.Г. Кириллова, Л.Д. Яблокова, В.В. Елистратова, М.Д. Дильмана, С.П. Филиппова, М.С. Ионова, И.Ю. Иванова, Н.А. Петрова, Т.Ф. Тугузовой, Н. Васильевой и др.

В данных трудах не были в полной мере рассмотрены инструменты стимулирования централизованных энергопотребителей к внедрению энергосберегающих технологий и результативных механизмов по управлению энергоэффективностью, не проведено достаточное исследование и комплексное монофакториальное технико-экономическое сравнение различных систем

энергообеспечения для автономных и комбинированных энергопотребителей различных мощностных диапазонов и условий эксплуатации.

**Научное противоречие.** Несмотря на большой объем научных и прикладных исследований по проблеме обеспечения УР организаций на основе управления их энергоэффективностью, на сегодняшний день недостаточно изучена возможность обеспечения УР промышленных предприятий на основе построения и внедрения результативных организационно-экономических механизмов по управлению энергоэффективностью (в виде результативно функционирующей системы энергоменеджмента как части интегрированной системы менеджмента организации) в систему управления организаций.

Следовательно, **целью исследования** является разработка методических основ и указаний по построению организационно-экономического механизма по управлению энергоэффективностью промышленного предприятия (организации) в виде результативно функционирующей системы энергоменеджмента (на основе лучшей мировой практики в области управления энергоэффективностью), направленного на обеспечение его УР.

Для достижения поставленной цели решаются **следующие задачи**:

1. Совершенствование методики определения индекса (интегрального индикатора) УР промышленных предприятий на основе анализа текущего состояния концепции УР, исследования и систематизации современных подходов к оценке индикаторов и индексов УР и синтеза эффективной методологической основы для описания УР организации.

2. Обоснование возможности обеспечения УР промышленных предприятий за счет внедрения организационно-экономического механизма управления их энергоэффективностью.

3. Определение необходимых и достаточных условий создания результативно функционирующей системы энергетического менеджмента и разработка универсального алгоритма проектирования данной системы для устойчиво развивающейся организации, основанного на 10 базовых принципах энергоменеджмента с учетом ведущей мировой практики.

4. Разработка методических указаний к построению системы индикаторов энергетической эффективности в рамках результативно функционирующей системы энергоменеджмента устойчиво развивающейся организации.

5. Совершенствование методики комплексной оценки конкурентоспособности инвестиционных проектов по внедрению в инфраструктуру промышленных предприятий энерготехнологического оборудования по критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности».

6. Для централизованного, автономного и комбинированного вариантов энергоснабжения:

- Для централизованного варианта: разработка инструментов стимулирования потребителей ТЭР к повышению их энергоэффективности со стороны объектов внешней среды (энергоснабжающих организаций).

- Для автономного и комбинированного вариантов: анализ современного состояния высокоэффективных систем автономного энергоснабжения и оценка возможности их внедрения в инфраструктуру промышленных предприятий для обеспечения их УР.

В качестве **объекта исследования** выбраны динамично растущие и стабильно функционирующие российские промышленные предприятия, реализующую стратегию инновационного развития. **Предметом исследования** являются процессы управления энергоэффективностью функционирования промышленных предприятий (в том числе организаций холдингового типа), направленные на обеспечение их УР согласно концепции «триединого итога».

**Теоретическая и методологическая основы исследования** строятся на системно-креативном подходе (частный вид общей теории систем) и теории научно-технического прогресса (вопросы развития методологии «бизнес-укладов» через понятие «технологические уклады»).

В работе использованы следующие *общенаучные методы*: анализ, синтез, сравнение, дедукция, индукция, моделирование, методы группировки, обобщение и классификации.



**Информационную базу исследования** составили информационно-аналитические материалы, содержащиеся в трудах и исследованиях отечественных и зарубежных авторов, статистические данные, полученные из официальных источников государственных и иных ресурсов, нормативные государственные и международные документы.

**Научная новизна** состоит в формировании организационно-экономического механизма по управлению энергоэффективностью организации на основе ведущей мировой практики в области энергоменеджмента и синтеза концепции бизнес-укладов и системно-креативного подхода, что при его внедрении в практику управления позволяет осуществлять комплексный анализ текущего уровня УР организации и обеспечивать ее УР.

***Теоретическая и практическая значимость исследования.***

*Теоретическое значение исследования* заключается в разработке методологической основы концепции УР на микроуровне на основе синтеза системно-креативного подхода и методологии бизнес-укладов, организационно-экономического механизма в виде построения и внедрения результативных систем энергоменеджмента, определения значимости критерия «Энергоэффективность» в развитии социально-экономических систем различного уровня.

*Практическое значение исследования* заключается в следующем:

1. Предлагаемый организационно-экономический механизм по управлению энергоэффективностью может быть использован промышленными предприятиями и организациями при планировании их деятельности, анализе текущего уровня УР организации, выявлении проблем и поиске корректирующих воздействий для их устранения, что позволит повысить эффективность управления, добиться реализации поставленных целей и обеспечить УР.

2. Разработанный алгоритм проектирования результативной системы энергоменеджмента при его внедрении в практику управления может быть использован промышленными предприятиями и организациями холдингового

типа в целях сертификации согласно требованиям МС ISO 50001:2011, повышения энергоэффективности и получения конкурентных преимуществ на рынке с одновременным обеспечением их УР.

3. Предложенный перечень документации (в том числе методический документ «Положение об индикаторах энергоэффективности»), работы по созданию которого относятся к достаточным условиям построения результативно функционирующей системы энергоменеджмента, может быть внедрен в существующие системы энергоменеджмента организаций с целью повышения их эффективности и результативности.

4. Разработанный метод определения комплексной конкурентоспособности технологических решений в рамках реализации инвестиционных проектов по внедрению комбинированных и автономных систем энергоснабжения, может быть использован специалистами и менеджментом промышленных предприятий и организаций при принятии управленческих решений по инвестированию денежных средств в совершенствование энергетической инфраструктуры.

5. Результаты исследования могут быть применены в учебном процессе при изучении дисциплин «Инженерный менеджмент», «Менеджмент в энергетике», «Маркетинг в энергетике», «Энергоменеджмент и энергоэффективность» студентами высших образовательных учреждений, а также в рамках обучения специалистов и менеджмента организаций.

*Структура монографии* была определена в соответствии с сформулированной целью и решаемыми задачами. Работа общим объемом 276 страниц имеет классическое построение: благодарности от авторов, список терминов и определений, введение, три раздела (каждый раздел содержит несколько подразделов и выводы), заключение, библиографический список, включающий 219 литературных источников, 5 приложений, краткая биографическая информация об авторском коллективе. Работа проиллюстрирована 22 рисунками и содержит 51 таблицу.

# **1. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ НА МАКРО- И МИКРОУРОВНЯХ**

## **1.1. ПЕРМАМЕНТНЫЙ КОНФЛИКТ И КОНКУРЕНТНАЯ БОРЬБА – ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО СООБЩЕСТВА**

Непрерывный процесс развития человеческого общества характеризуется наличием эволюционных (количественных) изменений, согласно закону диалектики переходящих в революционные (качественные) изменения, которые оказывают существенное влияние на образ жизни социума. Основные этапы качественных изменений в жизнедеятельности человечества (использование мускульной силы человека, использование силы животных, использование естественных сил природы, генерация энергии, производство машин, освоение космоса, производство технических систем (ТС), заменяющих интеллект человека) характеризовались повышением степени сложности используемых ТС: от примитивных орудий труда до ТС, обладающих искусственным интеллектom. При анализе динамики данных изменений становится заметным, что на рубеже XV-XVI веков социум стал технозависимым [92], это и обусловило специфику его дальнейшего развития (Приложение 1).

На основе вышесказанного и материала, приведенного в Приложении 1, можно констатировать, что хозяйственно-производственная деятельность человечества, ставшая полностью технозависимой и носящая недетерминированный характер из-за наличия человеческого фактора при управлении ТС, может нанести непоправимый урон экосистеме Земли и всем живым организмам, которые ее населяют. С другой стороны не менее напряженными остаются социально-экономические взаимоотношения людей на всех уровнях общественной иерархии.

В 1970-ых годах мировое сообщество стало осознавать, что совокупность данных проблем, носящих глобальный для человеческой цивилизации характер, может привести к катастрофическим последствиям, способным окончательно прервать развитие человеческого социума в гармонии с Природой. Причинами,

сфокусировавшими общественное внимание на пагубном потенциале производственно-хозяйственной деятельности человечества, стали:

- резко ухудшающееся экологическое состояние биосферы Земли (озоновые дыры, глобальное потепление, техногенные катастрофы и т.д.);
- кризисные явления в экономике и политике (локальные военные конфликты, потенциальная возможность мировой ядерной войны, нефтяной кризис 1973-го года и последующие энергетические кризисы и т.д.);
- кризисные явления в социальной сфере (отсутствие социальной и корпоративной ответственности транснациональных компаний (ТНК), неравномерное распределение ресурсов среди населения, отсутствие полной защищенности прав трудящихся и т.д.).

Первопричина возникновения данной кризисной ситуации заключается в том, что общество имеет ограниченные возможности для реализации своих быстрорастущих потребностей: люди хотят удовлетворять разнообразие желаний в различных сферах своей жизнедеятельности, имея при этом ограниченное и неравномерно распределенное количество ресурсов и неэффективные способы их использования, что порождает совокупность вышеописанных проблем, то есть конфликт между возможностями и потребностями.

Качественное определение конфликта через призму времени представлено на рис. 1.1.1, где он находится как разность между функциями потребностей ( $\Pi$ ) и возможностей ( $B$ ) человечества в конкретное значение времени  $t$  по формуле (1.1.1):

$$K_t = \Pi_t - B_t \quad (1.1.1), \text{ о.е.,}$$

где  $t$  – определенный момент времени.

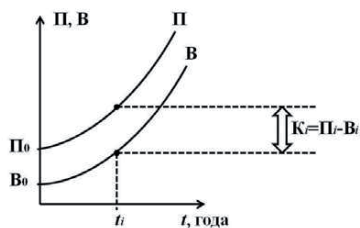


Рис. 1.1.1. Качественное определение конфликта через призму времени [92]

Рост функции человеческих потребностей заставляет социум создавать новые возможности для удовлетворения этих потребностей, то есть разрешение конфликтной ситуации (нахождение средства для решения актуальной задачи, поставленной перед обществом) является основой для его дальнейшего благополучного развития.

С другой стороны, в процессе исторического времени всегда существовала конкурентная борьба между различными группами людей разной иерархии за ограниченные ресурсы (людские, полезные ископаемые, водные, территории и т.д.), что сопровождалось конфликтами, переходящими в плоскости военного (крестовые походы, мировые и гражданские войны, локальные военные конфликты), социального (революции, бунты и т.д.), экономического (введение эмбарго, санкций), культурного (религиозные преследования) и информационного (роль СМИ в освещении деятельности иностранных государств и каких-либо групп) противостояний.

Таким образом, после полученного человечеством горького опыта в XX веке и в предыдущих столетиях вектор конкурентной борьбы за ограниченный ресурс смещается с открытых военных противостояний в сторону социально-экономического и культурно-информационного конфликтов. Это, с одной стороны, сопровождается развитием социума в результате необходимости быть конкурентоспособнее за счет создания конкурентных преимуществ в различных сферах жизнедеятельности (создание технологических инноваций и т.д.), с другой стороны, снижается возможность уничтожения мира самим

человечеством (наличие ядерного паритета и т.д.) при одновременном создании инструментов для разрешения данного противоречия и смягчения последствий конкурентной борьбы.

## **1.2. ЭВОЛЮЦИЯ, ПОНЯТИЕ И ПРИНЦИПЫ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

В конце второй половины XX века было положено начало зарождению концепции УР как предполагаемого инструмента по разрешению совокупности экологических и социально-экономических противоречий, возникающих в результате производственно-хозяйственной деятельности человеческого общества, характеризуемой наличием постоянного конфликта и конкурентной борьбы. Стоит отметить, что русский академик В.И. Вернадский в середине XX века выдвинул концепцию ноосферы, имеющую многие схожие черты с концепцией УР [52, 127, 155], что подтверждает наличие существования не зависящей от воли конкретных людей объективной закономерности одновременного и независимого возникновения в разных местах одинаковых потребностей [122].

Первоначальный этап становления и развития концепции УР характеризовался основанием международных неправительственных научных организаций, занимающихся объективным исследованием глобальных процессов на Земле: Международная федерация институтов перспективных исследований (ИФИАС), Римский клуб, Международный институт системного анализа и Всесоюзный институт системных исследований в СССР. Это были первые попытки [136] организационного характера по разрешению противоречий, описанных в подразделе 1.1.

В начале 1970-ых гг. международным сообществом была идентифицирована проблема ухудшающегося экологического состояния планеты, приводящая к препятствию в социально-экономическом развитии экономик государств. По мотивам данной обеспокоенности в 1972-ом году в Стокгольме была проведена Конференция ООН, значимым результатом которой стало создание Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

Значимость этого результата заключается в том, что ЮНЕП стала мотивирующим драйвером развития политики и права в области охраны и защиты окружающей среды: в развитых странах стали появляться профильные министерства и ведомства, занимающиеся вопросами сохранения окружающей среды [52, 127, 155].

В 1980-ом году по инициативе ЮНЕП, Международного союза охраны природы (МСОП) и Всемирного фонда дикой природы (WWF) была принята Всемирная стратегия охраны природы (ВСОП). В разработанной стратегии содержалось широкое упоминание концепции УР в экологическом аспекте. Материалы второй редакции ВСОП «Забота о планете Земля – Стратегия устойчивой жизни» были опубликованы в 1991-ом году, в них отмечалось, что «развитие человеческого общества обязано основываться на сохранении Природы, защите структуры, функций и разнообразия природных систем Земли, от которых зависят благополучное существование биологических видов» [52, 127, 155]. По мнению разработчиков стратегии, направлениями реализации поставленной задачи должны были стать:

- сохранение и поддержание системы жизнеобеспечения;
- сохранение и поддержание биоразнообразия;
- ориентация на устойчивое использование возобновляемых ресурсов.

После проведенных различными государствами при поддержке ООН исследований в сфере экобезопасности мировая общественность испытывала сильную озабоченность «по поводу быстрого ухудшения состояния окружающей среды, человека и природных ресурсов, и последствий ухудшения экономического и социального развития» [52, 127, 155]. В 1983-ом году ООН организовала Международную комиссию по окружающей среде и развитию (МКОСР), председателем которой стал Гру Харлем Брундтланд [52, 127, 155].

В 1987-ом году МКОСР в рамках доклада «Наше общее будущее» [1] было дано определение термину «Устойчивое развитие»: «Устойчивое развитие – это удовлетворение потребностей настоящего времени, не подрывающее способность будущих поколений удовлетворять свои собственные

потребности» и положено начало новой триединой эколого-социально-экономической концепции УР [1].

В 1997-ом году Джон Элкингтон сформулировал тройную цель УР для бизнеса как важнейшего структурного элемента по обеспечению УР [149, 208]:

1. Люди (People);
2. Планета (Planet);
3. Прибыль (Profit).

В 1992-ом году в Рио-де-Жанейро была проведена конференция, посвященная вопросам УР. Наиболее важным результатом данного мероприятия стало принятие его участниками Глобального Договора об общих ценностях и принципах (Global Compact) [34]. Основная задача данного Договора – достижение результативной интеграции бизнес-структур в кооперацию с ООН, чтобы обеспечить [34]:

- реализацию концепции «глобальной экономики с человеческим лицом»;
- кооперацию бизнеса с ООН в проектах разного уровня;
- усиление корпоративной ответственности организаций за соблюдение международных стандартов (МС) [120, 208].

После данной конференции с периодичностью 10 лет были проведены две Конференции ООН по УР (саммит в Йоханнесбурге в 2002-ом году и конференция «Рио +20» в Рио-де-Жанейро 2012-ом году), на которых анализировалось текущее состояние устойчивости развития экономик, общества и экосистемы нашей планеты, обсуждалась проблематика функционирования экологически эффективной экономики, социального благополучия населения, обеспечения социальной справедливости и непосредственно УР [175].

В 2002-ом году был представлен доклад ЮНЕП «10 лет после Рио-де-Жанейро: оценка ЮНЕП» («Промышленный сектор как партнер в области устойчивого развития»), подготовленный на базе 22 докладов о глобальной устойчивости, составленных представителями промышленных секторов



экономики [52, 127, 155]. На основе положений из доклада были установлены основные приоритетные области для частных организаций и промышленного сектора [208]:

- распространение применения «наилучшей практики» [119], приносящей «тройной дивиденд» — экономический, экологический и социальный;
- активный учет экологических и социальных показателей в процессе принятия решений ведущими частными организациями;
- улучшение осуществления и мониторинга добровольных инициатив и промышленного саморегулирования.

Следует отметить, что в рамках последней проведенной конференции были предприняты действия по поддержанию ЮНЕП в качестве «ведущей мировой организации в области природоохраны», рассмотрен вопрос создания альтернативы ВВП как меры экономического богатства (в том числе за счет учета экологических и социальных факторов УР), подтверждение странами-участниками поэтапного отказа от субсидий на ископаемое топливо [27, 31].

Главный результат конференции – документ под названием «Будущее, которого мы хотим» [31], в котором «главы 192 государств подтвердили свою политическую приверженность УР и заявили о своей приверженности содействию устойчивому будущему» [31].

Однако, несмотря на предпринятые меры со стороны развитых государств, научных организаций, бизнес-сообщества и международного общества в целом, в том числе при серьезной поддержке со стороны ООН, в конце XX-начале XXI вв. сохранились негативные экологическая и социально-экономическая обстановки, имеющие тенденцию к усугублению.

Поэтому современный этап развития концепции УР характеризуется неослабляющимся интересом к вышеописанной проблематике со стороны ООН и иных международных неправительственных организаций, государств, бизнес-среды (например, крупные отечественные компании (ПАО «Интер РАО» [200], ПАО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть» и др.)) регулярно выпускают

периодические отчеты по УР) и научных кругов, а также возрастающим инвестированием финансовых средств в УР [149]. Благоприятной тенденцией в развитии концепции стали:

- разработка и принятие ряда МС [13-16, 18, 19, 120], регламентирующих деятельность организаций в различных сферах с возможностью построения интегрированной системы управления организацией [208];

- подписание международных соглашений в сфере экологической безопасности (Киотский протокол, Монреальский протокол и т.д.);

- постепенный переход ведущих государств на ВИЭ (политика и государственные программы в этом направлении реализуются в ЕС, США, КНР и ряде других стран) [3];

- возросший интерес к тематике энергоэффективности, энергобезопасности и эффективному использованию ресурсов в целом (например, согласно резолюции 65/151 Генеральной Ассамблеи ООН постановила провозгласить 2012-ый год Международным годом устойчивой энергетики для всех);

- реализация концепции «честного бизнеса» и антикоррупционные меры (Конвенция ООН против коррупции, национальная политика ряда государств и организаций и т.д.);

- улучшение условий труда персонала и повышение степени их социальной защищенности [23, 24, 28];

- введение прогрессивного налогообложения в ряде государств и эффективных мер по перераспределению получаемых сверхдоходов (например, невозможность получать самому высокооплачиваемому работнику организации зарплату, превышающую в несколько раз (10, 20 и т.д.) зарплату самого низкооплачиваемого работника);

- интеграция положений концепции УР в образовательный процесс;
- и т.д.

В настоящее время из трех составляющих УР, формирующих «триединый итог» концепции, среди представителей международных и правительственных организаций, бизнес-структур и научного сообщества наиболее популярна экологическая составляющая [149]. Ее учет подразумевает обеспечение непрерывного развития естественных и искусственных природных сред, которые должны самовосстанавливаться и быть способны к динамической адаптации в результате воздействия факторов внутренней и внешней сред.

Социальная составляющая УР требует от социума построения новой высокоэффективной системы разработки, принятия и реализации решений с их непрерывным контролем, что воплощается в следующих положениях [52, 127, 155]:

- сохранение и развитие социокультурных систем;
- минимизация военных и иных конфликтов между людьми;
- обеспечение справедливого разделения ресурсов и благ.

В последнее время достаточно популярной, в том числе и в среде научных кругов, стало понятие «социальная корпоративная ответственность» [149].

Основой экономической составляющей УР является теория максимального потока совокупного дохода английского и шведского экономистов Хикса-Линдаля [52]. Эта составляющая подчеркивает необходимость рационального и эффективного использования ограниченных невозобновляемых ресурсов, в том числе за счет внедрения инновационных технологий, которые должны активно создаваться и быть общедоступными в результате перехода человеческой цивилизации от индустриального к информационному обществу на фоне дематериализации и информатизации его производственно-хозяйственной деятельности. Иными словами, используя теорию научно-технического прогресса (а, именно, предложенную В.К. Лозенко концепцию бизнес-укладов (БУ) на основе дополнения понятия «Технологический уклад» (ТУ) [122], введенного С.Ю. Глазьевым [66]), можно говорить о том, что человечество должно претерпеть качественные изменения и

перейти на более высокий (шестой) уровень БУ [35, 66-68, 122, 126, 187], вместо предшествующего. То есть непрерывное развитие социально-экономических систем осуществляется за счет осознания нехватки материальных ресурсов и наличия информационных ресурсов и знаний в большом количестве.

Таким образом, успешная реализация концепции УР на макро-, мезо- и микроуровнях требует решения задачи по обеспечению эффективного и гармоничного синтеза вышеперечисленных составляющих, результатом которого станет единый интегрированный механизм (с точки зрения идеологии концепции).

Стоит отметить, что текущий этап развития концепции УР также характеризуется множеством вариантов трактовки самого понятия «устойчивое развитие», которые, в общем, схожую смысловую нагрузку.

Исходя из анализа исторического развития концепции и исследований ряда специалистов, результаты которых отражены в [12, 50-53, 78, 64, 84, 127, 136, 141, 149, 155, 189, 208, 210], авторы считают, что интерпретация термина «устойчивое развитие» зависит от нескольких факторов:

- выбранная философская и методологическая основа исследования, на основе которой рассматривается и реализуется концепция;
- уровень, на котором рассматривается эта концепция (см. рис. 1.2.1);
- подход к количественному определению УР;
- и т.д.

Часто приводится следующее определение УР: «Устойчивое развитие – это процесс гармоничных изменений, в котором согласованное управление совокупностью активов (физический, природный и человеческий капиталы) направлено на сохранение, укрепление и расширение нынешнего и будущего потенциала человеческого общества для удовлетворения его потребностей без причинения ущерба будущим поколениям» [52, 127, 155].

С одной стороны, на основе данного определения и вышеприведенного анализа можно согласиться с мнениями Л.Г. Мельника [127] и Е.Ю. Перцевой

[149] о том, что в общепринятом русскоязычном варианте перевода английского термина «sustainable development» есть противоречивость и алогичность, так как понятие «устойчивость» предполагает «способность системы к сохранению текущего состояния при внешних воздействиях на нее», а «развитие» – «изменение текущего состояния и положения системы». С другой стороны, используя положения уже вышеупомянутой концепции БУ и системно-креативного подхода (СКП) [92] можно сказать, что объект УР имеет качественные и количественные характеристики. В данном контексте качественность предполагает переход объекта в новое состояние (например, из одного уровня БУ в другой). Такую трансформацию можно назвать развитием объекта, так как он претерпевает положительное качественное изменение. В этом же контексте количественные характеристики определяют текущее состояние объекта между двумя крайними позициями (например, при рассмотрении концепции БУ они определяют, каков нынешний уровень БУ организации при переходе от 5-го уровня к 6-ому (то есть, 5,2 или 5,4 и т.д.)). Поэтому изменение количественной характеристики и ее анализ в динамике позволяет оценивать устойчивость или неустойчивость развития объекта, то есть каким образом происходит эволюционное совершенствование организации при переходе к следующему БУ.

На основе вышеизложенного текста авторы считают, что приведенное определение в общем случае не содержит какой-то ошибки, но при этом оно требует такого рода научно обоснованных пояснений, которые будут приведены в подразделе 2.1 данной монографии.

В продолжение характеристики современного состояния концепции УР стоить отметить, что научный вектор исследования и развития концепции УР в первую очередь ориентирован на изучение и решение задач макроэкономического уровня [149], а не микроуровня, на котором имеется возможность проведения более тщательного и детального анализа бизнеса как движущей силы развития человеческого общества в условиях жесткой конкуренции. Следует также подчеркнуть, что международное сообщество в

лице ООН и иных неправительственных организаций уже концентрировало свое внимание именно на представителей бизнес-структур, как важных объектов УР («10 лет после Рио-де-Жанейро: оценка ЮНЕП» [136, 175]).

Ряд российских авторов также обращал внимание на необходимость изучения концепции УР на микроуровне и проводил исследования в этой области. Среди них следует выделить: С.Н. Бобылева [53], Е.Ю. Перцеву [149], А.В. Ефимова [84], Р. Ойленбах [141], Е.В. Чумакова [210, 213] и др.

На основе результатов исследований вышепредставленных и иных исследователей, а также на основе собственного анализа авторы монографии приводят причины, согласно которым необходимо проводить исследования данной концепции на уровне организаций и предприятий:

- устойчивый интерес к концепции УР со стороны бизнеса, выражаемый в виде инвестирования существенных финансовых средств в развитие концепции и увеличения публикуемых отчетов по проблеме УР [149];
- разработка и создание стандартов, руководств и иных документов, содержащих в себе вопросы УР или его отдельных составляющих [208];
- существенный потенциал и высокая потребность в обеспечении УР промышленных предприятий и организаций [133];
- малая степень научного изучения концепции УР на микроэкономическом уровне [149];
- отсутствие эффективных систем управления УР организаций:
  - непроработанность вопросов, связанных развитием организационно-экономических механизмов обеспечения УР предприятий;
  - непроработанность вопросов, связанных с развитием организационных инструментов, позволяющих объективно определять текущий интегральный уровень УР предприятия;
  - непроработанность вопросов, связанных с развитием организационных инструментов, позволяющих идентифицировать

факторы УР, имеющие наибольший потенциал к дальнейшему увеличению;

- непроработанность вопросов, связанных с развитием организационных инструментов, позволяющих объективно определять влияние реализации инвестиционных проектов на уровень УР предприятия;

- отсутствие систематизированной информации о типовых и малозатратных возможных инструментах, способах и механизмах повышения уровня УР предприятий с представлением четкой корреляции с реальными бизнес-процессами;

- отсутствие исследований, направленных на выявление возможных противоречий между УР микро- и макроуровней.

Так как в дальнейшем в работе исследуются вопросы и проблемы реализации концепции УР промышленных предприятий на микроуровне, то следует дать определение этому термину на выделенном иерархическом уровне. Согласно Е.Ю. Перцевой [149] «Устойчивое развитие на микроуровне – это подход к управлению бизнесом, основанный на создании долгосрочной ценности для широкой группы стейкхолдеров, включающей среди прочих будущие поколения, путем управления экономическими, экологическими и социальными факторами». Авторы считают, что данное Е.Ю. Перцевой определение не противоречит определению УР для макроуровня и достаточно раскрывает его особенность на микроуровне, но при этом не стоит забывать о вышесказанных научно обоснованных объяснениях таких определений, особенно при использовании логических и математических инструментов при его описании. Стоит также дополнить, что согласно положениям СКП интересы частного не должны противоречить интересам общего [92], то есть развитие организации не должно противоречить развитию экономики страны, интересам общества и экологическому состоянию планеты.

Иерархическое представление различных уровней УР приведено на рис.

1.2.1.



Рис. 1.2.1. Иерархическое представление концепции УР

Концепция УР обладает перечнем принципов как на макроуровне, так и на микроуровне, которые были определены Глобальным договором [34] и научными исследованиями ряда авторов. Они представлены в Приложении 2.

Таким образом, после характеристики данной концепции имеется возможным перейти к описанию современных подходов к определению количественных показателей УР, что представлено в следующем подразделе.

### **1.3. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА МАКРО- И МИКРОУРОВНЯХ**

Определение практически измеримых показателей, дающих объективное представление о текущем и прогнозируемом уровне гармонического развития исследуемого объекта и позволяющих разработать эффективное решение по разрешению имеющихся противоречий, является важным шагом к успешной реализации концепции УР, что было подчеркнуто на конференции в Рио-де-Жанейро в 1992-ом году [175]. В настоящее время научная теория и бизнес-практика в области УР предлагают использовать показатель, именуемый «индикатор/индекс устойчивого развития» (*indicator/index of sustainable development – ISD*) [189]. Данный показатель математически определяется из полученной и обработанной первичной информации, которую обычно нельзя



использовать для интерпретации изменений, и позволяет с той или иной степенью достоверности оценивать текущее состояние или изменение финансовой, социально-экономической или экологической переменных [83].

Вопросами разработки и построения систем для оценки показателя *ISD*, которые широко освещаются на большом количестве конференций, форумов, семинаров и саммитов, активно занимаются международные неправительственные и отраслевые/научные организации и отдельные исследователи. Среди первых можно выделить ООН, Всемирный Банк, WWF, Организация стран экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Европейскую комиссию, Научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др. [189]. Среди вторых стоит отметить Институт устойчивого развития, Центр экологической политики России, Институт Всемирного банка, Фонд защиты природы и т.д.

К сожалению, создание объективной системы оценки индикаторов УР является достаточно трудозатратной и сложной задачей, требующей достаточно большого количества актуальной, своевременной, полной, качественной и при этом труднодоступной информации. Эти обстоятельства могут приводить к временному «лагу», который свойственен практически любым сферам нашей жизнедеятельности, соприкасающимся со статистикой, и серьезным искажениям при получении окончательного результата. В связи с этим актуальной также является задача создания, с одной стороны, простого в практике, понятного и наименее информационного зависимого, а, с другой стороны, достоверного и научно обоснованного подхода к оценке *ISD* объекта исследования.

Согласно [12, 50, 51, 189, 206] в научной практике можно выделить 2 основных подхода к построению и последующему определению данного показателя относительно его агрегированности и учета 3 составляющих триединого итога УР:

- создание систем индикаторов, отображающих отдельные составляющие УР (экологическая подсистема, экономическая подсистема, социальная подсистема, институциональная подсистема);

- создание интегрального индикатора (индекса).

По типу учета составляющих УР в итоговом индикаторе можно выделить следующие виды показателей УР:

- экологические (Эко);
- экономические (Э);
- социальные (С);
- социально-экологические (СЭко);
- социально-экономические (СЭ);
- эколого-экономические (ЭкоЭ);
- эколого-социо-экономические (ЭкоСЭ).

Полное описание методологии разработки и расчета интегрального индикатора для различных технических и социально-экономических систем приведено в [14, 24, 50, 119, 122, 130, 131, 149, 173, 189, 192, 194-196], где, в том числе, содержатся труды авторов монографии и иных исследователей, занимающихся вопросами УР. В подразделе 2.1 будет приведено подробное описание данных процессов применительно к индексу УР, а в подразделах 2,6 и 3.5 – на примере оценки эффективности реализации инвестиционного проекта в сфере энергетики. Стоит отметить, что, несмотря на системность и комплексность интегрального показателя, его основным недостатком является субъективность в результате определения весовых коэффициентов. С другой стороны, данный недостаток может быть минимизирован в результате использования средств математического моделирования и применения прикладных автоматизированных программ и алгоритмов. На сегодняшний день в мировой практике вышеперечисленные подходы сочетаются в системах и методиках определения индикаторов УР, представленных в Приложении 3 с указанием их подробных характеристик и классификации [50, 51, 189].

Для анализа и оценки текущего уровня УР организаций на микроэкономическом уровне представленные системы и методики оценки имеют ряд недостатков:

- неудобство анализа УР при использовании индикаторов, отображающих отдельные составляющие УР, так как даже схожие (например, экологические) индикаторы, не приведенные к общему знаменателю, не демонстрируют полную и однозначную картину происходящих процессов;

- некомплексность некоторых из данных систем при анализе уровня УР хозяйствующих систем как комплексных объектов в результате ориентации не на ЭкоСЭ группу показателей;

- ориентированность данных систем, прежде всего, на оценку показателя УР (за исключением №14 из Приложения 3) для макроэкономического уровня хозяйствующих систем, то есть некоторые индикаторы могут в полной мере подходить для макроэкономического анализа, но быть непригодными для анализа на микроуровне;

- учет в некоторых случаях фактических операционных данных без учета инфраструктурных составляющих исследуемого объекта, либо наоборот;

- невозможность или затруднение оценки вклада объекта микроуровня в картину макроуровня, что является актуальной задачей, например, при рассмотрении градообразующих предприятий или отрасли промышленности и выявлении причинно-следственных связей в рамках системного подхода к анализу социально-экономических систем;

- не все из рассмотренных методик (например, методика определения коэффициента результативности программы УР) в полной мере дают представление об объективном определении показателя *ISD*, так как не отображают институциональные и инфраструктурные особенности организации, которые напрямую не влияют на результаты его финансовой, социальной и экологической деятельности, но не менее важны при комплексном анализе УР;

- отсутствие универсальности некоторых из методик, то есть специализированность их применения и ориентация на узкую группу объектов исследования.

Вышепроизведенный доводы демонстрируют, что, несмотря на стремительное развитие и продолжительную эволюцию концепции УР, в настоящее время существует трудность и неоднозначность в точном и достоверном количественном определении показателя *ISD* для оценки текущего уровня УР различных организаций на микроуровне [83, 149]. Данная ситуация диктует необходимость разработки научно обоснованной методики по определению индикатора УР на микроуровне, которая может быть применена к различным организациям, с учетом преимуществ и достижений ранее разработанных методик и систем. Поэтому вновь предлагаемая методика должна отличаться:

- использованием эффективной методологической базы;
- отсутствием затруднений и дополнительных трудоемких действий при получении и анализе исходной информации, необходимой для дальнейших расчетов и оценок;
- простотой и понятливостью используемых математических инструментов при расчетах;
- универсальностью для различных объектов, то есть она должна быть гибкой и адаптивной по отношению к различным видам организаций;
- практической реализуемостью, взаимосвязанностью с реальной деятельностью организаций и использованием механизмов, инструментов, индикаторов, которые применяются организациями в практике управления и могут быть интегрированы в систему управления УР без существенных трудностей и затрат;
- соответствием критериям эффективности и корректности при построении системы индикаторов, при получении исходной информации, при расчете индикаторов и при анализе уровня УР;
- однозначной и простой интерпретацией получаемых результатов.

#### **1.4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РОССИЙСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Как уже было сказано во введении, в своем исследовании авторы рассматривают российские промышленные предприятия в качестве объекта исследования. Подробная объективная и достоверная официальная статистическая информация, в том числе отображающая динамические показатели функционирования российской промышленности, находится в статистических данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [146], Всемирного Банка и других государственных, отраслевых и научных источниках. В связи с этим авторы детально не останавливаются на большом массиве разнообразных данных, а на основе их изучения, анализа и исследования приводят обобщенные сведения о текущем состоянии российской промышленности и российских промышленных предприятий в контексте обеспечения их УР:

##### **1. Весомый вклад промышленных предприятий РФ в экономику страны. Финансовая и экономическая нестабильность.**

Согласно классификации Росстата [146] промышленность РФ разделяется на 3 основных сектора:

- Добыча полезных ископаемых;
- Обрабатывающая промышленность;
- Производство и распределение электроэнергии, газа и воды, прочие коммунальные услуги.

В 2012-ом году на долю промышленности в структуре ВВП РФ пришлось 37,6% [48], а в 2014-ом году 31,1% (добыча полезных ископаемых — 10,3 %, обрабатывающая промышленность — 15,6 %, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, прочие коммунальные услуги — 5,2 %). При этом, начиная с 2010-го года наблюдается стабильное снижение ВВП РФ [79]. Таким образом, промышленность формирует значительную часть ВВП РФ, при этом наблюдается снижение вклада промышленности в ВВП РФ.

Стоит выделить также следующие особенности российских промышленных предприятий:

- нестабильная экономическая ситуация в российской промышленности: в целом удовлетворительная (около 70% предприятий) оценка общей экономической ситуации на малых и крупных предприятиях, неблагоприятная (около 10% предприятий), неудовлетворительная (около 20% предприятий);

- неблагоприятный инвестиционный климат, высокая кредиторская задолженность перед инвесторами и убыточность промышленных предприятий в некоторых ключевых отраслях (например, согласно данным Минэнерго РФ в угольной промышленности в 2013-ом году кредиторская задолженность превысила дебиторскую на 38,9 млрд. руб., убытки составили 12,4 млрд. руб., а объем инвестиций снизился более, чем на 30% в сравнении с предыдущим годом).

## **2. Высокая степень износа основных фондов промышленных предприятий РФ.**

Российские промышленные предприятия характеризуются устаревшей материально-технической базой и инфраструктурой при вялотекущей модернизации (коэффициент обновления не более 15%). В настоящее время степень износа основных фондов промышленности возросла до 52,4% (для сравнения в 1970-ом году степень износа составляла 26,7%) [146]. Как видно из рис. 1.4.1 степень износа основных фондов на предприятиях добычи полезных ископаемых превышает 50%, а на предприятиях обрабатывающей промышленности и в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды данный показатель стремится к аналогичному значению.

На начало 2015-ого года высокий износ оборудования зафиксирован на предприятиях строительной индустрии – 66 %, в химической и нефтехимической отраслях промышленности – 60,2%, в машиностроении – 55,3%, легкой промышленности – 54,2%, черной металлургии – 53,5%, топливной промышленности – более 50% [146].

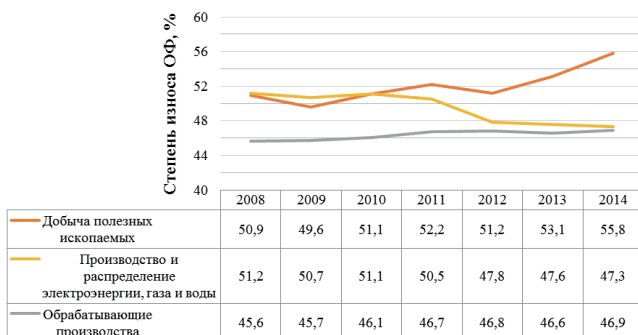


Рис. 1.4.1. Степень износа основных фондов в промышленности РФ, %  
Источник: [146]

Не менее напряженной остается ситуация в ключевой отрасли отечественной экономики – электроэнергетике, от безопасного, надежного, устойчивого и эффективного функционирования которой зависит УР промышленности и экономики страны в целом [64].

Так согласно данным Минэнерго РФ, представленным в документе «Обзор основных результатов функционирования объектов электроэнергетики в 2015 году» [140] на начало 2015-го года средний срок службы турбоагрегатов мощностью свыше 5 МВт составляет 34 года, котлоагрегатов мощностью свыше 5 МВт – 43 года, генераторов мощностью свыше 5 МВт – 35 лет, трансформаторов генерирующих компаний мощностью свыше 63 МВА напряжением обмотки высокого напряжения 110 кВ и выше – 28 лет, трансформаторов электросетевых компаний мощностью свыше 63 МВА напряжением обмотки высокого напряжения 110 кВ и выше – 24 года, линий электропередач (ЛЭП) класса напряжения 110 кВ и выше – 38 лет. В некоторых компаниях (ПАО «Иркутскэнерго», ПАО «Энел Россия», ПАО «Красноярская ГЭС», АО «Региональные электрические сети») наибольший средний срок службы основного оборудования превышает 45 лет [140]. Данные цифры свидетельствуют о значительном превышении срока реальной эксплуатации над естественным жизненным циклом (ЖЦ) этого оборудования.

Другим важным показателем надежности электроэнергетических объектов, влияющим в том числе на капиталовложения в ремонтные мероприятия, является остаточный ресурс оборудования [140]. На начало 2015-го года средний остаточный ресурс турбоагрегатов мощностью свыше 5 МВт составляет 28%, котлоагрегатов мощностью свыше 5 МВт – 23%, генераторов мощностью свыше 5 МВт – 29%, трансформаторов генерирующих компаний мощностью свыше 63 МВА напряжением обмотки высокого напряжения 110 кВ и выше – 28%, трансформаторов электросетевых компаний мощностью свыше 63 МВА напряжением обмотки высокого напряжения 110 кВ и выше – 30%, ЛЭП класса напряжения 110 кВ и выше – 23%. В некоторых компаниях (ПАО «Иркутскэнерго», ПАО «Красноярская ГЭС») остаточный ресурс основного оборудования ниже 5% [140].

Колоссальный износ основных фондов электроэнергетики является причиной неэффективного расходования больших финансовых средств в поддержание удовлетворительного технического состояния морально устаревшего оборудования, высокой аварийности в ТЭК России, снижения уровня безопасности ТЭК, производственного травматизма и массовых нарушений в энергообеспечении потребителей.

Так в 2015-ом году количество аварий на объектах генерации мощностью свыше 25 МВт составило 4318, а на объектах электросетевого комплекса в ЛЭП класса напряжения 110 кВ и выше – 16598, количество обесточенных потребителей составило 2363,8 тыс. человек общей мощностью 1153 МВт [140]. Эти показатели уменьшаются в сравнении с аналогичными показателями предшествующих годов, однако их значение все равно является неудовлетворительным для устойчивого функционирования электроэнергетики РФ.

### **3. Сильная зависимость отечественных промышленных предприятий РФ от импортных комплектующих и оборудования.**

В 2014-ом году против отдельных секторов экономики РФ были введены санкции западных стран, что привело к появлению одного из приоритетных



направлений деятельности российского Правительства РФ – разработки и реализации стратегии импортозамещения. Председатель Правительства РФ Д.А. Медведев, характеризуя ситуацию с импортом в некоторых областях промышленности, определил ее как крайне тяжелую: «Доля импорта в станкостроении оценивается примерно в 90%, в тяжелом машиностроении — около 70%, в нефтегазовом оборудовании — 60%, в энергетическом оборудовании — порядка 50%, в сельхозмашиностроении (в зависимости от категории продукции) — от 50 до 90%, в гражданском самолетостроении — 80%» [98]. Согласно [98] на конец 2014-го года ТЭК зависел от поставки «импортных комплектующих и оборудования на 69%, программного обеспечения — на 90–95%, в производстве катализаторов для нефтепереработки и нефтехимии — на 74%».

Для корректировки сложившейся ситуации руководством страны в течение 2014-2015 гг. был разработан ряд нормативно-правовых документов, нацеленных на изменение на развитие протекционизма и импортозамещения в отечественной экономике. Среди таких документов следует выделить государственную программу РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», указы Президента РФ В.В. Путина, отраслевые программы импортозамещения в гражданских отраслях промышленности, разработанные профильными министерствами (Минпромторг РФ, Минкомсвязь РФ, Минтранс РФ и Минэнерго РФ).

Наибольший эффект от внедрения политики импортозамещения в российской промышленности был достигнут в сфере машиностроения и оборудования: «О снижении физической доли импорта при закупках оборудования во втором квартале 2015-го года по сравнению со вторым кварталом 2014-го года сообщили 30% предприятий (при этом 6% предприятий полностью отказались от такого импорта, а 24% снизили его долю)» [98].

Однако несмотря на принятые меры данная проблема не решена полностью и требует дальнейшего пристального внимания и вовлечения государства и промышленных предприятий в ее решение. Высокая степень

зависимости отечественных промышленных предприятий ключевых секторов экономики наряду с высокой степенью износа основных фондов в условиях жестких санкций и ухудшающейся политической обстановки препятствует модернизации и развитию российской промышленности и экономики в целом.

#### **4. Высокий уровень энергопотребления, высокое значение энергоемкости и низкий уровень энергоэффективности промышленных предприятий РФ.**

В настоящее время в РФ продолжают наблюдаться кризисные явления из-за ухудшающейся социально-экономической ситуации. Направление, по которому предполагалось осуществлять развитие отечественной экономики, основано в основном на добыче и экспорте ископаемых углеводородов. Данная стратегия, базирующаяся на модели «сырьевой экономики», привела к негативным тенденциям в области экологической, социальной и финансовой устойчивостей экономики страны и ее хозяйствующих субъектов. Текущая ситуация также усугубляется высокой энергоемкостью российских предприятий и экономики в целом, которая по аналогичному показателю существенно уступает ведущим экономикам мира.

Это обусловлено суровыми климатическими условиями и территориальными факторами, а также высокой долей неэнергоэффективных производств, неэффективной организацией труда и управления и низким уровнем развития технологий и техники [119]. При этом стоит отметить, что первые два фактора не играют ключевую роль в формировании высокой энергоемкости экономики РФ, так как развитые страны с холодным климатом превосходят РФ по показателям энергоэффективности [69, 132, 169-171].

Одним из главных сдерживающих факторов развития отечественной промышленности является высокая доля затрат на ТЭР в себестоимости продукции российских предприятий. По данным энергетических балансов Росстата [146], наиболее энергоемким является промышленное производство, предприятия которого потребляют более половины общего объема энергетических ресурсов – 54%. В 2011-ом году данный показатель составлял

43,6% [48]. Значительное же снижение энергоемкости промышленных предприятий в период с 2000-го по 2011-ый гг. (снижение в РФ в среднем на 4,5% в год в 2000-2011 гг.) в меньшей степени было вызвано совершенствованием технологической базы, поэтому промышленный сектор РФ имеет высокий потенциал энергосбережения, а энергоемкость отечественной промышленности в несколько раз выше энергоемкости развитых стран [48, 118]: уровень энергоемкости РФ выше, чем в КНР (примерно на 23%), странах Европы и США (примерно в 3 раза) [118], что обусловлено использованием устаревших технологий и неэффективных организационно-экономических механизмов по управлению энергоэффективностью [141, 210, 211] и является одной из причин низкой конкурентоспособности продукции российской промышленности на международном рынке [48]. Так доля энергозатрат при относительно низких ценах на ТЭР в РФ в себестоимости некоторых видов продукции и услуг составляет 30-40%, что значительно превышает показатели развитых стран [128].

Среди наиболее энергоемких отраслей промышленности РФ следует выделить металлургическую, химическую, нефтеперерабатывающую отрасли, а среди отраслей с высокой долей затрат на ТЭР в издержках производства – производство машин и оборудования, производство строительных материалов, целлюлозно-бумажная промышленность [128].

В связи с этим руководству страны необходимо разработать механизмы и инструменты перехода энергетики на путь инновационного УР, позволяющего удовлетворить энергетические и жизненно важные потребности нынешнего и будущего поколений, улучшить социально-экономическую обстановку, сохранить окружающую среду и положительный эффект ресурсно-природного потенциала.

С другой стороны, руководство РФ, крупные государственные и частные компании, субъекты федерации, научные и образовательные учреждения имеют колоссальный опыт в решении задач, связанных с энергосбережением и повышением энергетической эффективности [71, 74, 191, 199, 202]. Это создает

возможность использовать имеющийся опыт, применять и развивать существующие инструменты для решения вышеописанных проблем и задач в сфере обеспечения рационального энергоресурсопользования с технической и организационной точек зрения.

Так, осознав серьезность сложившейся ситуации, государство стало активно поддерживать политику энергосбережения и повышения энергоэффективности, принимая соответствующие нормативно-правовые акты. На сегодняшний день насчитывается более 40 нормативно-правовых актов [89], регулирующих отношения субъектов экономики в области энергосбережения и повышения энергоэффективности согласно требованиям Федерального Закона ФЗ-261 от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [202], Государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» и Энергетической Стратегии России на период до 2035 года.

#### **5. Высокая степень социальной значимости промышленных предприятий.**

На промышленных предприятиях РФ трудится около 20% трудоспособного населения РФ [172]. При этом Распоряжением Правительства РФ от 29.07.2014 № 1398-р (ред. от 24.11.2015) «Об утверждении перечня моногородов» утвержден список моногородов Российской Федерации, содержащий 319 муниципальных образований, классифицируемых по социально-экономической обстановке следующим образом [166]:

- «моногорода с наиболее сложным социально-экономическим положением (94 моногорода)»;
- «моногорода, имеющие риски ухудшения социально-экономического положения (54 моногорода)»;
- «моногорода со стабильной социально-экономической ситуацией (71 моногород)».

Большинство данных моногородов базируется и функционирует на основе градообразующих промышленных предприятий.

Высокий уровень занятости населения в промышленном секторе и определяющее влияние промышленных предприятий на качество жизни людей в моногородах делает их социально значимыми субъектами экономики.

Согласно ранее рассмотренным документам промышленный сектор выделяется международными организациями как оказывающий наибольшее влияние на финансовые, социальные и экологические показатели УР территорий. Это подтверждается вышеперечисленными качественными особенностями российских промышленных предприятий, которые сигнализируют о потребности в обеспечении их УР по всем 3 факторам: экономическому, социальному и экологическому. При этом стоит отметить, что значительного успеха в данном направлении российская промышленность может достигнуть (в том числе в контексте политики импортозамещения), улучшая свою интегральную энергоэффективность на основе не только принятия нормативно-правовых актов государственными органами власти и реализации энергосберегающих мероприятий, технической модернизации, использования инновационных энергоэффективных технологий, но и за счет внедрения в практику управления результативных организационно-экономических механизмов [118].

Урегулирование социальных, экономических и экологических проблем поможет разрешить проблемы с коррупционными нарушениями, финансовой устойчивостью, реструктурировать менеджмент, а также нивелировать вред, причиняемый окружающей среде. Этот опыт можно использовать при решении объявленной авторами научной проблемы.

В связи с вышесказанным в следующем подразделе будут приведены доказательные основания, позволяющая считать, что повышение энергоэффективности функционирования промышленных предприятий является важнейшим фактором в обеспечении их УР.

## 1.5. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ – КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

Данный подраздел монографии посвящен обоснованию того, что управление энергоэффективностью и, как следствие, ее повышение является ключевой составляющей УР на макро-, мезо- и микроуровнях экономических систем. Для систематичности изложения авторами было выделено шесть аспектов взаимосвязанности энергоэффективности и УР, которые представлены и раскрыты далее по тексту.

### **Первый аспект: фундаментальность показателя «энергоэффективность»**

При раскрытии первого аспекта обратимся к трудам и идеям выдающегося российского ученого академика РАН Н.С. Кардашева, внесшего существенный вклад в развитие экспериментальной и теоретической астрофизики и радиоастрономии. Одной из блистательных идей Николая Семеновича была разработка численной шкалы [103, 104], получившей название «шкала Кардашева» и позволяющей измерять технологическое развитие цивилизации. Метод, лежащий в основе данной шкалы, основан на измерении количества энергии, которое цивилизация может использовать для своих нужд.

При помощи использования «шкалы Кардашева» можно определить три типа развитости цивилизации, описание которых представлено в таблице 1.5.1.

Таблица 1.5.1

### **Краткая характеристика цивилизаций согласно шкале Н.С. Кардашева** (разработано Н.С. Кардашевым [103, 104])

| Тип цивилизации | Оценка энергопотребления          | Характеристика   |
|-----------------|-----------------------------------|--|
| I               | примерно $10^{16}$ – $10^{17}$ Вт | Цивилизация, энергопотребление которой сравнимо с мощностью, которую планета получает от центральной звезды и энергетических источников ее самой.  |
| II              | примерно $4 \cdot 10^{26}$ Вт     | Цивилизация, энергопотребление которой сравнимо с мощностью центральной звезды планетной системы. Одна из гипотез цивилизации второго типа — цивилизация сферы Дайсона (строительство астроинженерных сооружений). |
| III             | примерно $4 \cdot 10^{37}$ Вт     | Цивилизация, энергопотребление которой сопоставимо с мощностью галактики.  |

Н.С. Кардашев считает, что каждая цивилизация, энергетическое потребление которой растет со средней скоростью (несколько процентов в год), будет стремительно переходить с одного уровня на другой, и такой переход займет у нее от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч лет. В настоящее время наша цивилизация еще не достигла типа I, так как способна использовать только часть энергии, которая имеется на Земле. Таким образом, текущее состояние человеческой цивилизации можно назвать типом 0. Оригинальная версия шкалы Кардашева не рассматривала промежуточных значений, однако Карл Саган предложил расширить применимость шкалы через интерполяцию и экстраполяцию, превратив ее из ранговой в абсолютную [174].

Карл Саган использовал следующую формулу [174]:

$$K=(\lg W^6)/10 \quad (1.5.1),$$

где  $K$  — рейтинг цивилизации,

$W$  — энергопотребление цивилизации (Вт).

По состоянию на 2010-ый год значение по шкале Кардашева, рассчитанное Международным Энергетическим Агентством (МЭА) по формуле Сагана (1.5.1) с использованием диаграммы потребления на 2010-ый год, составляет примерно 0,72. Это означает, что человечество использует примерно 0,16% от общего объема энергетического бюджета планеты ( $10^{16}$  Вт).

Существуют разные мнения и оценочные суждения данной шкалы, поэтому было предложено ее расширение за счет увеличения типов цивилизаций (тип IV – возможность использования ресурсов всей Вселенной, где оценочное энергопотребление составляет  $10^{49}$ – $10^{50}$  Вт, и тип V – возможность использования ресурсов произвольного множества Вселенных), дополнение качественными критериями и показателями, связанных в том числе и с информационными показателями деятельности цивилизации (дополнение классификации Карлом Саганом [174]). При этом выдвигается несколько основных замечаний, которые можно предъявить к данной шкале:

- непредвиденное поведения сверхразвитых цивилизаций, в том числе в области энергопотребления [5];

- шкала ориентирована на количество потребляемой энергии, а не на эффективность ее потребления, так как более развитые цивилизации способны использовать меньшее количество энергии с большей степенью рациональности для выполнения схожих технологических и иных операций.

Таким образом, несмотря на существующие недостатки, замечания и различные дискурсы по данной шкале, многие исследователи согласны с тем, что уровень энергопотребления/энергоэффективности позволяет судить о степени развитости цивилизации. Вопрос заключается только в эффективности математических и логических инструментов при ее построении, что не снижает актуальности вопросов исследования степени развитости цивилизации от количества и/или качества потребляемой энергии.

#### **Второй аспект: эколого-социально-экономическая интегральность показателя «энергоэффективность»**

Используя дедуктивный метод научного познания [107], перенесем положения из концепции Н.С. Кардашева на макроэкономический и микроэкономический уровни.

При рассмотрении данного вопроса на этих уровнях отметим, что деятельность общества и развитие человеческой цивилизации на протяжении всего своего существования характеризовалась острой конкурентной борьбой за ограниченные энергетические ресурсы. Неравномерное распределение, дефицит и недостаток энергетических ресурсов при постоянно и быстро растущих потребностях общества, а также их высокая стоимость, неблагоприятное влияние на Природу при их использовании и важное социальное значение энергетики и ТЭК определяют необходимость их рационального использования. Следовательно, такой критерий хозяйственно-производственной деятельности общества как «Энергоэффективность» является важным критерием УР экономики в целом и организации в частности. Данное обстоятельство выделяется как различными исследователями в научных



публикациях [53, 64, 97, 118], так и в международных и нормативных российских государственных актах [202, 215]. В [53] отмечается, что индикаторы энергетической эффективности в той или иной интерпретации достаточно широко и разнообразно представлены в различных системах индикаторов и индексов УР. Их применение может обеспечить объективный, комплексный и интегральный учет социально-экономических и экологических факторов УР.

Л.А. Уайт, Е.В. Аметистов, А.Д. Трухний, В.В. Клименко [140, 144], К.К. Ильковский [97, 198], Я.И. Тульчинская [198], Д.С. Курочкин [157], Г.Э. Попов [156, 157] в своих работах делали акцент на социальную и демографическую значимость энергетики и рационального использования ТЭР в хозяйственно-производственной деятельности человечества на протяжении всей его истории. В трудах данных авторов демонстрировалась и доказывалась необходимость эффективного использования энергии как фактора, определяющего уровень развития человеческого общества и жизни населения, научно-технического прогресса, экономики государств, территорий, отраслей промышленности и организаций, в том числе и на основе объективных количественных показателей. Так, например, в публикациях В.В. Клименко была продемонстрирована зависимость интегрального демографического показателя (годовой естественный прирост населения  $AGR$ ) [144] от оптимального энергопотребления на душу населения ( $e^*$ ), дающая наглядное представление об энергодемографическом состоянии мира. В исследованиях Г.Э. Попова, посвященных процессам развития энергообеспечения удаленных населенных пунктов (УНП) РФ (вне ЕЭС России), были выявлены следующие положения [156]:

- для устойчивого функционирования УНП, необходимы разработка и внедрение организационно-экономических механизмов управления энергоэффективностью на основе базовых принципов энергоменеджмента согласно требованиям МС ISO 50001:2011 [16];

- ключевым принципом управления, обеспечивающим УР УНП, является обобщенный принцип энергоменеджмента – интегральная социально-экономическая энергоэффективность УНП;

- на основе интеграции в практику управления механизма менеджмента «Социальный энергетический пакет» [140] продемонстрировано, что принятие этой социальной нормы способствует УР УНП.

С экологической точки зрения энергетика оказывает сильнейшее негативное воздействие на окружающую среду, являясь основным раздражителем и источником пагубного влияния на биосферу и климатическую систему планеты Земля [144]. Данные обстоятельства отмечались в большом количестве научных и практических работ технического и экономического характеров. Как раз обострение экологических проблем, вызванных, прежде всего, деятельностью человека в сфере энергетики, и явилось основанием создания и развития концепции УР.

Одним из доказательных количественных подтверждений вышеприведенного утверждения является сопоставление динамики и прогноза общепланетных выбросов CO<sub>2</sub> от мирового энергопотребления (рис. 1.5.1) [118]. Как видно из рис. 1.5.1, очевидно, что загрязнение окружающей среды имеет прямую зависимость от энергопотребления в динамике. Стоит отметить, что особое внимание на государственном и микроуровнях проблематика экологии энергетики уделяется в странах ЕС (более подробно см. в шестом аспекте).

На рис. 1.5.2 продемонстрированы фактические и прогнозируемые зависимости мирового ВВП и мирового энергопотребления согласно [118], на основе анализа которых можно сделать вывод, приведенный в предыдущем абзаце: состояние энергетической отрасли страны, динамика энергопотребления и эффективность использования ТЭР находятся в тесной взаимосвязанности с УР промышленности и экономики страны в целом. Такая взаимосвязь была выявлена и продемонстрирована в трудах Б.И. Нигматуллина

и на практике используется при планировании и прогнозировании развития ЭЭС и экономики России [180].

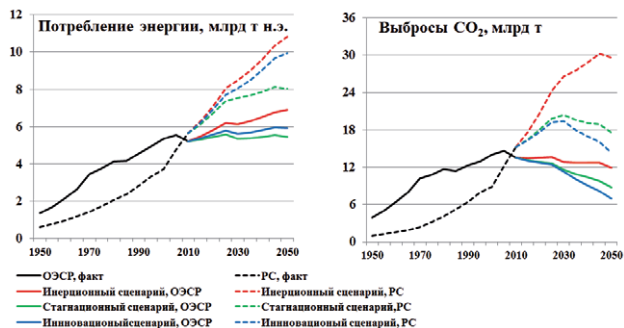


Рис. 1.5.1. Общемировые энергопотребление и выбросы CO<sub>2</sub> [118]  
 (Источник: Институт Энергетической Стратегии [118])

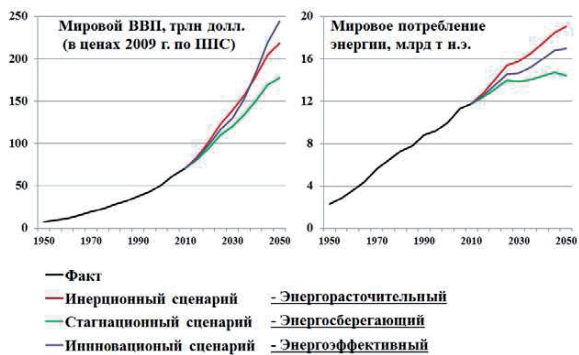


Рис. 1.5.2. Мировой ВВП и мировое энергопотребление  
 (Источник: Институт Энергетической Стратегии [118])

Обобщая вышеприведенную информацию, можно констатировать, что повышение энергоэффективности субъектов экономики на микро-, мезо- и макроуровнях, в том числе за счет внедрения в практику управления результативных организационно-экономических механизмов, дает возможность:

- обеспечить энергетическую безопасность страны и повысить надежность функционирования субъектов энергетики;

- обеспечить эффективное социальное развитие населения и повысить уровень его жизни;

- улучшить условия и безопасность труда персонала промышленных предприятий;

- повысить конкурентоспособность отечественных промышленных предприятий и, следовательно, обеспечить конкурентоспособность российской экономики;

- в значительной степени снизить отрицательное воздействие на окружающую среду;

- оптимизировать финансовые издержки промышленных предприятий на приобретение и использование ТЭР и улучшить показатели финансовой устойчивости организаций с возможностью максимизации прибыли;

- оптимизировать системы управления промышленных предприятий, в том числе за счет внедрения в практику управления международных стандартов (например, OHSAS 18001:2007, ISO 9001:2008 и ISO 50001:2011 [16, 23, 24, 191, 199]);

- создавать более конкурентоспособные товары, услуги, продукции, технику и технологии;

- снизить уровень рисков в деятельности организаций;

- повысить уровень БУ субъектов экономики.

Учитывая вышеприведенные примеры и анализируя научные работы, например, [178], в совокупности с разработанными теоретическими положениями авторов (см. алгоритм расчета показателя *ISD* в подразделе 2.1), можно идентифицировать наличие интегрального эффекта в области обеспечения УР субъектов экономики от рационального использования энергоресурсов и эффективного управления энергоэффективностью с логической, математической и фактической точек зрения.

Индикаторы энергоэффективности [116] нашли широкое применение во многих индексах УР, являясь их важнейшей составляющей [50, 53, 64, 139].

При этом стоит отметить, что параметры данных индикаторов могут

использоваться и учитываться при формировании интегрального индикатора УР на основе статистических данных напрямую (например, такой показатель как «Энергоемкость производства» [139], в котором фигурирует непосредственно энергопотребление в натуральном выражении) и косвенно (например, такой показатель как «Снижение выбросов загрязняющих веществ», который может улучшаться за счет снижения натурального энергопотребления). Это справедливо для всех трех общепринятых составляющих УР: экологической (снижение вредного воздействия на окружающую среду за счет снижения выбросов вредных веществ в результате преобразования энергоресурсов), социальной (позитивное влияние эффективного использования энергоресурсов и эффективного управления энергетикой региона на его демографические показатели [157]) и финансовой (экономия финансовых средств за счет оптимизации платежей за энергоснабжение).

В международной практике активно и широко используются [139] такие универсальные индикаторы энергоэффективности как «Энергоемкость», «Конечное энергопотребление (в общем выражении и по конечным пользователям)», «Общий объем энергопотребления (в целом и по основным видам топлива)», «Энергопотребление на основе ВИЭ» [217] такими международными организациями как ООН, ОЭСР, Всемирным Банком (индикаторы Всемирного Банка публикуются в статистическом справочнике «Индикаторы мирового развития»).

### **Третий аспект: высокая интенсивность научно-исследовательской деятельности**

Ряд авторов, занимающихся вопросами УР, подчеркивают ценность энергетического фактора, иногда как ключевого, в вопросе обеспечения УР экономических систем, в том числе и с точки зрения количественного определения и прогнозирования индикаторов и индексов УР.

За исключением уже приведенных при описании второго аспекта авторов можно выделить следующих исследователей, занимавшихся проблематикой

выявления взаимосвязанности энергетической эффективности функционирования экономических систем различного уровня и УР: С.Н. Бобылев, Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, В.В. Бушуев, П.П. Безруких, Д.А. Соловьев, А.А. Аверченков, С.В. Соловьева, П.А. Кирюшин, В.Г. Селищев, Е.Д. Щетинина, В.П. Ануфриев, Е.В. Ермакова, О.В. Данченко, И.А. Немцев, И.А. Башмаков, М.В. Быканов, А.Р. Галеева, О.В. Газизова, Е.В. Чумаков, Р. Ойленбах, Я.И. Тульчинская, В.А. Цопа и др.

**Четвертый аспект: функционирования инновационного бизнес-объекта (ИБО) как принцип системно-креативного подхода (СКП)**

При описании принципа функционирования инновационного объекта (ИО) как принципа СКП (более подробная характеристика самого понятия дается в подразделе 2.1 и Приложении 4) в [92] отмечается, что любой «ИО (т.е. техническая система) при взаимодействии с жизненной средой (ЖС) в течение своего ЖЦ осуществляет информационный, энергетический и вещественный обмены». Распространяя данный подход и его принципы на деятельность организаций, которые по аналогии с ИО именуются «Инновационный бизнес-объект» (ИБО), можно сформулировать принцип функционирования ИБО: «любой ИБО на протяжении своего ЖЦ функционирует в составе ЖС, осуществляя информационное, вещественное, энергетическое взаимодействия и оказывая экологическое, экономическое, социальное влияние на элементы, подсистемы и системы внешней и внутренней ЖС».

Следовательно, по эффективности данных взаимодействий и влияний, имеется возможным оценивать УР ИБО.

**Пятый аспект: показатель «энергоэффективность» - характеристика бизнес-уклада**

Несмотря на то, что технологии выработки тепловой и электрической энергии на тепловых электростанциях (ТЭС) согласно С.Ю. Глазьеву [66-68, 122, 123] принято справедливо относить к технологиям 4-го бизнес-уклада (БУ), парогазовые технологии (при конденсационном КПД более 50%, снижении температуры сгорания, улучшении эксплуатационных характеристик

и т.д.) являются уже технологиями 5-го БУ в результате эволюции ключевых показателей эффективности функционирования ТЭС. Для РФ этот период соответствует началу 2000-х годов, чему способствовали предшествующие научно-конструкторские разработки в данной области. Следовательно, можно констатировать, что уровень БУ определяется не только качественными характеристиками (например, наличием той или иной технологии), но и количественными (то есть интегральной эффективностью данных технологий для конкретной отрасли). С другой стороны, как было отмечено в тексте на примере высокоэффективного энергоблока ПГУ-420, создание данных энергоблоков – результат выполнения НИОКР или, по крайней мере (в других случаях), затрат большого количества ресурсов (человеческих, материальных, энергетических, информационных, денежных). Решение подобных трудных комплексных задач требует от организации:

В авторской работе [123] на примере высокомошных парогазовых электростанций (ПГЭС) было показано, что эволюционное совершенствование технологической инфраструктуры организации, основанное на улучшении ключевых показателей [154] технологии (для ПГЭС – это КПД, то есть эффективность процесса преобразования первичных энергоресурсов в электроэнергию, который является для данных ТС основным), приводит к:

- улучшению некоторых менее важных показателей эффективности, что повышает интегральную эффективность технологии/ТС;
- переходу технологии/ТС от более низкого уровня БУ к более высокому уровню БУ в результате перехода количества в качество;
- постепенному переходу организации от более низкого уровня БУ к более высокому уровню БУ в результате взаимосвязанности процессов улучшения ключевых показателей эффективности технологии/ТС/инфраструктуры, обеспечения эффективности системы управления и эффективности управлением человеческими ресурсами.

При этом решение такой серьезной задачи как эволюционное совершенствование ТС и создание технологических и технических инноваций требует от организации:

- эффективной системы управления и, соответственно, оптимизации внутриорганизационного взаимодействия и взаимодействия с внешней средой (как на организационно-экономическом, так и на вещественном, энергетическом и информационном уровнях);
- организации современной системы управления активами в соответствие с требованиями серии МС ISO 55000, ISO 55001, ISO 55002 по управлению активами [17];
- наличия высококвалифицированного персонала, способного решать сложные инновационные задачи.

Следовательно, можно констатировать, что показатель «Энергоэффективность» является характеристикой технологического уклада и БУ.

#### **Шестой аспект: внимание государств и международного сообщества**

Как уже говорилось в предыдущих подразделах повышение рациональности и эффективности использования ТЭР является приоритетной задачей для всех развитых и развивающихся экономик мира: на Генеральной ассамблее ООН в Нью-Йорке Глава ООН Пан Ги Мун озвучил задачу снижения энергоемкости мирового ВВП к 2050 году на 50%, ЕС планирует снизить энергоемкость ВВП на 20%, Китай – на 40% [118]. Это положение находит отклик в международных и национальных концептуальных документах. Так, например, резолюция 65/151 Генеральной Ассамблеи ООН в знак признания важности энергетики для УР постановила провозгласить 2012-ый год Международным годом Устойчивой энергетики для всех.

Законодательная база ЕС основана на директивах, которые разрабатываются Еврокомиссией и утверждаются Европейским парламентом и Советом Европы. Данные документы обязывают страны ЕС добиваться конкретных результатов в сфере повышения энергоэффективности. В разных



странах ЕС данные документы затрагивают различные аспекты энергосбережения и повышения энергоэффективности: энергоэффективность зданий, систем генерации, передача ТЭР, освещения, экологические требования к продукции к энергопотребляющей и т.д.

Разработка нормативно-правовых актов в области энергоэффективности в странах ЕС включает комплекс мер, направленных на создание существенных выгод для населения, частных компаний и органов государственной власти.

Примеры успешной реализации законодательных мер в области энергоэффективности имеются и в ведущих экономиках мира: США и КНР. Так, США в значительной степени сократили импорт нефти, вывели существенное количество устаревших угольных ТЭС, а Китай стал лидером в области ВИЭ [3].

Текущее состояние российского законодательства в сфере энергоэффективности рассмотрено в подразделах 1.4, 3.1 и 3.2, а также в [89].

При этом достаточно сильная связь в вопросах управления энергоэффективностью и УР прослеживается и на уровне бизнес-структур. Организации в рамках своей деятельности по обеспечению УР все чаще определяют энергетическую эффективность как набор показателей, которые необходимо измерять и улучшать. Примеры инициатив по повышению энергоэффективности в европейских корпорациях DONG Energy, Stora Enso и Outokumpu показывают, что с помощью новаторского подхода повышаются эффективность производства и финансовые показатели, уменьшаются издержки производства.

В данном подразделе монографии было сформулировано шесть доказательных оснований (аспектов), позволяющих объективно считать, что повышение энергоэффективности экономических систем на макро-, мезо-, микроуровнях (в том числе и рассматриваемых промышленных предприятий), не приводящее к негативным последствиям для остальных составляющих УР и для интегрального показателя УР, приводит к обеспечению УР:

1. *Физическая фундаментальность показателя «энергоэффективность»:* высочайшая значимость эффективного использования энергетических ресурсов как фактора, характеризующего уровень развития цивилизации по Н.С. Кардашеву в масштабах Вселенной.

2. *Эколого-социально-экономическая интегральность показателя «энергоэффективность»:* наличие положительного интегрального эффекта при обеспечении УР социально-экономической системы от эффективного управления ее энергоэффективностью.

3. *Высокая интенсивность научно-исследовательской деятельности:* внимание ведущих современных исследователей в области УР сконцентрировано на вопросах взаимосвязанности энергоэффективности (как одного из ключевых факторов обеспечения УР социально-экономических систем) и УР, в том числе на микроуровне.

4. *Базовые положения системно-креативного подхода:* любой ИБО осуществляет обмен энергией, веществом и информацией с внешней и внутренней средами в течение своего ЖЦ, оказывая экологическое, социальное и экономическое воздействие на элементы, подсистемы и системы, находящиеся в рамках ЖС, поэтому, управляя эффективностью данных взаимодействий можно влиять на УР ИБО.

5. *Показатель «энергоэффективность» - характеристика бизнес-уклада:* эволюционное совершенствование технологической инфраструктуры организации, основанное на улучшении ключевых показателей технологии (в том числе энергоэффективности), приводит к переходу социально-экономической системы от более низкого уровня БУ к более высокому уровню БУ.

6. *Длительная и пристальная концентрация внимания международных, национальных и научных организаций на концепции УР:* вопросы УР находятся под пристальным вниманием ведущих международных организаций (ООН, Всемирный банк, ОЭСР, государственные органы власти и т.д.), активно участвующих в продвижении и реализации положений данной концепции

(проведение международных конференций, разработка нормативных документов, аналитических отчетов, методик и т.д.).

В завершении хочется отметить, что в ряде работ [64, 118, 141, 156, 178, 210], в том числе и в авторских публикациях [112, 116], было установлено, что перспективным подходом [109, 118] к повышению энергоэффективности предприятия является внедрение в его систему менеджмента результативных организационно-экономических механизмов управления энергоэффективностью. Отлично зарекомендовавшим себя на практике механизмом является внедрение и построение результативно функционирующих систем энергетического менеджмента на основе МС ISO 50001:2011 [16], направленных на обеспечение УР организации [119].

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

В данном разделе авторами была охарактеризована совокупность проблем, создающих неблагоприятные условия для дальнейшего гармоничного развития общества. Была сформулирована причина данных проблем, заключающаяся в наличии конфликта между потребностями человечества и его возможностями. В качестве потенциально эффективного инструмента по разрешению имеющихся противоречий была рассмотрена концепция УР.

В рамках анализа концепции УР исследована эволюция, историческая ретроспектива, развитие и текущее состояние данной концепции. На основе передовых научных исследований показано, что изучение данной концепции, прежде всего, ориентировано на макроэкономический уровень, при этом было продемонстрировано, что существует необходимость с исследованием данной концепции на микроэкономическом уровне. Были идентифицированы актуальные задачи в области управления УР на микроуровне, которые необходимо решить в настоящее время.

Авторами был осуществлен обзор, классификация и анализ основных подходов, методов и систем количественного определения индикаторов/индексов УР для экономических систем макро- и микроуровней с

указанием имеющихся недостатков и трудностей при определении показателя *ISD*. Идентифицирована необходимость по совершенствованию подхода к определению показателя *ISD* для организаций.

На основе статистической информации дана краткая характеристика современному состоянию промышленных предприятий РФ, обоснована необходимость обеспечения их УР.

В данном разделе авторами была продемонстрирована неотъемлемая роль критерия «Энергоэффективность» при реализации концепции УР на микро- и макроуровнях. Было доказано, что данный критерий является характеристикой БУ организации и что управление энергоэффективностью организаций и ее повышение, не приводящее к негативным последствиям для остальных составляющих УР и для интегрального показателя УР, способно обеспечить УР организации. Продемонстрирована интегральность данного критерия на примере трех составляющих УР и показано, что проблематика энергоэффективности и энергосбережения достаточно широко распространена и освещена в развитых странах, в том числе и в РФ, поэтому имеется возможным использовать богатый накопленный опыт в этой сфере для решения проблем УР промышленных предприятий.

Таким образом, вышеприведенные доводы демонстрируют, что повышение энергоэффективности, то есть эффективное управление ею, может являться результативным инструментом, способным обеспечить УР промышленных предприятий и организаций [118]. Поэтому в следующем разделе рассматриваются вопросы совершенствования оценки индекса УР организации и разработки результативного организационно-экономического механизма управления энергоэффективностью, который может быть эффективно интегрирован в общую систему управления организацией и направлен на обеспечение ее УР.

## **2. УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ - РЕЗУЛЬТАТИВНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **2.1. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИНДЕКСА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

В предыдущем разделе авторами отмечалось, что для успешного решения задачи по созданию инструментов и механизмов по количественной оценке УР организаций, необходимо осуществить определение эффективной методологической базы, которая будет в значительной степени соответствовать основным идеям и постулатам концепции УР.

На основе анализа современных научных теорий и концепций авторы считают, что методологической основой для дальнейших исследований в области УР является синтез концепции БУ и СКП (частный вид общей теории систем [42]), о которых было упомянуто в подразделах 1.2 и 1.6.

#### **Концепция БУ как логическое развитие теории технологических укладов**

Термины «бизнесеноз» (уточненное понятие «техноеноз», введенное в научный оборот профессором Б.И. Кудриным [122]) и «бизнес-уклад» были впервые применены профессором В.К. Лозенко [122]. Второе понятие было апробировано на практике им и его коллегами Я.И. Тульчинской и Д.С. Курочкиным при определении технологического и БУ российского электроэнергетического комплексов и российской экономики [192-196].

Согласно С.Ю. Глазеву «технологический уклад (ТУ) — совокупность технологий, характерных для определенного уровня развития производства; в связи с научным и технико-технологическим прогрессом происходит переход от более низких укладов к более высоким, прогрессивным» [68].

С.Ю. Глазев выделяет 5 существующих ТУ и 1 перспективный, который должен сменить существующий с развитием науки и техники [68].

**Первый ТУ** (1785—1835 гг.) сформировался на новых технологиях в текстильной промышленности, использовании энергии воды [122].

**Второй ТУ** (1830—1880 гг.) характеризовал ускоренное развитие черной металлургии, транспорта (строительство железных дорог, паровое судоходство), возникновение механического производства во всех отраслях на основе парового двигателя [122].

**Третий ТУ** (1880—1940 гг.) базировался на использовании в промышленном производстве электрической энергии, развитии тяжелого машиностроения и электротехнической промышленности на основе использования стального проката, новых открытий в области химии. Были внедрены радиосвязь, телеграф, автомобили. Появились крупные фирмы, картели, синдикаты, тресты. На рынке господствовали монополии. Началась концентрация банковского и финансового капитала [122].

**Четвертый ТУ** (1930—1990 гг.) сформировался на дальнейшем развитии энергетики с использованием нефти и нефтепродуктов, газа, средств связи, новых синтетических материалов. Это эра массового производства автомобилей, тракторов, самолетов, различных видов вооружения, товаров народного потребления. Появились и широко распространились компьютеры и программные продукты для них, радары. Атом используется в военных и затем в мирных целях. Организовано массовое производство на основе конвейерной технологии. На рынке господствует олигополярная конкуренция. Появились транснациональные и межнациональные компании, которые осуществляли прямые инвестиции в рынки различных стран [122].

**Пятый ТУ** (1985—2025 гг.) опирается на достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, геномной инженерии, новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т. п. Происходит переход от разрозненных фирм к единой сети крупных и мелких компаний, соединенных электронной сетью на основе Интернета, осуществляющих тесное взаимодействие в области технологий, контроля качества продукции, планирования инноваций [122].

**Шестой ТУ** (2015 – 2060) согласно Г.Г. Малинецкому [126], С.Ю. Глазьеву [66-67] будет формироваться на основе развития биотехнологии;

нанотехнологии; проектирования живого; вложения в человека; нового природопользования; новой медицины; робототехники; высоких гуманитарных технологий; проектирования будущего и управления им; технологии сборки и разрушения социальных субъектов [122].

Согласно [35] шестой ТУ будет характеризоваться развитием систем искусственного интеллекта; глобальных информационных сетей; интегрированных высокоскоростных транспортных систем; космических технологий; производства конструкционных материалов с заранее заданными свойствами; ВИЭ.

Основной причиной перехода к новому ТУ является появление в процессе глобальной конкурентной борьбы таких конкретных потребностей развития хозяйства, культурно-бытовой сферы или военной техники, которые не могут быть удовлетворены существующим ТУ.

#### **Уточнение содержания понятия «технологический уклад»**

Известные ученые [66-68, 126, 187], анализируя характеристики того или иного ТУ, описывают, структуры ТУ и закономерности перехода с одного ТУ на другой, выделяют и обосновывают ключевые характеристики, определяющие переход к очередному ТУ. В большей своей части эти публикации касаются рассмотрения макроэкономических категорий.

Вместе с тем, любая технология или комплекс технологий, формирующих, например, ту или иную отрасль (ТЭК, нефтедобывающая, металлургическая, электроэнергетическая и т.д.), характеризуются различными факторами, относящимися к различным ТУ. Например, в металлургической промышленности, наряду с высокоточными прокатными станками, оснащенными быстродействующими электроприводами с полупроводниковыми преобразователями частоты и микропроцессорными системами управления (5-ый ТУ), сосуществуют доменные печи (2-ой ТУ).

Кроме этого, никакая технология, в т.ч. т.н. «безлюдная», не функционирует без человека, как на уровне управления, так и на уровне

исполнения, поскольку требует, по крайней мере, выполнения профилактических и регламентных работ.

Именно поэтому понятие «технологический уклад» страны, региона, отрасли или организации, с необходимостью, должно включать в себя описание ключевых характеристик следующих основных ресурсов:

1. Инфраструктура – *INF* (в соответствие с МС ISO 9000:2008 «Инфраструктура – совокупность зданий, оборудования, в частности, технологий и служб обеспечения, необходимых для функционирования организации» [18]).

2. Система менеджмента – *MS*.

3. Человеческие ресурсы – *HR*.

Перечисленные ресурсы взаимосвязаны и взаимообусловлены. Ни в стране, ни в регионе, ни в отрасли и ни в организации не может быть внедрена никакая новая прорывная технология, если не будут произведены соответствующие изменения в системе менеджмента, а персонал не обретет необходимые компетенции работы с новой технологией. Именно поэтому рассмотрение такой категории, как новый ТУ только, как новая прорывная технология, недопустимо [122].

Выявленные ресурсы (система менеджмента и человеческие ресурсы) ТУ, ранее не обсуждавшиеся в научных работах, посвященных исследованию ТУ, но имеющих определяющее значение для формирования нового ТУ, позволяют утверждать, что получивший распространение в научной общественности термин «технологический уклад» не отражает те системные изменения в экономике, о которых в действительности идет речь. Более того, этот термин уводит исследователей в обсуждение технократических проблем, в то время, как проблемы многократно масштабнее [122].

По нашему мнению, более правильно отражает рассматриваемые проблемы предлагаемый термин «бизнес-уклад» (БУ), который с необходимостью включает технологии, системы менеджмента, человеческие



ресурсы и т.д. – все то, что составляет предмет такого емкого понятия, как бизнес.

Переход от одного БУ к другому носит дискретно-эволюционный характер. В процессе исторического времени 5-ый БУ эволюционирует в направлении 6-го БУ. Именно поэтому можно принять, что в 1985-ом году 5-ый БУ имеет числовую характеристику, равную 5, а в 2025-ом году эта характеристика станет равной 6.

Качественные (дискретные) изменения различных ресурсов, чаще всего, не совпадают во времени. Сначала должен быть подготовлен (или найден) персонал с соответствующими компетенциями и только потом можно приобретать новую технологию. Можно сделать наоборот, но в этом случае будут вложены средства в дорогую новую технологию, которая будет простаивать до появления компетентного персонала.

Содержание указанных ресурсов (инфраструктура, система менеджмента и человеческие ресурсы) конкретизируется и определяется уровнем человеко-машинной системы (страна, регион, отрасль или организация).

Учитывая дискретно-эволюционный характер трансформации БУ и тот факт, что в любой момент времени в любом уровне человеко-машинной системы имеют место факторы различных БУ, стоит научная задача определения интегрального уровня БУ страны, региона, отрасли или организации. Такое знание необходимо для более четкого позиционирования выбранной человеко-машинной системы во временном пространстве БУ с тем, чтобы реально оценивать сложившуюся ситуацию и обоснованно ставить стратегические цели развития.

Поставленная научная задача может быть решена для объектов микро, мезо- и макроуровней путем отдельной интегральной оценки инфраструктуры, системы менеджмента и компетенций персонала с последующей интегральной оценкой уровня БУ для выбранного уровня человеко-машинной системы с назначением весовых коэффициентов для рассматриваемых факторов.

В таблицах 2.1.1-2.1.3 представлены качественные характеристики каждой из составляющей БУ на примере электроэнергетического комплекса ТЭК для 4-6 уровней БУ.

Таблица 2.1.1

**Краткие качественные характеристики показателя «Инфраструктура» 4-6 уровней БУ на примере электроэнергетического комплекса ТЭК**

| Основные компоненты показателя <i>INF</i> | 4-ый БУ  | 5-ый БУ   | 6-ой БУ  |
|---|--|---|--|
| <b>Генерирующий комплекс</b>              | <p>Выработка электрической и тепловой энергий происходит за счет преобразования органических видов топлива на угольных ТЭС и котельных, зарождение атомной энергетики.</p> <p>Применение стандартных подстанций, воздушных и кабельных ЛЭП при передаче электрической энергии, использование релейной защиты и автоматики (РЗА) и силовой аппаратуры на электромеханической базе, внедрение пассивных устройств повышения качества электроэнергии.</p> | <p>Развитие и широкое распространение атомной энергетики (совершенствование АЭС с реакторами ВВ-Эр повышенной надежности), применение усовершенствованных видов ТЭС (парогазовые энергоблоки, применение тригенерации и т.д.).</p>  | <p>Широкое распространение ВИЭ, использование АЭС с реакторами на быстрых нейтронах и плавучих автономных АЭС, совершенствование методов и способов утилизации ядерных отходов, а также иных последствий негативного воздействия электроэнергетики на окружающую среду, развитие распределенной генерации и «малой» энергетики, ее взаимодополняющая интеграция с «большой» энергетикой.</p> |
| <b>Электростанционный комплекс</b>        | <p>Применение стандартных подстанций, воздушных и кабельных ЛЭП при передаче электрической энергии, использование релейной защиты и автоматики (РЗА) и силовой аппаратуры на электромеханической базе, внедрение пассивных устройств повышения качества электроэнергии.</p>  | <p>Внедрение цифровых подстанций (ЦПС), применение самонесущих изолированных проводов и оптоволоконных кабелей, использование РЗА и силовой аппаратуры на погребной базе, внедрение гибридных устройств повышения качества электроэнергии.</p>  | <p>Развитие и широкое внедрение концепции «Smart Grids» [196], совершенствование элементной базы ЦПС, промышленное использование высокотемпературных сверхпроводящих материалов в ЛЭП, использование РЗА и силовой аппаратуры на микропроцессорной базе, внедрение активных устройств повышения качества электроэнергии.</p>   |
| <b>Диспетчерское управление</b>           | <p>Освоение новых классов напряжения, формирование объединенных и единых энергетических систем.</p>  | <p>Интеграция энергосистем соседних государств, совершенствование систем диспетчерского управления, создание систем гарантированного электроснабжения, диспетчерских каналов связи и каналов передачи телеметрической информации, возможность оперативно-информационного комплекса диспетчерского центра к функционированию в аварийных и нормальных режимах.</p> | <p>Развитие и широкое внедрение концепции «Интеллектуальная энергетическая система с активно-адаптивной сетью» [91].</p>   |

|                                   |  |   |  |
|-----------------------------------|--|---|--|
| <p><b>Учет электроэнергии</b></p> | <p>Применение индукционных измерительных приборов.</p> | <p>Разработка и внедрение технологий типа «Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого и технического учета электроэнергии (АИС КУЭ), Smart Metering, активное внедрение электронных измерительных приборов и т.д.</p> | <p>Внедрение информационно-измерительных устройств на микропроцессорной элементной базе с высоким уровнем «шифрования» и информатизации, позволяющих энергопотребляющим компаниям и персоналу энергопотребляющих организаций дистанционно и в режиме реального времени осуществлять учет, анализ, прогнозирование и нормирование электропотребления, активное вовлечение и участие энергопотребителей в процессах данных процессах с использованием высокоэнергоэффективного оборудования и передовых информационных технологий.</p> |
|-----------------------------------|--|---|--|

Таблица 2.1.2

**Краткие качественные характеристики показателя «Система менеджмента» 4-6 уровней БУ на примере электроэнергетического комплекса ТЭК**

| Основные компоненты показателя МС        | 4-ый БУ  | 5-ый БУ  | 6-ой БУ   |
|--|--|--|---|
| <p><b>Практика управления</b></p>        | <p>В практике управления используются такие подходы как бюджетирование, долгосрочное планирование и стратегическое планирование. Осуществляется соблюдение требований нормативных государственных и отраслевых документов.</p> | <p>В практике управления используются такие подходы как стратегическое управление и цикл Деминга-Шухарта [19], активно внедряются международные стандарты менеджмента [196].</p>                                       | <p>В практику управления активно внедряются инновационные системы менеджмента на основе международных стандартов и лучших мировых практик в области управления, направленные на обеспечение УР организации.</p> |
| <p><b>Социальная ответственность</b></p> | <p>Социальная ответственность организаций ограничивается соблюдением законодательства и правил безопасности.</p>   | <p>В организациях активно внедряется корпоративная социальная ответственность перед персоналом и обществом, проводится антикоррупционная политика, результаты деятельности организаций открыты для общественности.</p> | <p>В организациях активно внедряется система управления УР как единый механизм обеспечения финансовой прозрачности и ответственности организации перед персоналом, обществом и Природой.</p>                    |
| <p><b>Уровень информатизации</b></p>     | <p>Осуществляется применение средств связи для управления техническими системами [196].</p>  | <p>Осуществляется активное применение технологий из области микроэлектроники, информатики, новых видов энергии. Интернет и ИТ-технологии становятся неотъемлемой частью эффективного ведения бизнеса.</p>              | <p>Осуществляется развитие систем искусственного интеллекта и глобальных информационных сетей и систем [196].</p>   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>Управление рынком электроэнергии и мощности</b> | Рынок электроэнергии и мощности функционирует под полным контролем государства, то есть электроэнергетика является государственной монополией. | Рынок электроэнергии и мощности функционирует частично либерализован, выделяются конкурентные и монопольные сектора электроэнергетики. | Рынок электроэнергии и мощности либерализован. |
|--|--|--|--|

Таблица 2.1.3

### Краткие качественные характеристики показателя «Человеческие ресурсы» 4-6 уровней БУ на примере электроэнергетического комплекса ТЭК

| Основные компоненты показателя <i>MS</i> | 4-ый БУ  | 5-ый БУ  | 6-ой БУ  |
|--|--|--|--|
| <b>Уровень образования</b>               | Базовое образование – среднее, среднее профессиональное образование, высшее профессиональное образование на основе репродуктивных образовательных технологий.    | Базовое образование – среднее профессиональное образование, высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура) на основе проектного обучения.  | Базовое образование – среднее профессиональное образование, высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура) на основе продуктивных образовательных технологий.  |
| <b>Повышение квалификации</b>            | Повышение квалификации персонала осуществляется организацией в бизнес-процессах организации, то есть на практике, либо во внешних организациях по необходимости. | Повышение квалификации осуществляется организацией добровольно на регулярной основе, в том числе и с получением персоналом соответствующих документов о повышении квалификации и дополнительном образовании во внешних образовательных организациях. | Организация обеспечивает непрерывное повышение квалификации, самообразование и самосовершенствование персонала на регулярной основе внутри организации и во внешних организациях с получением персоналом соответствующих документов о повышении квалификации и дополнительном образовании. Кроме этого организация занимается «вращиванием» специалистов со студенческих времен. |
| <b>Компетентность</b>                    | Решение узкоспециализированных «стиповых» задач согласно полученной специальности.   | Решение преимущественно специализированных задач согласно полученной специальности, умение решать задачи в смежных с основной специальностью областях.   | Решение комплексных многопрофильных задач, требующих от сотрудника высокого уровня образованности и развитости, умение создавать инновационные технологии и продукты.  |

### **Системно-креативный подход (СКП), реализуемый на основе общей теории систем применительно к биосоциотехническим системам**

Достаточно полно и всесторонне вопросы, связанные с анализом СКП как методологической основы для продуктивной деятельности были рассмотрены Ю.Ю. Зуевым в [92] и других трудах. Определение, которое Ю.Ю. Зуев дал в [92], звучит следующим образом: «Системно-креативный подход (СКП) – это методологическая основа эффективной деятельности по изучению существующих явлений и созданию нового продукта, в процессе которой все явления, процессы и объекты, а также сам процесс познания и использования знаний рассматриваются в неразрывном диалектическом единстве с обеспечением иерархической подчиненности части интересам целого, осуществляемая в направлении реализации гуманных целей, отвечающих интересам развития личности в максимально полной гармонии с обществом и миром природы». При этом в [92] автор также отмечает, что «СКП выступает как прикладная философия формирования эффективных решений, включающая диалектическое единство материального мира, системы знаний, постулирующая гармонию общего и частного с контролем самого процесса решения задачи». В [92] также подчеркивается, что в СКП нет места вектору деятельности, который позиционирует общее и целое как состоящее из отдельных элементов, не направленных на достижение положительного интегрального эффекта для функционирования общего и целого.

При описании концепции УР в подразделе 1.2 данной монографии авторами делалась ссылка на эти методологические установки и положения, когда речь шла о том, что организация не может функционировать как отдельный независимый от интересов общества и экономической системы страны элемент, не вносящий своего позитивного вклада в развитие экономики и удовлетворения потребностей общества.

Помимо этого в [92] также отмечается, что человечеству необходимо обращать пристальное внимание на влияние своей хозяйственно-производственной деятельности и создаваемых им ТС на состояние

окружающей среды, ведь человек наносит Природе колоссальный урон, желая удовлетворить свои потребности любыми способами, не задумываясь о последствиях. Кроме этого такой подход приводит и к ухудшению социальной и экономической обстановки в обществе, так как окружающая среда, социум и технические артефакты, создаваемые человеком, находятся в тесной взаимосвязи, что было продемонстрировано в подразделах 1.1 и 1.2 данной монографии, а также отображено в многочисленных трудах исследователей, занимающихся проблематикой УР.

Таким образом, при сравнении определений концепции УР и СКП можно отметить, что:

- они не противоречат друг другу;
- определение СКП на методологическом уровне в полной мере раскрывает суть концепции УР, учитывая экологический, социальный и экономический факторы УР;
- СКП можно использовать при анализе и исследовании организаций как структурных элементов общества и экономики, где интересы частного (организаций) подчинены интересам целого (Природы, общества и экономики).

Далее следует отметить, что в предшествующих трудах инструменты и основные теоретические положения СКП использовались применительно к ТС, где ТС рассматривались как инновационные объекты (ИО). С учетом всего выше сказанного логичным является применение этих инструментов и положений и к организациям как к инновационным бизнес-объектам (ИБО), которые во многом определяют устойчивость развития Природы, общества и экономики в целом, являясь их важнейшими элементами. Ю.Ю. Зуев в своем труде уточнил определение понятия ТС (ИО) в рамках СКП, а также сформулировал основные принципы СКП для ИО [92], соответственно, тоже самое необходимо сделать и для ИБО.

На основе определения понятия «Инновационный объект», которое было сформулировано в [92] дадим определение понятию «Инновационный бизнес-объект» (ИБО). Инновационный бизнес-объект – это ограниченный физически

и юридически «относительно условно выделенной внешней среды и диалектически взаимодействующий с ней» [92] социобиотехнический объект, обладающий следующими свойствами:

- наличие миссии, целей и задач, для достижения которых он создан и функционирует;
- устойчивость функционирования и развития;
- наличие перерабатываемых в бизнес-процессах взаимосвязанных и взаимодействующих по определенным правилам и законам элементов (инфраструктура, система менеджмента и персонал);
- наличие перерабатываемых в бизнес-процессах внешних и внутренних ресурсных источников (энергия, информация, вещество, финансовые ресурсы), используемые элементами для функционирования в интересах целого;
- социальное, экономическое и экологическое влияние на внутреннюю и внешнюю среды;
- «интегративность (свойствами целого, состоящего из частей, которые не могут быть получены простым суммированием свойств частей)» [92].

В [92] Ю.Ю. Зуев охарактеризовал базовые принципы СКП «понятийной и терминологической базой продуктивной деятельности» (детальное описание, характеристика и анализ которых автором труда заняло несколько десятков страниц), «придал соответствующим понятиям СКП лаконичную концентрированную форму, систематизировал понятия СКП в гносеолого-дидактическом направлении и ввел ряд новых исходных установок» [92], поэтому в нашей работе мы ограничимся перечислением этих принципов с учетом их адаптации под ИБО (вместо ТС) и представим их в Приложении 4.

**Обоснование объективной возможности применения синтеза  
концепции БУ и СКП как методологической основы для исследования  
концепции УР**

Обоснованием возможности дальнейшего использования методологической основы, включающей применение СКП и концепции БУ, для

исследования УР ИБО и определения показателя *ISD* являются следующие причины:

1. Синтезированная методологическая основа содержит терминологическую базу и универсальные принципы функционирования любого ИБО, а также позволяет осуществлять эффективные исследования УР ИБО и определения показателя *ISD*.

2. Методологическая основа СКП коррелируется и полностью раскрывает сущность концепции УР, что видно уже из определения обоих понятий, схожести их принципов и произведенного анализа методологии СКП и концепции УР. Можно констатировать, что СКП – это методологическая основа концепции УР, а сама концепция УР – практическое воплощение СКП.

3. Успешная апробация концепции БУ на практике при определении уровня БУ для одной из отраслей промышленности [192-194, 196], что продемонстрировало возможность применения данной концепции и на микроуровне.

4. Возможность формирования показателя *ISD* на основе простых, удобных, точных, достоверных, объективных и понятных математических инструментов, которые используются в рамках применения концепции БУ и СКП.

5. Использование понятий, определений, принципов, методов, подходов, поддающихся объективной количественной оценке и математическому описанию. Это делает возможным учет как и операционных показателей функционирования ИБО (в рамках СКП), так и качественных показателей (в рамках концепции БУ), представляемых в безразмерном относительном выражении.

#### **Научно-методический подход к оценке показателя *ISD* организации**

На основе представленной в данном подразделе методологической основы авторы предлагают использовать научно-методический подход к определению индекса УР (*ISD*), основанный на достижениях отечественных и зарубежных авторов в сфере УР, СКП и концепции БУ и учитывающий не



только принятые ранее индикаторы триединого итога, но и структурные показатели развития организации.

Таким образом, в авторской интерпретации оценка показателя *ISD* осуществляется на основе системы индикаторов, сформированных и определяемых по следующему алгоритму.

### **1. Формирование групп индикаторов.**

**1.1. Группа 1.** Определение состава структурных индикаторов, характеризующих качественное состояние организации (3-ий, 4-ый, 5-ый или 6-ой БУ), то есть структурный уровень БУ (см. таблицы 2.1.1-2.1.3):

- инфраструктуру  $INF=\{INF_1, INF_2, INF_3, \dots\}$ ;
- систему менеджмента  $MS=\{MS_1, MS_2, MS_3, \dots\}$ ;
- человеческие ресурсы  $HR=\{HR_1, HR_2, HR_3, \dots\}$ .

Данная группа структурных индикаторов формирует структурный уровень БУ ( $LBS_{STR}$ ):

$$LBS_{STR}=\{INF, MS, HR\}.$$

Для организаций электроэнергетической отрасли ТЭК индикаторы, входящие в состав показателей *INF*, *MS* и *HR*, могут быть определены согласно таблицам 2.1.1-2.1.3, если же рассматривается другая отрасль народного хозяйства, то индикаторы, формирующие показатели *INF*, *MS* и *HR*, выбираются на основе такого же анализа для этой отрасли.

**1.2. Группа 2.** Определение состава параметрических индикаторов, характеризующих количественное состояние организации между двумя целочисленными уровнями структурного БУ:

- индикатор энергетической устойчивости  $E=\{E_1, E_2, E_3, \dots\}$ ;
- индикатор информационной устойчивости  $I=\{I_1, I_2, I_3, \dots\}$ ;
- индикатор материальной устойчивости  $M=\{M_1, M_2, M_3, \dots\}$ ;
- индикатор финансовой устойчивости  $FIN=\{FIN_1, FIN_2, FIN_3, \dots\}$ ;
- индикатор экологической устойчивости  $ECO=\{ECO_1, ECO_2, ECO_3, \dots\}$ ;
- индикатор социальной устойчивости  $SOC=\{SOC_1, SOC_2, SOC_3, \dots\}$ .

Индикаторы, входящие в состав параметрических индикаторов  $E, I, M, FIN, ECO, SOC$  определяются в зависимости от специфики конкретной отрасли народного хозяйства.

Данная группа индикаторов формирует индикатор «Параметрический уровень БУ» ( $LBS_{PAR}$ ), который характеризует положение ИБО между двумя целыми значениями БУ (от нуля до единицы):

$$LBS_{PAR} = \{E, I, M, FIN, ECO, SOC\}.$$

Данный подход основан на том, что новая технология/ТС, система менеджмента и показатель «Человеческие ресурсы» будут переопределять количественное значение показателей из Группы 2 при переходе в новый БУ.

Для пояснения рассмотрим наглядный пример. Электросетевая компания осуществляет развитие своей инфраструктуры (переход на микропроцессорную элементную базу в РЗА, силовой аппаратуре, ЦПС, сверхпроводящие кабели, которые свойственны 6-ому БУ согласно таблице 2.1.1). В связи с этим показатель  $INF$  становится равным 6, при этом для внедряемых технологий и ТС необходимо пересчитывать новый индикатор энергетической устойчивости  $E$ , который будет определять положение электросетевой компании уже в 6-ом БУ. Какой бы эффективный ни был бы кабель из 4-го БУ, он в любом случае будет уступать кабелю из 6-го БУ, так как в 6-ом БУ будет использоваться принципиально новая и более прогрессивная технология. Аналогичные примеры можно привести для систем менеджмента и человеческих ресурсов. То есть изменение индикаторов из Группы 1 автоматически приведет к изменению индикаторов из Группы 2, так как индикаторы  $INF, MS, HR$  являются структурными для ИБО, а индикаторы  $E, I, M, FIN, ECO, SOC$  – параметрическими.

**1.3. Подход к оценке интегрального уровня БУ как к индексу УР организации.** Значение уровня БУ ( $LBS$  – *level of business-setup*) организации является показателем ее УР (индекс  $ISD$ ) и формируется из значений показателей  $LBS_{STR}$  (*structural level of business-setup*) и  $LBS_{PAR}$  (*parametric level of business-setup*), принимая значения в виде 4,7; 5,2; 6,1 и т.д. Таким образом, УР

организации характеризуется эволюционным совершенствованием 6 индикаторов из Группы 1 и качественным совершенствованием 3 индикаторов из Группы 2:

$$ISD=LBS=\{LBS_{STR}, LBS_{PAR}\}$$

*Примечание.* Все показатели деятельности организации, составляющие системы Групп 1 и 2 индикаторов, формируются на основе объективной статистической информации в организации, при этом также собираются аналогичные показатели:

- о лучших мировых аналогах;
- об иных организациях, функционирующих в рассматриваемой отрасли в рассматриваемой стране и в других странах;
- из нормативно-правовой, отраслевой и международной документации;
- о виртуальной «идеальной» организации, существование которой теоретически возможно.

На примере индикаторов энергоэффективности в подразделе 2.5 монографии продемонстрирован методический подход к построению системы индикаторов энергоэффективности организации.

В дальнейшем оценка показателя  $LBS$  основывается на сравнении сформированных индикаторов в безразмерном относительном виде на основе метода анализа иерархий (МАИ) [173].

**2. Переход от абсолютных значений индикаторов ( $IND$ ) к безразмерному относительному значению ( $\underline{IND}$ ), определение весовых коэффициентов и расчет индикаторов всех уровней.**

### **Структурные и параметрические индикаторы**

**2.1.** Переход к безразмерному виду индикаторов осуществляется для каждого из уровней индикаторов с целью представления исходной информации в виде безразмерного показателя, значение которого изменяется от 0 до 1, по формуле (2.1.1):

$$\underline{IND}_{xz}=(IND_{xz}-IND_{MIN})/(IND_{MAX}-IND_{MIN}) \quad (2.1.1), \text{ о.е.}$$

где  $IND_{xz}$  – значение  $x$ -ого индикатора  $z$ -ой организации, выраженного в абсолютных единицах измерения,

$IND_{MIN}$  – минимальное значение индикатора из ряда сравниваемых, выраженного в абсолютных единицах измерения,

$IND_{MAX}$  – максимальное значение индикатора из ряда сравниваемых, выраженного в абсолютных единицах измерения [92].

Наилучшим  $IND$  является  $x$ -ый  $IND$   $z$ -ой организации с наименьшим значением, поэтому индикаторы, которые в размерном виде улучшаются при росте их значения возводятся в степень <sup>(-1)</sup>, либо используется обратная им величина (например, вместо КПД системы можно рассматривать ее потери).

После проведения операции согласно (2.1.1) получается следующий набор индикаторов для каждой  $z$ -ой организации в безразмерном виде:

*индикаторы, входящие в состав структурных индикаторов:*

- $INF_{1z}, INF_{2z}, INF_{3z}, \dots$
- $MS_{1z}, MS_{2z}, MS_{3z}, \dots$
- $HR_{1z}, HR_{2z}, HR_{3z}, \dots$

*индикаторы, входящие в состав параметрических индикаторов:*

- энергетические индикаторы  $E_{1z}, E_{2z}, E_{3z}, \dots$
- информационные индикаторы  $I_{1z}, I_{2z}, I_{3z}, \dots$
- материальные индикаторы  $M_{1z}, M_{2z}, M_{3z}, \dots$
- финансовые индикаторы  $FIN_{1z}, FIN_{2z}, FIN_{3z}, \dots$
- экологические индикаторы  $ECO_{1z}, ECO_{2z}, ECO_{3z}, \dots$
- социальные индикаторы  $SOC_{1z}, SOC_{2z}, SOC_{3z}, \dots$

**2.2.** Присвоение индикаторам соответствующих весовых коэффициентов ( $v_{IND}$ ) методом парного сравнения с точки зрения важности индикатора.

**2.2.1.** Выбор шкалы суждения. Значимость каждого критерия по отношению к сравниваемому оценивается при помощи балльной шкалы [124] в зависимости от предпочтения эксперта.

**2.2.2.** Опрос экспертов и заполнение матрицы попарных сравнений индикаторов. Важным этапом в выбранной методике является процесс

ранжирования индикаторов. Для качественного выполнения данного подэтапа работы помимо использования данных различных аналитических агентств, научной и технически-справочной литературы должна быть использована консультация высококвалифицированных экспертов в исследуемой области.

**2.2.3.** Вычисление строчных сумм и общей суммы таблицы, определение весов критериев путем деления строчных сумм на общую сумму таблицы (таблица 2.1.4).

Таблица 2.1.4

**Матрица попарно сравниваемых характеристик значимости**

|         | $IND_1$ | $IND_2$ | ... | $IND_x$ | $\epsilon_x$                   | $v_{INDx} = \epsilon_x / \epsilon_0$ |
|---------|---------|---------|-----|---------|--------------------------------|--------------------------------------|
| $IND_1$ | 1       | 2       | ... | 3       | $\epsilon_1$                   | $v_1$                                |
| $IND_2$ | 1/2     | 1       | ... | 4       | $\epsilon_2$                   | $v_2$                                |
| ...     | ...     | ...     | ... |         |                                |                                      |
| $IND_x$ | 1/3     | 1/4     | ... | 1       | $\epsilon_x$                   | $v_x$                                |
|         |         |         |     |         | $\epsilon_0 = \sum \epsilon_x$ |                                      |

где  $IND_x$  – показатель конкурентоспособности z-ой организации;

$\epsilon_x$  – суммарный вес каждого показателя;

$v_{INDx}$  – коэффициент значимости (весовой коэффициент).

В итоге в общем виде после вышеописанной процедуры будут определены следующие весовые коэффициенты:

*весовые коэффициенты для индикаторов, входящих в состав параметрических индикаторов:*

- $v_{INF1}, v_{INF2}, v_{INF3}, \dots$
- $v_{MS1}, v_{MS2}, v_{MS3}, \dots$
- $v_{HR1}, v_{HR2}, v_{HR3}, \dots$

*весовые коэффициенты для индикаторов, входящих в состав параметрических индикаторов:*

- для энергетических индикаторов:  $v_{E1}, v_{E2}, v_{E3} \dots$
- для информационных индикаторов:  $v_{I1}, v_{I2}, v_{I3} \dots$
- для материальных индикаторов:  $v_{M1}, v_{M2}, v_{M3} \dots$
- для финансовых индикаторов:  $v_{FIN1}, v_{FIN2}, v_{FIN3} \dots$
- для экологических индикаторов:  $v_{ECO1}, v_{ECO2}, v_{ECO3} \dots$
- для социальных индикаторов:  $v_{SOC1}, v_{SOC2}, v_{SOC3} \dots$

**2.2.4.** Определение интегральных структурных ( $\underline{INF}$ ,  $\underline{MS}$ ,  $\underline{HR}$ ) и параметрических ( $\underline{E}$ ,  $\underline{I}$ ,  $\underline{M}$ ,  $\underline{FIN}$ ,  $\underline{ECO}$ ,  $\underline{SOC}$ ) индикаторов  $z$ -ой организации в безразмерном виде по (2.1.2) и (2.1.3):

$$\left. \begin{aligned} \underline{INF} &= \underline{INF}_{1z} \cdot v_{INF1} + \underline{INF}_{2z} \cdot v_{INF2} + \underline{INF}_{3z} \cdot v_{INF3} + \dots \\ \underline{MS} &= \underline{MS}_{1z} \cdot v_{MS1} + \underline{MS}_{2z} \cdot v_{MS2} + \underline{MS}_{3z} \cdot v_{MS3} + \dots \\ \underline{HR} &= \underline{HR}_{1z} \cdot v_{HR1} + \underline{HR}_{2z} \cdot v_{HR2} + \underline{HR}_{3z} \cdot v_{HR3} + \dots \end{aligned} \right\} (2.1.2), \text{ о.е.}$$

$$\left. \begin{aligned} \underline{E} &= \underline{E}_{1z} \cdot v_{E1} + \underline{E}_{2z} \cdot v_{E2} + \underline{E}_{3z} \cdot v_{E3} + \dots \\ \underline{I} &= \underline{I}_{1z} \cdot v_{I1} + \underline{I}_{2z} \cdot v_{I2} + \underline{I}_{3z} \cdot v_{I3} + \dots \\ \underline{M} &= \underline{M}_{1z} \cdot v_{M1} + \underline{M}_{2z} \cdot v_{M2} + \underline{M}_{3z} \cdot v_{M3} + \dots \end{aligned} \right\} (2.1.3), \text{ о.е.}$$

$$\left. \begin{aligned} \underline{FIN} &= \underline{FIN}_{1z} \cdot v_{FIN1} + \underline{FIN}_{2z} \cdot v_{FIN2} + \underline{FIN}_{3z} \cdot v_{FIN3} + \dots \\ \underline{ECO} &= \underline{ECO}_{1z} \cdot v_{ECO1} + \underline{ECO}_{2z} \cdot v_{ECO2} + \underline{ECO}_{3z} \cdot v_{ECO3} + \dots \\ \underline{SOC} &= \underline{SOC}_{1z} \cdot v_{SOC1} + \underline{SOC}_{2z} \cdot v_{SOC2} + \underline{SOC}_{3z} \cdot v_{SOC3} + \dots \end{aligned} \right\}$$

#### **Интегральные индикаторы структурного и параметрического БУ**

**2.4.** Операции, аналогичные пп. 2.2.1-2.2.4, осуществляются для интегральных структурных индикаторов в безразмерном виде  $\underline{INF}_z$ ,  $\underline{MS}_z$ ,  $\underline{HR}_z$  для каждой  $z$ -ой организации. В итоге после определения весовых коэффициентов (согласно пп. 2.2.1-2.2.3:  $v_{INF}$ ,  $v_{MS}$ ,  $v_{HR}$ ) для данных интегральных структурных индикаторов осуществляется расчет интегрального индикатора структурного БУ ( $\underline{ILBS}_{STR}$  – *integral level of structural business-setup*) в безразмерном виде  $\underline{ILBS}_{STRz} = (\underline{INF}_z \cdot v_{INF} + \underline{MS}_z \cdot v_{MS} + \underline{HR}_z \cdot v_{HR})$  для каждой  $z$ -ой организации согласно п. 2.2.4 по (2.1.2).

При этом стоит отметить, что в связи с использованием формулы (2.1.1) уровни БУ для индикатора  $\underline{ILBS}_{STR}$  должны быть представлены следующими численными значениями:

1-ый БУ:  $1^{(-1)} = 1,000$ .

2-ой БУ:  $2^{(-1)} = 0,500$ .

3-ий БУ:  $3^{(-1)} = 0,333$ .

4-ый БУ:  $4^{(-1)} = 0,250$ .

5-ый БУ:  $5^{(-1)}=0,200$ .

6-ой БУ:  $6^{(-1)}=0,167$ .

Наилучшей организацией по каждому индикатору будет  $z$ -ая организация с наименьшим показателем комплексного индикатора.

**2.5.** Операции, аналогичные пп. 2.2.1-2.2.5, осуществляются для интегральных параметрических индикаторов в безразмерном виде  $\underline{E}_z, \underline{L}_z, \underline{M}_z, \underline{FIN}_z, \underline{ECO}_z, \underline{SOC}_z$  для каждой  $z$ -ой организации. В итоге после определения весовых коэффициентов (согласно пп. 2.2.1-2.2.3:  $v_E, v_L, v_M, v_{FIN}, v_{ECO}, v_{SOC}$ ) для данных интегральных параметрических индикаторов осуществляется расчет интегрального индикатора параметрического БУ ( $\underline{ILBS}_{PAR}$  – *integral level of parametric business-setup*) в безразмерном виде  $\underline{ILBS}_{PAR}=(\underline{E}_z \cdot v_E + \underline{L}_z \cdot v_L + \underline{M}_z \cdot v_M + \underline{FIN}_z \cdot v_{FIN} + \underline{ECO}_z \cdot v_{ECO} + \underline{SOC}_z \cdot v_{SOC})$  для каждой  $z$ -ой организации согласно п. 2.2.4 по (2.1.3).

Наилучшей организацией по каждому индикатору будет  $z$ -ая организация с наименьшим показателем комплексного индикатора.

При этом стоит отметить, что весовые коэффициенты и состав индикаторов может пересматриваться в динамике.

### **3. Определение интегрального уровня БУ как индекса УР организации.**

3.1. Так как в дальнейшем интегральный уровень БУ в безразмерном виде ( $\underline{ILBS}$ ) будет оцениваться как обратная величина в связи с операциями приведения к безразмерному виду согласно, то математически развитие организации будет стремиться к нулю, а не к бесконечности.

Интегральный уровень БУ  $z$ -ой организации ( $\underline{ILBS}_z$  – *integral level of business-setup*), то есть индекс ее УР ( $\underline{ISD}_z$ ), будет определяться по формуле (2.1.4):

$$\underline{ISD}_z = \underline{ILBS}_z = \underline{ILBS}_{STRz} \cdot b_1 + \underline{ILBS}_{PARz} \cdot b_2 \quad (2.1.4), \text{ о.е.}$$

где  $b_1, b_2$  (о.е.) – весовые коэффициенты интегральных индикаторов  $\underline{ILBS}_{STRz}$  и  $\underline{ILBS}_{PARz}$ .

3.2. Определение весовых коэффициентов  $b_1$  и  $b_2$  определяется исходя из следующего условия:

$$b_1 = (\underline{ILBS}_{STRz} / \underline{ILBS}_{STR}) \quad (2.1.5), \text{ о.е.},$$

где  $\underline{ILBS}_{STRz}$  – интегральный уровень БУ следующего порядка относительно  $\underline{ILBS}_{STR}$ . Например, если  $\underline{ILBS}_{STR} = 0,220$  (то есть значение структурного БУ организации равняется 4,76), то значение индикатора  $\underline{ILBS}_{STR} = 0,200$  (5-ый БУ), а весовой коэффициент  $b_1 = 0,91$ .

После определения весового коэффициента  $b_1$  осуществляется определение коэффициента  $b_2$ , исходя из условия  $(b_1 + b_2) = 1$ :

$$b_2 = (1 - b_1) \quad (2.1.6), \text{ о.е.}$$

При этом стоит отметить, что весовые коэффициенты  $b_1$  и  $b_2$  переопределяются в динамике при переходе организации из одного БУ в другой.

Таким образом, чем меньше значение  $\underline{ILBS}_{PAR}$   $z$ -ой организации, тем ближе эта организация к следующему уровню БУ. Смысл такого подхода к определению весовых коэффициентов  $b_1$  и  $b_2$ , а также разбиения интегрального уровня БУ на структурный БУ и параметрический БУ заключается в следующем:

1. При помощи весового коэффициента  $b_1$ , определенного согласно (2.1.5), имеется возможным определить «потолок» (уровень структурного БУ), к которому стремится организация в рамках инфраструктуры, системы менеджмента и человеческими ресурсами, которые свойственны ее текущему структурному БУ.

2. Стремление к этому «потолку» осуществляется за счет совершенствования параметрического БУ в рамках существующего структурного БУ. Когда параметрический БУ достигает своего совершенства, то происходит переход количества в качество, и организация переходит в следующий БУ (уже интегральный).

Для удобства представления безразмерное значение интегрального индикатора  $\underline{ILBS}$  может быть представлено в абсолютном выражении согласно



обратному преобразованию  $ILBS = \underline{ILBS}^{(-1)}$ . Если, например, значение  $\underline{ILBS}$  составляет 0,181, то  $ILBS = 0,181^{(-1)} = 5,53$ , то есть значение уровня БУ организации составляет 5,53. Это свидетельствует о том, что организация находится в середине между 5-ым и 6-ым БУ.

На основе вышеизложенных положений представлена наглядная схема определения УР организации на основе положений концепции БУ и СКП (рис. 2.1.1).

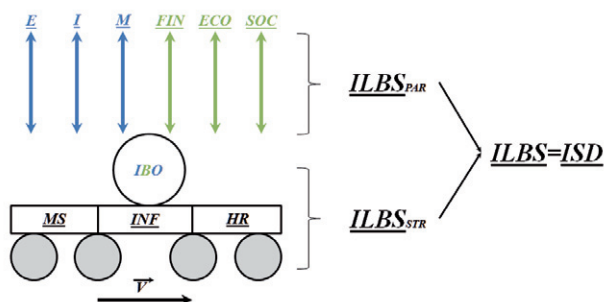


Рис. 2.1.1. Методологическая схема УР ИБО

#### 4. Динамический анализ УР организации.

Определение показателя  $\underline{ISD}$  должно осуществляться с определенной периодичностью (например, один календарный год), что позволяет оценивать устойчивость развития организации в динамике, поэтому индекс УР должен быть представлен как функция от времени (по дискретным значениям):  $\underline{ISD} = \underline{ILBS} = f(t)$ .

Таким образом, к данной функции имеется возможным применить инструменты математического анализа, что позволяет:

- произвести аппроксимацию функции для ее дальнейшего исследования и прогнозирования УР организации;
- найти область определения функции, интервалы знакопостоянства, точки пересечения графика с осями координат, асимптоты, интервалы монотонности, экстремумы, интервалы выпуклости и точки перегиба;
- сформулировать необходимые и достаточные условия УР организации;

- определить скорость и ускорение УР организации;
- выявить интервалы устойчивого и неустойчивого развития;
- и т.д. в зависимости от цели и задач, стоящих перед исследователем.

Пример такой функции представлен на рис. 2.1.2, где точками обозначены условно реальные значения показателя *ILBS*, а непрерывной черной кривой изображена степенная аппроксимация рассчитанных значений.

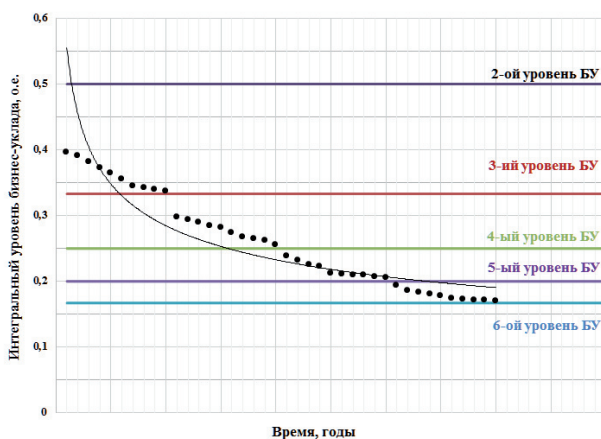


Рис. 2.1.2. Зависимость показателя *ILBS* (*ISD*) от времени

Из данной функции (назовем данный пример условно теоретическим и «идеальным») можно получить следующие выводы:

1. Необходимое условие УР организации:  $dILBS/dt < 0$  на рассматриваемом интервале (например  $[t_1; t_2]$ ), то есть функция должна монотонно убывать на  $[t_1; t_2]$ .
2. Достаточное условие УР организации: производные всех интегральных индикаторов по времени  $< 0$  на рассматриваемом интервале (например  $[t_1; t_2]$ ), то есть функции интегральных индикаторов от времени должны монотонно убывать на  $[t_1; t_2]$ .

3. В реальном случае максимальное значение функции стремится к бесконечности (ввиду проблемы начала отсчета), а минимальное – к нулю (значение функции  $\underline{LBS}=0$  можно назвать «бизнес-сингулярность»).

4. Функция имеет одну вертикальную асимптоту  $t=0$  и одну горизонтальную асимптоту  $\underline{LBS}=0$  – к нулю.

5. По функции также можно оценивать такие показатели как скорость (первая производная функции по времени) и ускорение УР (вторая производная функции по времени).

6. Представляется важной с математической точки зрения задачей аппроксимация получаемой функции, так как различные способы аппроксимации (степенная, полиномиальная, экспоненциальная и т.д.) дают различные результаты.

В завершении подраздела хотелось бы отметить, что предлагаемый подход к определению показателя  $ISD$  организации позволяет нейтрализовать недостатки уже известных методик (см. подраздел 1.3 и Приложение 3) и имеет преимущества, описанные в данном подразделе, а такой недостаток как субъективность экспертного способа назначения весовых коэффициентов может быть устранен за счет подбора наиболее высококвалифицированных экспертов, использования метода конкордации Кендалла [45] для повышения согласованности мнений экспертов, а также за счет применения программного обеспечения и современных компьютерных технологий.

## **2.2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИЙ**

Одной из важнейшей задач руководства промышленных предприятий является повышение их конкурентоспособности в условиях рыночной экономики. Этот процесс обязывает руководство и инженерно-энергетические службы организации обеспечить качественное бесперебойное энергоснабжение всех объектов инфраструктуры наряду с рациональным использованием потребляемой энергии. Положительный эффект в достижении поставленной задачи для организации может быть достигнут при внедрении в управление

инновационного процессно-системного подхода, подразумевающего не только использование высокотехнологичного энергоэффективного оборудования и рациональное управление им, но и системную реализацию инновационных управленческих решений в сфере инженерно-энергетического хозяйства организации [118, 165, 180].

Так согласно [210] в настоящее время известны следующие подходы к управлению энергоэффективностью на предприятиях: поведенческий, потребительский, контрольно-управленческий, системно-отраслевой, государственно-регулирующий, адаптивный.

На основе синтеза лучших теоретических концепций, опыта и практик в области энергоменеджмента в дальнейшем формируются национальные стандарты и МС по управлению энергоэффективностью организаций. Далее по тексту дана краткая характеристика исторической эволюции развития подходов к энергоменеджменту [119, 199].

Энергетический менеджмент как отдельная область управления впервые был сформирован в конце 1970-х годов в США как систематический подход - ответ на существенный рост цен на энергоресурсы, связанный с нефтяными кризисами, спровоцированными политикой ОПЕК по повышению отпускных цен на нефть и политическими процессами на Ближнем Востоке.

Многие американские организации, столкнувшись с необходимостью оптимизации затрат на энергию, начали внедрение энергосберегающих политик и мероприятий. Лидирующую роль в развитии данного направления сыграли наиболее энергоемкие компании топливно-энергетического сектора (например, ExxonMobil, снизившая энергоемкость производств на 35% за период с 1973-го по 1999-ый гг.).

После первоначального ослабления интереса к энергоменеджменту в 1980-х гг. в результате стабилизации цен на энергоносители западные политические силы осознали факт ограниченности и неизбежного дефицита энергоресурсов в будущем. Это привело к окончательному мнению о целесообразности энергоменеджмента: были созданы Ассоциация

Энергетических Инженеров (Association of Energy Engineers) и сертификация профессиональных энергоменеджеров (Certified Energy Manager).

Впоследствии в различных странах были изданы первые стандарты в области энергоэффективности, среди которых можно отметить:

- Стандарт США Американского национального института стандартов (ANSI) и Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) ANSI/IEEE 739:1995 «Recommended practice for energy management in industrial and commercial facilities» («Рекомендуемая практика для управления энергией промышленных и коммерческих объектов»).

- Китайские стандарты GB/T 15587:1995 «Guides for energy management in industrial enterprise» («Руководство для управления энергопотреблением промышленных предприятий») и GB/T 17166-1997 «General Principles of Energy Audit on Industrial and Commercial Enterprises» («Общие принципы для энергоаудита на промышленных и коммерческих предприятиях»).

- Стандарт Британского института стандартов (BSI) BS 8207:1985 «Code of practice for Energy efficiency in buildings» («Свод практических правил по энергоэффективности в зданиях»).

- Канадское PLUS 1140:1995 «A Voluntary Energy Management Guideline» («Руководство по добровольному менеджменту энергии»).

- Стандарты Организации по стандартам Австралии и Новой Зеландии AS 3595:1990 «Energy Management programs – Guidelines for financial evaluation of a project» («Программы энергоменеджмента – Руководящие указания для финансовой оценки проекта») и AS 3596:1992 «Energy Management programs – Guidelines for definition and analysis of energy and cost savings» («Программы энергоменеджмента – Руководящие указания для определения и анализа энергии и ее сбережения»).

Далее фокус стандартизации деятельности по энергоменеджменту сместился в область системного подхода к управлению, чему способствовали широкое распространение МС в области систем менеджмента серии ISO,

положительный опыт внедрения в лидирующих организациях данных систем менеджмента, а также принципов бережливого производства и 6 сигм.

При этом в Европе энергетический менеджмент развивался как отдельная ветвь общего подхода по снижению негативного влияния на окружающую среду, который был закреплен Директивой Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24.09.1996 «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений».

Имеющийся национальный опыт показал, что стандарты в области систем энергоменеджмента (СЭнМ) являются жизнеспособным инструментом экономической политики и рыночным механизмом, позволяющим добиться устойчивой энергоэффективности в промышленности, поэтому в течение 2000-х годов были изданы национальные стандарты в области энергоменеджмента, явившиеся прообразом и базисом для формирования общего МС ISO 50001:2011:

- Датские стандарты DS 2403:2001 «Energy Management – Specifications» («Энергоменеджмент – Спецификации») и DS/INF 136:2001 «Energy Management – Guidance on Energy Management» («Энергоменеджмент – Руководство»).
- Стандарт США ANSI/MSE 2000:2008 «A Management System for Energy» («Система управления энергией») (первое издание стандарта было в 2005 году в виде ANSI/MSE 2000:2005).
- Шведский стандарт SS 627750:2003 «Energy Management Systems – Specification» («Системы энергоменеджмента – Спецификация»).
- Ирландский стандарт I.S. 393:2005 «Energy Management Systems – Specification with Guidance for Use» («Системы энергоменеджмента – Спецификация с Руководством по использованию»).
- Стандарт Южной Кореи KS A 4000:2007 «Energy Management System» («Система энергоменеджмента»).
- Испанский стандарт UNE 216301:2007 «Energy Management System» («Система энергоменеджмента»).

В 2008-ом году в Международной организации по стандартизации (ISO) было инициировано создание Технического комитета ISO/TC 242 «Energy Management» («Энергетический менеджмент»), секретариат которого возглавили ANSI и Бразильская Ассоциация технических норм (ABNT).

Первый рабочий проект МС (Working Draft, WD1) был представлен в сентябре 2008-го года, в октябре 2010-го года на четвертое пленарное заседание в Пекине был вынесен на голосование сформированный с учетом всех комментариев проект международного стандарта ISO/DIS 50001. Из более, чем 40 стран, принявших участие в голосовании, 5 европейских стран (Франция, Великобритания, Германия, Италия и Испания) проголосовали «против» представленного проекта ISO/DIS 50001, что замедлило дальнейшую работу по изданию стандарта.

Причина отрицательной позиции этих стран заключалась в том, что в Европе был издан европейский стандарт EN 16001:2009 «Energy management systems. Requirements with guidance for use» («Системы энергоменеджмента. Требования с руководством по использованию»), по которому уже в 2009-ом году, было сертифицировано много компаний, что в основном было обусловлено налоговыми льготами для организаций, сертифицировавших свои СЭнМ. При этом данные европейские страны настаивали на гармонизации проекта ISO/DIS 50001 с европейским EN 16001:2009. Основное отличие EN 16001:2009 от ISO/DIS 50001 – наличие понятия «энергоаспект», на базе которого строились многие схемы СЭнМ, однако с практической точки зрения оно является, в большей мере, формальным.

После голосования по финальному проекту ISO/FDIS 50001 в июне 2011-го года была издана официальная публикация стандарта ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» («Системы энергоменеджмента – Требования с руководством по использованию») [16], после чего за 6 месяцев МС получил национальный статус в 16 европейских странах, в странах Азии, в ЮАР, Канаде и Бразилии.

После официального издания МС ISO 50001:2011, в конце 2011-го года ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» инициировало разработку проекта национального стандарта ГОСТ Р. Соответствующий стандарт ГОСТ Р ИСО 50001-2012 (идентичен ISO 50001:2011) был утвержден и введен в действие Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии с 01.12.2012.

Таким образом, ввиду необходимости акцента на энергоэффективность в масштабах отдельно взятого предприятия, отрасли и экономики страны в целом, базисом развертывания новой управленческой системы должен стать, как уже отмечалось в предыдущих подразделах, МС ISO 50001:2011 (российский аналог – ГОСТ Р ИСО 50001-2012), содержащий в себе ключевые факторы, обязательные для описания и учета, а так же алгоритмы развития СЭнМ организации [119]. Данный МС стал закономерным результатом синтезом лучшей мировой теории и практики в области энергоэффективности [119, 180]. МС ISO 50001:2011 является универсальным, применяется вне зависимости от видов используемой энергии и методов ее использования, и может быть применим любой организацией, независимо от ее размеров и отраслевой принадлежности. Требования стандарта сформулированы как предписывающие, то есть определяющие «то, что должно быть сделано, не определяя, как это сделать». При этом требования МС прописываются таким образом, что он применим для аудитов (как внутренних, так и внешних), а также сертификации подобно МС ISO 9001:2008 [18], ISO 14001:2004 [13, 14], OHSAS 18001:2007 [23, 24] и др.

Метод достижения каждого из этих требований организация определяет сама, исходя из собственных нужд и потребностей, опираясь на собственный опыт. Такой гибкий подход требует от организации, применяющей стандарт, компетентности и профессионализма. В результате у различных организаций, в зависимости от их размера, структуры и вида деятельности, могут быть различные способы (методы, пути) выполнения требований МС ISO 50001:2011.



Подход и методология МС ISO 50001:2011 позволяют говорить о его совместимости с другими МС, в первую очередь, с системами менеджмента качества (СМК) (МС ISO 9001:2008), системами экологического менеджмента (МС ISO 14001:2004), а также системами менеджмента профессиональной безопасности и здоровья (МС OHSAS 18001:2007), что позволяет создавать интегрированные системы управления, свойственные 6-ому БУ. В связи с этим менеджмент организаций должен стремиться к построению интегрированных систем управления.

Цель МС ISO 50001:2011 – дать возможность организациям разработать системы и процессы, необходимые для улучшения уровня энергоэффективности и показателей использования энергии [16]. Он устанавливает требования к СЭнМ, на основе которых организация может разработать и внедрить энергетическую политику, осуществить постановку целей, задач и разработку планов мероприятий с учетом законодательных требований и информации, относящейся к аспектам, связанным со значительным использованием энергии.

МС ISO 50001:2011 основан на методологии, известной как цикл постоянного улучшения (Шухарта-Деминга) «Plan – Do – Check – Act» (PDCA). В этой связи его внедрение предполагает включение аспектов энергетического менеджмента в состав ежедневной организационной практики:

- Планирование (Plan) – проведение энергоанализа и определение базовых критериев, ИЭЭ, постановка целей, задач и разработка планов мероприятий, необходимых для достижения результатов, которые улучшат уровень энергоэффективности в соответствии с энергетической политикой организации.

- Осуществление (Do) – внедрение планов мероприятий в области энергетического менеджмента.

- Проверка (Check) – мониторинг и измерение процессов и ключевых характеристик операций, определяющих уровень энергоэффективности, в

отношении реализации энергетической политики и достижения целей в области энергетики и сообщении о результатах.

▪ Действие (Act) – принятие действий по постоянному улучшению результативности деятельности в области энергетики и СЭНМ.

В отличие от стандартов СМК ISO серии 9000 МС ISO 50001:2011 не содержит в явном виде описания базовых принципов энергоменеджмента, но по аналогии с другими системами менеджмента, а также с использованием накопленной практики могут быть формализованы следующие базовые принципы энергоменеджмента [115]:

1. Комплексная система управления;
2. Лидерство высшего руководства;
3. Вовлечение персонала организации;
4. Принятие решений, основанное на фактах;
5. Принцип постоянного улучшения;
6. Принцип эффективных взаимоотношений с поставщиками энергосервисов, энергии и энергоемкого оборудования;
7. Процессный подход;
8. Принцип управления по энергозатратам;
9. Принцип документационного обеспечения деятельности;
10. Принцип наилучших доступных технологий (НДТ).

Согласно МС ISO 50001:2011 [16], руководство организации обязано однозначно определить и зафиксировать: цели, политику в области энергоэффективности, границы ее распространения, а так же основные индикаторы состояния системы. Такие процессы как планирование и прогноз энергопотребления, определение потенциала энергосбережения и энергоемкости выпуска продукции должны стать постоянными и реализовываться на регулярной основе, определяемой политикой в области энергосбережения. Обязательным условием должно стать информационное и документационное обеспечение всех основных, обеспечивающих и управленческих процессов. Данное условие позволяет выполнять основные

принципы современных концепций управления, а именно: стремление к постоянному улучшению, обеспечение непрерывного контроля и мониторинга энергетических индикаторов состояния системы с последующей корректировкой проблемных областей. Для эффективного управления развитием организации с позиции рационального использования энергетических ресурсов необходимо построение модели сети процессов, включающей в себя все вышеописанные факторы.

Полученная интерактивная модель позволит проводить анализ корреляции и дальнейшую интеграцию энергоемких производственных процессов и функционирования организации в целом с задачами развития энергетики предприятия/организации. Также разработанная и внедренная процессная модель будет способствовать построению «тонкого интеллектуального мостика» (thin smart bridge) между энергетическими, инженерно-производственными службами и топ-менеджментом организации, смещая акценты с внутрисистемной конкуренции (противостояния служб, отделов и прочих функциональных подразделений) к общесистемной интеграции. Реализация концепции thin smart bridge уменьшит сложность процесса принятия управленческого решения для руководителя благодаря устранению барьеров в понимании энергетической специфики, существенному снижению неопределенности и времени принятия управленческого решения, что позволит повысить его качество и избежать фатальных ошибок при дальнейшем стратегическом развитии предприятия с учетом интересов в области энергоэффективности. С другой стороны, построение такой системы стратегического управления энергоэффективностью позволит распространять область системы СЭиМ на все необходимые процессы организации холдингового типа:

- управленческие процессы в центральном офисе организации;
- управленческие процессы в филиале (предприятии);
- производственно-технологические процессы на предприятии;
- вспомогательные процессы;

- процессы развития.

Имеется возможным заключить, что четкое разделение зон ответственности, обеспечиваемое наличием процессной модели, позволяет повысить доверие к интегральным показателям работы системы, которые необходимы для принятия взвешенных управленческих решений непосредственно высшим руководством организации.

Данный подход призван разрешить имеющиеся на сегодняшний день совокупность противоречий, которая препятствует стабильному, надежному и эффективному развитию энергохозяйств промышленных предприятий с учетом энергоэффективности всех процессов в организации, что особенно важно, когда речь идет о многомиллионных инвестициях, которые затрагивают не только энергохозяйство, но и влияют на дальнейшую судьбу всей организации.

### **2.3. НЕОБХОДИМЫЕ И ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА УСТОЙЧИВО РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

Несмотря на то, что МС ISO 50001:2011 является эффективным механизмом по реальному повышению уровня энергоэффективности производственных предприятий [121, 118] он в явном виде не предписывает принципы и не содержит полный перечень условий и документации, выполнение и наличие которых необходимо для построения результативно функционирующей СЭнМ [112, 121]. Следовательно, актуальной является задача их определения.

В [118, 119, 121] авторами было продемонстрировано, что для построения эффективной СЭнМ организация должна опираться на 10 базовых принципов энергоменеджмента [115], новыми из которых по сравнению с принципами СМК (с учетом их адаптации под энергетическую специфику) являются принципы документационного обеспечения деятельности и НДТ [118, 119, 121]. Таким образом, можно сформулировать необходимые и достаточные условия для создания результативно функционирующей СЭнМ:

- **Необходимые:** использование 10 базовых принципов энергоменеджмента [119, 121] и внедрение документации СЭнМ организации, необходимой для сертификации согласно требованиям МС ISO 50001:2011.

- **Достаточные:** создание дополнительных условий и внедрение документации СЭнМ организации, направленной на построение результативно функционирующей СЭнМ.

#### **Документация СЭнМ организации, необходимая для сертификации**

Согласно пп. 4.5.4.1 МС ISO 50001:2011 «Организация должна установить и поддерживать актуальной информацию (в бумажной, электронной и иной форме), содержащую описание ключевых элементов СЭнМ и их взаимодействия друг с другом» [16]. Данная документация СЭнМ должна включать:

- энергополитику, область применения и границы СЭнМ;
- энергоцели, энергозадачи и планы мероприятий;
- документы и записи, требуемые МС ISO 50001:2011.

#### **Энергополитика, область применения и границы СЭнМ**

Энергополитика согласно [16] должна быть направлена на формирование в организации действующей системы достижения показателей энергоэффективности. Высшее руководство должно определить энергополитику и обеспечить, чтобы она:

- соответствовала характеру и масштабам организации и отрасли, а также характеру использования и количеству потребляемой энергии;
- включала в себя обязательства по непрерывному улучшению уровня энергоэффективности;
- содержала обязательства по обеспечению доступности информации и всех необходимых ресурсов для достижения целей и задач;
- вводила обязательства по соблюдению применимых законодательных и иных требований, следовать которым организация согласилась добровольно, относящихся к характеру использования, количеству потребляемой энергии и энергоэффективности;

- гарантировала постановку и пересмотр энергоцелей и задач;
- обеспечивала закупки продукции, услуг, в том числе услуги в области проектирования, с учетом их энергоэффективности;
- была задокументирована и доведена до сведения сотрудников на всех уровнях организации;
- регулярно пересматривалась и обновлялась.

Многие организации в целях развития бренда, широкого информирования заинтересованных сторон и общественности разрабатывают энергополитику в виде краткого публичного документа.

При этом для крупных холдинговых организаций рекомендуется, помимо формирования публичной энергополитики, осуществлять разработку и внедрение энергополитики в виде внутреннего нормативного документа на уровне корпоративного центра, подлежащего трансляции и адаптации на более низких уровнях управления.

При внедрении СЭнМ в организации очень важно четко и объективно определить область применения и границы СЭнМ на первых этапах ее функционирования. Включая в область применения и границы СЭнМ все структурные подразделения, все системы, объекты, процессы и оборудование, организация рискует переоценить имеющиеся ресурсы по сравнению с тем уровнем ресурсов, который потребуется для заявленного охвата.

Более рационально на первых этапах функционирования СЭнМ в организации в область применения и границы СЭнМ включить только структурные подразделения, наибольшим образом влияющие на уровень энергоиспользования и другие энергетические параметры, а также системы, объекты, процессы и оборудование, вносящие наибольший вклад в энергоиспользование либо обладающие наибольшим потенциалом повышения энергоэффективности.

### **Энергоцели, энергозадачи и планы мероприятий**

Для того чтобы была обеспечена возможность достижения целей энергополитики, необходимо осуществление процесса ее развертывания. При

этом энергополитика выступает в качестве долгосрочной или среднесрочной стратегии управления, которая детализируется и операционализуется в виде конкретных целей, задач и планов мероприятий.

Основными инструментами такой детализации и операционализации являются формирование и внедрение энергоцелей и энергозадач (энергозадачи вытекают из энергоцелей и детализируют их), разработка планов мероприятий по энергоменеджменту.

Годовые энергоцели определяются на основе долгосрочных и среднесрочных целей организации. До того как высший менеджмент собирается сформулировать годовые энергоцели, он проводит предварительные консультации с экспертами и менеджерами подразделений, которые, в свою очередь, совещаются с подчиненными им линейными менеджерами и сотрудниками. Взаимный обмен информацией между заинтересованными сторонами ведется до тех пор, пока не определятся все детали. При подготовке новых энергоцелей учитываются прошлогодние достижения и критерии оценки результатов.

Другим важным моментом, который следует учитывать, прежде чем будут определены энергоцели на следующий год и меры по их достижению, служит список текущих проблем в каждом структурном подразделении организации. Прошлогодние успехи в достижении поставленных целей оцениваются с учетом существующих задач, и лишь после этого определяются цели на будущее.

Важным аспектом развертывания энергополитики является установление приоритетов. Важность объясняется тем, что доступные организации ресурсы всегда ограничены. После того как осуществлена расстановка приоритетов, на нижних управленческих уровнях развертывается все более детальный и четкий по мере движения вниз план действий, представляющий собой перечень конкретных мер.

Таким образом, развертывание энергополитики представляет собой ретрансляцию программы, намеченной высшим менеджментом, в виде энергоцелей и энергозадач на низовые уровни организационной иерархии.

Помимо этого, развертывание энергополитики позволяет обеспечить необходимые условия для качественного функционирования СЭнМ:

- Четкое понимание роли каждого менеджера в достижении поставленных перед организацией целей по энергоменеджменту;
- Четкое представление менеджерами различных уровней точек управления и точек контроля, установленных для достижения целей;
- Стабильное функционирование системы текущего управления, направленного на поддержание существующих управленческих механизмов и результатов.

Для фиксации энергоцелей и задач каждому пункту энергополитики соответствуют энергоцели и энергозадачи с показателями оценки достижения, целевыми значениями в динамике и ответственными лицами.

Формирование энергоцелей и задач и последующая разработка плана мероприятий осуществляется на базе результатов энергоанализа организации [124, 212]. При проведении энергоанализа и разработке энергоцелей, задач и планов мероприятий должны быть охвачены все процессы энергетической модели организации.

Для выявления имеющегося потенциала энергосбережения организация условно декомпозируется на энерготехнологические подсистемы. Важным также является анализ повышения энергоэффективности на стыке энерготехнологических подсистем. По результатам энергоанализа осуществляется ранжирование энерготехнологических подсистем и расстановка приоритетов в дальнейшей работе. После проработки приоритетных подсистем проводится анализ и проработка других энерготехнологических подсистем в порядке убывания приоритета с точки зрения вклада в энергозатраты.



Специфика каждого конкретного предприятия определяется составом энерготехнологических подсистем и распределением энергозатрат между данными подсистемами по различным видам энергии.

Учет данной специфики определяет то, каким подсистемам будет уделено первоочередное внимание при обследовании и проработке.

Мероприятия по реализации энергополитики и достижению энергоцелей и задач можно подразделить на организационные, технические, внешние и альтернативные.

После формирования необходимого и достаточного перечня возможностей повышения энергоэффективности осуществляется рассмотрение альтернативных технических решений для реализации возможности, а также технико-экономическое обоснование (ТЭО) [38, 108, 119], сравнение и выбор приоритетных вариантов для последующего включения в план мероприятий.

Балансировка плана мероприятий осуществляется путем рассмотренного выше комплексного охвата энерготехнологических подсистем, рассмотрения возможностей повышения энергоэффективности по различным направлениям, а также путем классификации приоритетных для реализации мероприятий по окупаемости на мероприятия, не требующие затрат, краткосрочные и быстроокупаемые мероприятия (до 1 года), среднесрочные мероприятия, долгосрочные и высокозатратные мероприятия.

Для обеспечения качественной реализации плана мероприятий также должны быть разработаны механизмы управления и контроля реализации. Для повышения эффективности реализации плана мероприятий рекомендуется использование международных стандартов проектного управления [119].

#### **Документы и записи, требуемые МС ISO 50001:2011**

Организация должна установить и вести записи, необходимые для демонстрации соответствия СЭнМ требованиям МС ISO 50001:2011 и достигнутого уровня энергоэффективности, а также определить и выполнять управленческие меры, направленные на идентификацию, восстановление и

сохранение записей. Записи должны оставаться разборчивыми, идентифицируемыми и прослеживаемыми.

Документы и записи, прямое требование о наличии которых содержится в [16], приведены в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1

**Документы и записи, требуемые МС ISO 50001:2011**

| №  | Название документа   | Комментарий  |
|--|--|--|
| <b>Документы, прямо требуемые МС ISO 50001:2011</b>    |  |  |
| 1  | Документация процесса энергопланирования   | Энергопланирование согласовывается с энергополитикой, направляется на непрерывное улучшение уровня энергоэффективности и включает анализ деятельности организации, влияющей на уровень энергоэффективности.  |
| 2  | Документированные методология и критерии, используемые для энергоанализа             | При разработке энергоанализа организация должна проводить анализ характера использования и количества потребляемой энергии и определить области значимого использования энергии. Энергоанализ необходимо пересматривать с заданной периодичностью, а также в ответ на значительные изменения в системах и процессах.   |
| 3  | Документированная методология определения и пересмотра ИЭЭ                           | Разработка и внедрение в организации стандарта/регламента энергопланирования и энергоанализа, включающего в себя рассмотрение соответствующих положений.   |
| 4  | Документированное описание ключевых элементов СЭнМ и их взаимодействия друг с другом | Данное описание может быть включено в качестве раздела энергополитики организации или представлено в виде документированного руководства по энергоменеджменту, в которое включают детальное описание СЭнМ организации со ссылками на положения МС ISO 50001:2011.  |
| 5  | Процедура управления документами СЭнМ  | Организация должна установить, внедрить и поддерживать актуальной процедуру: <ul style="list-style-type: none"> <li>• для утверждения документов в части их адекватности до их издания;</li> <li>• периодического анализа и пересмотра документов по мере необходимости;</li> <li>• обеспечения того, что изменения и статус действующих версий документов определены;</li> <li>• обеспечения того, что соответствующие версии применимых документов доступны в местах использования;</li> <li>• обеспечения того, что документы остаются удобочитаемыми и их легко идентифицировать;</li> <li>• обеспечения того, что документы внешнего происхождения, определенные организацией как необходимые для планирования и функционирования СЭнМ, идентифицированы и их распространение находится под управлением;</li> <li>• предупреждения непреднамеренного использования устаревших документов и применения надлежащей идентификации таких документов для их использования в каких-либо целях.</li> </ul> |
| 6  | Документированные технические условия для закупок энергоресурсов                     | Организация должна определить и внедрить критерии оценки уровня энергоэффективности для планируемого или ожидаемого срока эксплуатации продукции, оборудования и сервисов, имеющих значительное влияние на уровень энергоэффективности организации, а также определить и документировать технические условия для закупок энергоресурсов, если это применимо.   |
| <b>Документы, косвенно требуемые МС ISO 50001:2011</b> |  |  |
| 1  | Документированный процесс замечаний и предложений по СЭнМ                            | Организация должна поддерживать связи с внутренними заинтересованными сторонами по части уровня энергоэффективности и СЭнМ. Любое лицо, работающее для или от имени организации, должно иметь возможность делать замечания и предлагать улучшения в СЭнМ.  |
| 2  | Критерии   | Организация должна идентифицировать и планировать выполнение основных  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | эффективности операций с учетом значимого использования энергии                                    | и вспомогательных операций, связанных со значимым использованием энергии, в соответствии с энергополитикой, целями, задачами и планами мероприятий, чтобы гарантировать, что операции выполняются в заданных условиях.   |
| <b>Записи, прямо требуемые МС ISO 50001:2011</b> |  |  |
| 1  | Записи по энергоанализу, включая записи по возможностям для улучшения уровня энергоэффективности   | В качестве соответствующих записей может применяться отчет по результатам проведения комплексного энергетического обследования.  |
| 2  | Энергетическая базовая линия   | На основе информации первичного энергоанализа организация должна установить энергетическую базовую линию, в сравнении с которой оцениваются изменения в уровне энергоэффективности. В [119] указаны причины, на основании которых проводится корректировка энергетической базовой линии.   |
| 3  | Записи по компетентности обучению и осведомленности персонала                                      | Организация должна гарантировать, чтобы любое лицо, работающее для или от имени организации, связанное со значимым использованием энергии, было компетентно на основе соответствующего образования, обучения, знаний и опыта, гарантировать осведомленность своих сотрудников в области энергоэффективности и энергоменеджмента, идентифицировать потребности персонала в обучении и обеспечить обучение или предпринять иные действия для удовлетворения этих потребностей, а также вести соответствующие записи.                                 |
| 4  | Решение по вопросу, будет ли организация поддерживать связи с внешними заинтересованными сторонами | Организация должна решить, будет ли она поддерживать связи с внешними заинтересованными сторонами в части, касающейся энергополитики, СЭнМ и уровня энергоэффективности. Решение должно быть документировано. Если принято положительное решение, организация должна установить и внедрить метод поддержания внешних связей.   |
| 5  | Записи по проектированию   | Организация должна учитывать возможности улучшения уровня энергоэффективности и операционный контроль в ходе проектирования новых, модернизации и реконструкции действующих установок, оборудования, систем и процессов. Результаты оценки уровня энергоэффективности и проектирования должны быть документированы в форме записей.  |
| 6  | Записи по результатам мониторинга и измерения ключевых характеристик                               | Ключевые характеристики операций, которые выполняются в организации и определяют ее уровень энергоэффективности, должны подвергаться мониторингу, измеряться и анализироваться в запланированные интервалы, что должно оформляться документами в форме записей.  |
| 7  | Записи о калибровке и других способах обеспечения точности энергетических измерений                | Организация должна определить и выполнять план энергетических измерений, соответствующий ее размеру, сложности, а также имеющемуся оборудованию для мониторинга и измерений. Организация должна определить и периодически анализировать потребности в измерениях; обеспечивать условия, чтобы оборудование, используемое для мониторинга и измерения ключевых характеристик, позволяло получать точные и воспроизводимые данные. Записи о калибровке и других способах обеспечения точности и воспроизводимости должны поддерживаться актуальными. |
| 8  | Записи по анализу соответствия законодательным и иным требованиям                                  | В заданные интервалы организация должна оценивать соответствие законодательным и иным требованиям, следовать которым организация согласилась добровольно, относящимся к характеру использования, количеству потребляемой энергии и энергоэффективности. Записи с результатами оценки соответствия должны поддерживаться актуальными.   |
| 9  | Записи по результатам внутренних аудитов СЭнМ  | В заданные интервалы организация должна выполнять внутренний аудит СЭнМ. Записи с результатами аудитов должны поддерживаться актуальными и представляться высшему руководству.   |
| 10   | Записи о корректирующих и предупреждающих действиях  | Организация должна предпринимать меры в связи с обнаружением существующих и потенциальных несоответствий, выполнять коррекцию, а также корректирующие и предупреждающие действия. Организация должна обеспечить все необходимые изменения СЭнМ.  |
| 11   | Записи по анализу СЭнМ со стороны высшего руководства  | В заданные интервалы высшее руководство должно анализировать СЭнМ для обеспечения ее постоянной пригодности, адекватности и результативности, поддерживая актуальность данных записей с результатами анализа.  |

## Документация СЭнМ организации, достаточная для построения результативно функционирующей СЭнМ

Для повышения эффективности СЭнМ кроме внедрения документации, прямо требуемой МС ISO 50001:2011, следует также разрабатывать дополнительную документацию, направленную на построение результативно функционирующей СЭнМ [114]. Среди такого рода документации СЭнМ хорошую практическую направленность и эффективность при внедрении [7-10, 26, 114, 119] демонстрируют документы, представленные в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2

## Документация СЭнМ организации, достаточная для построения результативно функционирующей СЭнМ

| № | Документ  | Назначение  |
|---|---|---|
| 1 | Положение о системе ИЭЭ   | <p>Данный документ должен содержать в себе инструментарию и механизмы для комплексного количественного определения уровня энергоэффективности организации и оценки технико-экономического состояния ее инфраструктуры.</p> <p>Методический подход к построению системы ИЭЭ организации в рамках Положения о системе ИЭЭ имеет следующую последовательность:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка иерархической системы ИЭЭ организации в соответствии с деревом энергоцелей и энергозадач (необходимое условие).</li> <li>• Выполнение достаточных условий при построении системы ИЭЭ.</li> <li>• Оценка соответствия системы ИЭЭ критериям эффективности.</li> <li>• Корректировка системы ИЭЭ на основе учета практических рекомендаций.</li> <li>• Анализ уровня энергоэффективности организации по количественным значениям ИЭЭ.</li> <li>• Оценка адекватности количественных значений ИЭЭ на следующий расчетный период.</li> </ul>  |
| 2 | Регламенты управления энергоэффективностью основных производственно-технологических процессов и сопутствующих им управленческих процессов, процессов развития и вспомогательных процессов | <p>Регламенты управления энергоэффективностью – это документированные процедуры, отражающие упорядоченную последовательность работ или шагов, преобразующих заданные ресурсы в заданный результат, ответственных исполнителей этих работ и соответствующий материальный и документооборот определенных процессов управления энергоэффективностью. Решение о составе регламентов процессов энергоменеджмента принимается каждой организацией самостоятельно.</p> <p>При формировании регламента фиксируются логистика процесса, порядок и результаты взаимодействия ответственных и участников, информационный и (при наличии) материальный обмен, ведущиеся в процессе записи, даются ссылки на энергополитику, энергоцели и задачи, приводятся применяемые ИЭЭ и инструменты мотивации, подробно описываются инструкции по принятию и исполнению решений в процессе.</p> <p>Один из основных критериев качества регламента – действительное и эффективное использование его для управления процессом СЭнМ и развития СЭнМ.</p> |
| 3 | Методики сравнительного анализа (бенчмаркинга)  | <p>Под сравнительным анализом (бенчмаркингом) понимается процесс, в ходе которого организация оценивает различные аспекты своей</p>   |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | <p>деятельности, сравнивая их с наилучшими практическими подходами, как правило, в пределах своей отрасли [119].</p> <p>В основе сравнительного анализа энергоэффективности лежат данные, собранные в организациях, и результаты анализа этих данных. На основе этих данных формируются ИЭЭ, которые могут использоваться организацией для оценки динамики результативности с течением времени, а также для сравнения с другими организациями отрасли.</p> <p>Бенчмаркинг может использоваться на уровне установки, группы организаций или установок, а также в рамках отраслевых ассоциаций. Кроме того, необходимым или полезным может быть сравнительный анализ отдельных производственных единиц, производственно-технологических процессов и систем.</p> <p>Периодичность проведения бенчмаркинга зависит от конкретной отрасли, но, как правило, такой анализ проводится не чаще чем раз в год или несколько лет, поскольку данные, лежащие в его основе, редко претерпевают существенные изменения за короткий промежуток времени.</p>  |
| 4 | <p>Технические требования и методики выбора оборудования, закупок, проектирования новых и модернизации/реконструкции существующих объектов с учетом критериев энергоэффективности</p> | <p>На этапе реконструкции существующих объектов или планирования строительства нового предприятия или установки целесообразно проводить оценку затрат, связанных с энергоиспользованием производственно-технологических процессов, оборудования и вспомогательных систем на протяжении всего срока службы объекта.</p> <p>Как показывает практика, в случае рассмотрения вопросов энергоэффективности на этапах планирования или проектирования нового объекта потенциал энергосбережения оказывается выше, а соответствующие инвестиции значительно ниже, чем при оптимизации энергоэффективности предприятия в процессе эксплуатации.</p> <p>Оценка реальных потребностей в энергии является важнейшим элементом энергоэффективного проектирования, позволяющим определить области, на которые будут направлены основные усилия в ходе последующих этапов планирования и проектирования.</p> <p>С методологией энергоэффективного проектирования связан максимальный потенциал энергоэффективности в промышленности. Она также создает возможности для применения энергоэффективных решений, внедрение которых на существующих предприятиях может оказаться невозможным. Во многих проектах достигаются объемы энергосбережения, составляющие 20–30% от общего энергоиспользования. Эти величины значительно превосходят то, что может быть достигнуто в результате реализации типовых, общедоступных мероприятий энергосбережения.</p> <p>В целом отношение совокупных социально-экономических выгод к издержкам при повышении энергоэффективности посредством энергоэффективного проектирования оказывается в 3–4 раза выше, чем в случае традиционного внедрения типовых, общедоступных мероприятий энергосбережения.</p> <p>Рекомендуется организовывать работу по энергоэффективному проектированию в несколько этапов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оценка данных по энергоиспользованию и определение приоритетных областей;</li> <li>• минимизация потребностей в энергии и применение НДТ;</li> <li>• вклад в выработку проектных решений, в том числе решения по системам контрольно-измерительных приборов и автоматики;</li> <li>• оценка требований к организации конкурентных процедур;</li> <li>• осуществление деятельности на этапе реализации проектов.</li> </ul> <p>Важно отметить, что деятельность по энергоэффективному проектированию во многих случаях носит междисциплинарный характер, и эксперт по энергетике должен не только располагать необходимыми техническими знаниями, но и иметь значительный опыт работы со сложными организациями и решением сложных технических проблем.</p> |
| 5 | <p>Инструкции по формированию и использованию баз знаний по</p>   | <p>Формирование базы знаний по энергоменеджменту может осуществляться в целях:</p>   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | энергоменеджменту  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• адаптации управленческих и технологических решений по вопросам энергоменеджмента, энергоэффективности, энергосбережения, разработанных в других организациях, к решению задач конкретной организации либо ее подразделения;</li> <li>• своевременного и оперативного информирования работников организации о новейших достижениях в области управленческих и технологических решений по вопросам энергоменеджмента, энергоэффективности, энергосбережения;</li> <li>• формирования информационной базы для организации и корректного проведения процедур бенчмаркинга по проблемным вопросам энергоменеджмента;</li> <li>• формирования информационной базы для разработки (коррекции) программ обучения работников организации в различных областях энергоменеджмента.</li> </ul> <p>По соответствующему запросу представитель организации может получить из базы знаний СЭнМ все организационные и технические решения в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, в том числе созданные на других предприятиях организации. Управление базой знаний СЭнМ организации, как правило, закрепляется за энергоменеджером организации (представителем руководства организации).</p>   |
| 6 | Инструкции по обоснованию внедрения энергоэффективных технологий и оборудования          | <p>Инструкции по внедрению энергоэффективного оборудования и технологий целесообразно разрабатывать для НДТ, имеющих возможность широкого применения в организации, отработанных в организации и доказавших свою эффективность.</p> <p>Основной целью создания и внедрения подобных инструкций является обеспечение оперативного внедрения в организации в однотипных системах, процессах, объектах и оборудовании указанных НДТ, в том числе стандартизации процесса обоснования для связи технических результатов применяемых решений с понятными финансово-экономическим подразделениям инвестиционными показателями.</p>  |
| 7 | Положение о специализированной системе мотивации персонала в области энергоэффективности | <p>Специализированная система мотивации энергоэффективности строится на базе системы ИЭЭ организации и включает в себя механизмы и инструменты, закрепляемые в положении:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Материальные механизмы и инструменты мотивации с описанием для каждого структурного подразделения, влияющего на энергетическую эффективность, применимых к оценке деятельности данного структурного подразделения ИЭЭ, критериев применимости, а также уровня влияния данных индикаторов на оплату труда.</li> <li>• Нематериальные и косвенно-материальные механизмы и инструменты мотивации с описанием для каждого структурного подразделения, влияющего на энергетическую эффективность, применимых нематериальных и косвенно-материальных механизмов и инструментов мотивации, их взаимосвязи с установленными ИЭЭ, а также критериев применимости механизмов и инструментов.</li> </ul> <p>При внедрении специализированных систем мотивации энергоэффективности рекомендуются к использованию практические подходы, продемонстрировавшие высокую эффективность в применении:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мотивация осуществляется только за достигнутый результат (снижение энергоиспользования), а не за процесс.</li> <li>• Стимулируются не только работники непосредственно ответственного за систему, объект или процесс подразделения, но и все вовлеченные во внедрение мероприятий. В частности, должны стимулироваться работники, разработавшие методики и обосновавшие выбор энергоэффективного оборудования; лица, принявшие решение о покупке; лица, закупившие именно необходимое оборудование; лица, смонтировавшие оборудование, и, наконец, лица, эксплуатирующие его.</li> <li>• Стимулируются не только конкретные работники, но и их руководители.</li> <li>• Премияльный фонд не должен быть меньше 50–60 % от достигнутой экономии энергии в финансовом выражении.</li> </ul> |

|   |                                  |  |
|---|----------------------------------|--|
|   |                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Все работы по мотивации должны быть публичными (вывешивание приказов, информация на совещаниях и собраниях и т.д.).</li> <li>Эффективность системы мотивации персонала в области энергоэффективности значительно выше, если культура энергоменеджмента тесно интегрирована в организационную культуру организации. Соответствующей интеграции способствуют обучение персонала и интенсификация информационного обмена в области энергоменеджмента.</li> <li>Обучение персонала может включать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• программы высшего и профессионального образования;</li> <li>• специализированное обучение, связанное с конкретными навыками и областями деятельности, в том числе профессиональными, управленческими и техническими;</li> <li>• постоянное развитие в области энергоменеджмента – проблематика энергоэффективности должна быть понятна всему управленческому персоналу, а не только специально назначенным менеджерам.</li> </ul> </li> </ul>   |
| 8 | Стандарт внутреннего аудита СЭнМ | <p>Механизм внутреннего аудита (при вовлечении в процесс наиболее компетентных специалистов организации) позволяет создать основу для обратной связи и непрерывного повышения эффективности функционирования СЭнМ.</p> <p>При этом важно осуществлять разделение методов и подхода к аудиту СЭнМ в сравнении с внутренним аудитом других систем менеджмента.</p> <p>В целом для организации процедуры внутреннего аудита СЭнМ рекомендуется использование МС ISO 19001:2011 «Guidance for auditing management systems» («Руководство по аудиту систем менеджмента»).</p> <p>Внутренний аудит СЭнМ может быть плановым, внеплановым и дополнительным.</p> <p>Внутренний аудит СЭнМ проводится с целью (не ограничиваясь):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проверки выполнения нормативно-методических документов СЭнМ организации;</li> <li>• проверки реализации потенциала повышения энергоэффективности в различных областях, выполнения планов мероприятий СЭнМ и статуса достижения энергоцелей и решения задач;</li> <li>• проверки соответствия функционирующей СЭнМ запланированным изменениям в системах, объектах, оборудовании и процессах организации;</li> <li>• проверки соответствия функционирующей СЭнМ требованиям МС ISO 50001:2011 и другим дополнительным требованиям к СЭнМ, установленным в организации;</li> <li>• проверки энергоэффективности производственно-технологических процессов и оценки потенциала повышения энергоэффективности в различных разрезах;</li> <li>• проверки эффективности и результативности внедрения СЭнМ и ее поддержания в рабочем состоянии;</li> <li>• определения путей улучшения процессов СЭнМ (определение приоритетов и возможностей для повышения энергоэффективности, в том числе с использованием возобновляемых или альтернативных источников энергии, где это возможно);</li> <li>• проверки результативности и эффективности корректирующих и/или предупреждающих действий;</li> <li>• определения текущей производительности и эффективности установок, оборудования, систем и процессов с выявлением мест значительного использования энергии;</li> <li>• проверки ведения документации по СЭнМ.</li> </ul> <p>При этом работник подразделения не имеет права проводить внутренний аудит в своем подразделении. К внутреннему аудиту допускаются специально подготовленные сотрудники, которые могут иметь различный статус: аудитор-стажер, аудитор и руководитель группы аудиторов.</p> <p>В общем случае процедура внутреннего аудита СЭнМ включает следующие этапы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Планирование и организация внутреннего аудита СЭнМ.</li> </ul> |

|    |  |   |
|----|--|---|
|    |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка программы внутреннего аудита СЭнМ.</li> <li>• Стартовое совещание.</li> <li>• Проведение внутреннего аудита СЭнМ.</li> <li>• Заключительное совещание.</li> <li>• Оформление результатов внутреннего аудита СЭнМ.</li> <li>• Рассылка отчета по внутреннему аудиту СЭнМ, оценка аудиторов-стажеров.</li> <li>• Разработка корректирующих действий в области СЭнМ, подготовка отзывов о работе руководителя группы аудиторов.</li> <li>• Проверка необходимости дополнительного внутреннего аудита СЭнМ.</li> <li>• Хранение отчетов по внутреннему аудиту СЭнМ, оценка работы руководителя группы аудиторов на основании представленных отзывов.</li> <li>• Согласование даты дополнительного внутреннего аудита СЭнМ (при необходимости).</li> </ul> |
| 9  | Процедура анализа СЭнМ со стороны высшего руководства  | <p>Одной из основных задач высшего руководства организации в области СЭнМ является регулярная систематическая оценка пригодности, адекватности, результативности и эффективности СЭнМ по отношению к энергетической политике, энергоцелям и задачам.</p> <p>Целью анализа СЭнМ со стороны высшего руководства является формирование и организация исполнения в требуемые сроки мероприятий по совершенствованию СЭнМ, повышению энергоэффективности и энергосбережению, основанных на общей оценке функционирования СЭнМ.</p>   |
| 10 | Методики оценки и реализации потенциала экономии энергии для различных направлений энергоиспользования и энерготехнологических подсистем (10.1), финансово-экономические модели обоснования инвестиционных решений по энергосбережению (10.2) и методики выбора технологических объектов и оборудования для первоочередной замены и модернизации (10.3) были подробно описаны авторами в [38, 108, 119]. |   |

Стоит отметить, что внедрение документации, достаточной для построения результативной СЭнМ, более трудоемкий с точки зрения затрачиваемых ресурсов и времени процесс, чем внедрение документации, необходимой для сертификации СЭнМ согласно требованиям МС ISO 50001:2011. Ориентировочно можно считать, что трудоемкость создания документов из первого перечня в 10 раз больше, чем из второго [119].

Таким образом, в данном подразделе были проанализированы основные положения и требования МС ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» к СЭнМ организаций, определены необходимые и достаточные условия для построения результативно функционирующей СЭнМ организации, представлены и рассмотрены документы и записи, формирующие перечень документации, внедрение которой требуется МС ISO 50001:2011 для построения СЭнМ (прямо и косвенно), и перечень дополнительной документации, внедрение которой обеспечивает результативность и эффективность СЭнМ организации.



## **2.4. КОМПЛЕКСНЫЙ АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНО ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА УСТОЙЧИВО РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

Как было показано в предыдущих подразделах наиболее перспективным, эффективным и зарекомендовавшим себя на практике [109, 118] подходом к комплексному решению данной задачи является построение и внедрение в практику управления организацией СЭнМ на базе МС ISO 50001:201.

Таким образом, важной задачей является разработка универсального алгоритма проектирования и внедрения результативно функционирующей СЭнМ, направленной на обеспечение УР организации [113]. Реализация этого алгоритма и последующее функционирование СЭнМ должны основываться на 10 базовых принципах энергоменеджмента, сформулированных и подробно рассмотренных авторами в [112, 115, 119].

### **Комплексный алгоритм проектирования и внедрения СЭнМ**

На базе имеющегося проектного и научного опытов [113, 118] можно рекомендовать следующий комплексный алгоритм проектирования и внедрения СЭнМ на основе МС ISO 50001:2011.

**1. Первый этап** – проведение диагностического энергоанализа (в РФ он может проводиться на основании [202] и [163]) и аудита действующих механизмов энергоменеджмента организации, формирование энергетического профиля организации.

Сформированный энергопрофиль организации включает в себя энергетические паспорта объектов (на здания, технологические объекты, крупные объекты инфраструктуры каждого из филиалов организации, производственные и иные филиалы организации, организацию в целом) и отражает базовое энергоиспользование с оценкой существующих источников энергии, потенциального использования энергии в будущем, оценку потенциала экономии энергии с закреплением возможностей и приоритетов повышения энергоэффективности.

Данные анализ и аудит должны включать:

- Анализ организационной структуры СЭнМ: иерархии, распределения полномочий и ответственности, цели и задачи энергетических служб организации, их взаимосвязь и взаимодействие с другими функциональными подразделениями;

- Аналитическое исследование инженерно-энергетической инфраструктуры организации:

- анализ основной технологической структуры (структуры технологических цепочек): ключевых производственно-технологических процессов и связанных с ними процессов развития, вспомогательных и управленческих процессов, а также их иерархии, энергетических характеристик процессов;

- анализ достаточности и эффективности технических и организационных (по части документооборота) систем и средств учета энергии и физических параметров;

- анализ систем энергообеспечения по видам потребляемых ресурсов с идентификацией наиболее приоритетных и энергоемких;

- динамический анализ структуры энергопотребления по каждому виду ресурсов в натуральном и финансовом выражениях (в том числе с определением всех видов потерь и составлением балансов);

- оценка технического состояния объектов инфраструктуры и энерготехнологического оборудования с точки зрения экологии, износа, эффективности эксплуатации, надежности и эффективности энергоиспользования;

- анализ внутриорганизационного взаимодействия и взаимодействия с внешней средой, оценка влияния данных факторов на эффективность функционирования организации (например, взаимоотношения между инженерными и обеспечивающими подразделениями внутри организации; договорные и иные взаимоотношения организации с энергопоставщиками, субабонентами, регулирующими органами и т.д.).

- Анализ информационной структуры СЭнМ: системы обмена информацией, полноты/ недостаточности/ избыточности информации для целей управления, состояния документационного обеспечения СЭнМ.

- Анализ текущей реализации функций управления, относящихся к области энергоменеджмента: планирование и бюджетирование, организация и координация, мотивация и стимулирование, контроль, учет и формирование отчетности.

- Анализ существующей документации на предмет ее применимости в качестве документации СЭнМ, а также необходимости ее адаптации, пересмотра и совершенствования (корректировки) с учетом требований МС ISO 50001:2011.

- Анализ отчетов по исполнению программ энергоэффективности и энергосбережения организации, результатов проведенных и проводимых энергообследований (энергоаудитов), результатов проведенных предупреждающих и корректирующих действий (планово-предупредительных работ, технических обслуживаний, ремонтов и т.д.), результатов проведенных семинаров в области энергосбережения, динамики показателей энергоэффективности.

- Анкетирование ключевых сотрудников, задействованных в процессах энергетического менеджмента, проведение диагностических интервью с руководителями и специалистами, задействованными в процессах энергоменеджмента, и анализ проведенных мероприятий.

- Изучение примеров решения организацией задач в области энергоменеджмента.

- Анализ содержания и практики применения зафиксированных управленческих и технологических решений в отношении энергоменеджмента, повышения уровня энергоэффективности и энергосбережения в системах, процессах, объектах и оборудовании организации.

- Анализ и оценка влияния процессов энергоиспользования на устойчивое развитие организации (экологические, социальные и финансовые факторы).

**2. Второй этап** – разработка и утверждение энергетической политики (публичной и внутрикорпоративной), энергоцелей и задач организации и ее отдельных подразделений на основе объективных выводов энергоанализа и аудита.

**3. Третий этап** – разработка долгосрочного плана мероприятий по энергоменеджменту, структурированного по срокам, объемам инвестиций, дисконтированным показателям эффективности реализации инвестиционных проектов, ответственным исполнителям. При мониторинге выполнения данных мероприятий должны фиксироваться отклонения от изначально определенных показателей, выявляться причины данных отклонений и вводиться корректирующие действия.

**4. Четвертый этап** – формирование целевой модели СЭнМ, в том числе:

- Определение структуры и иерархии процессов энергоменеджмента.
- Определение нормативных документов и правил, регламентирующих реализацию каждого из процессов.

- Определение перечня входных, перерабатываемых и выходных ресурсов (полезных, побочных и вредных) для каждого процесса.

- Фиксация владельцев и участников процессов энергоменеджмента, а также их ответственности в рамках процессов.

- Определение рационального порядка (метода) взаимодействия процессов энергоменеджмента с другими процессами организации.

- Учет существенных взаимосвязей и взаимодействия процессов энергоменеджмента и производственно-технологических процессов, а также связанных с ними процессов развития, вспомогательных и управленческих процессов организации.

**5. Пятый этап** – определение технических и организационных требований к системам учета энергии и физических параметров и создание

системы ИЭЭ в соответствии с энергетической политикой, энергоцелями и задачами, целевой моделью СЭнМ.

Из совокупности данных ИЭЭ в дальнейшем формируется интегральный индекс энергоэффективности, отражающий общую рациональность использования энергоресурсов организацией. Этот индикатор, в свою очередь, вместе с остальными индикаторами (подраздел 2.1) формирует интегральный индекс УР организации.

**6. Шестой этап** – создание центров полномочий и ответственности по СЭнМ в согласовании с принятой целевой моделью СЭнМ. Это может быть комиссия по энергоменеджменту в корпоративном центре организации и/или рабочие группы по энергоэффективности на предприятиях организации.

Функции центра полномочий и ответственности по СЭнМ могут быть также возложены на профильное подразделение, занимающееся вопросами энергосбережения и повышения энергоэффективности организации.

**7. Седьмой этап** – разработка внутренней нормативной и методической баз энергоменеджмента.

Внутренняя нормативная база энергоменеджмента включает в себя необходимую МС ISO 50001:2011 документацию и дополнительную (достаточную) документацию, направленную на повышение эффективности СЭнМ.

Методическая база энергоменеджмента может включать в себя:

- Методики определения и реализации потенциалов экономии энергии в различных системах, комплексах, процессах, оборудовании.
- Методики выбора технологических объектов и оборудования для первоочередной замены и модернизации.
- Методики проектирования объектов с учетом энергоэффективности; методики выбора и закупки оборудования с учетом критериев энергоэффективности и др.

**8. Восьмой этап** – создание специализированной системы мотивации организации в области энергоэффективности с соответствующими

механизмами, инструментами, закрепленными в документальным образом в положении.

**9. Девятый этап** (завершение реализации этапов по разработке нормативной и методической базы энергоменеджмента) – определение требований к информационной подсистеме СЭнМ, включающих:

- Разработку требований к минимальному уровню учета энергии и ресурсов, к организации автоматизированных рабочих мест энергоменеджеров с учетом существующей системы учета, анализа и отчетности.

- Разработку технических требований для формирования информационной подсистемы СЭнМ для расчета и анализа ИЭЭ, оценки эффективности и прогнозирования энергоиспользования, автоматизированного формирования отчетности и принятия решений по энергоменеджменту, формирования информационной базы данных по энергоменеджменту.

**10. Десятый этап** – разработка плана перехода к целевой СЭнМ для обеспечения планомерного и управляемого перехода к ней. Для этого выполняются:

- Разработка организационно-технических мероприятий по переходу деятельности организации к целевой модели СЭнМ, построенной на базе МС ISO 50001:2011.

- Определение последовательности выполнения мероприятий.

- Определение сроков выполнения и ответственных за выполнение мероприятий.

- Определение требуемых к получению результатов мероприятий.

- Определение процедур контроля реализации мероприятий, а также промежуточных контрольных точек.

**11. Одиннадцатый этап** – внедрение целевой СЭнМ в соответствии с разработанным планом перехода: реализация организационно-технических мероприятий, управление внедрением СЭнМ, внесение изменений в документацию организации.

**12. Двенадцатый этап** – развитие компетенций персонала, включающее обучение профильных и заинтересованных специалистов современным методам энергоменеджмента, их применению с учетом специфики деятельности организации, а также обучение практическим аспектам применения новой нормативной и методической базы энергоменеджмента в рамках внедрения целевой СЭнМ.

**13. Тринадцатый этап** – осуществление комплекса первичных внутренних аудитов СЭнМ с последующим анализом СЭнМ со стороны высшего руководства на базе внедренных в организации механизмов после построения СЭнМ.

**14. Четырнадцатый этап** – подготовка комплексной программы на срок 3–5 лет по повышению уровня энергоэффективности, энергосбережению, оптимизации СЭнМ во взаимосвязи с программой развития производства и инфраструктуры организации по результатам внутренних аудитов.

**15. Пятнадцатый этап** – проведение предсертификационного аудита для организаций, намеревающихся осуществить подтверждение своих компетенций по МС ISO 50001:2011.

**16. Шестнадцатый этап** – проведение сертификации СЭнМ (процедура подтверждения соответствия СЭнМ организации требованиям МС ISO 50001:2011).

**17. Семнадцатый этап** – регулярный анализ эффективности результативно функционирующей СЭнМ, разработка механизмов по обеспечению постоянного улучшения и совершенствования ее функционирования.

**18. Восемнадцатый этап** – интеграция СЭнМ в систему управления организацией.

**19. Девятнадцатый этап** – оценка, анализ и прогнозирование УР организации (см. подраздел 2.1) до и после внедрения результативной СЭнМ, определение корреляции интегрального ИЭЭ с индексом УР организации и иными индикаторами, входящими в показатель *ISD*.

### **Процедура сертификации СЭнМ согласно требованиям**

На шестнадцатом этапе осуществляется выбор и привлечение сертифицирующего органа, прохождение сертификационного аудита и получение (в случае успешного прохождения сертификационного аудита) сертификата соответствия СЭнМ организации требованиям ISO 50001:2011.

Среди наиболее известных международных сертифицирующих органов по МС ISO 50001:2011 можно отметить AFNOR (Франция), TUV Thuringen (Германия), DNV (Норвегия) и BSI (Великобритания).

Решение о целесообразности и необходимости прохождения сертификации СЭнМ организации на соответствие МС ISO 50001:2011 принимается каждой организацией самостоятельно.

Тем не менее, можно отметить следующие преимущества сертификации СЭнМ:

- Формальное подтверждение эффективности действующей СЭнМ со стороны внешней авторитетной организации.
- Дополнительная возможность определить точки реализации имеющегося потенциала (ряд сертификационных органов, помимо выводов о соответствии СЭнМ требованиям МС ISO 50001:2011, дает заключения и рекомендации по развитию СЭнМ).
- Доказательство эффективности СЭнМ для демонстрации государственным органам, акционерам, инвесторам, персоналу и контрагентам (в частности, наличие сертификата соответствия СЭнМ требованиям ISO 50001:2011 – способ демонстрации эффективности деятельности по реализации государственной политики в области энергоэффективности применительно к конкретной организации).
- Положительное влияние на стоимость организации за счет более высоких оценок рейтинговых агентств и инвестиционных аналитиков (международные холдинги, как правило, выбирают авторитетный международный центр в качестве сертификационного органа для



положительного влияния на имидж и инвестиционную привлекательность [как следствие – котировки акций]).

- Подтверждение компетенций при работе на зарубежном рынке (Европа, США, Азия), готовность к аудиту третьей стороны (большинство крупных заказчиков из стран ЕС проводит аудит систем менеджмента своих российских поставщиков, что соответствует требованиям законодательства ЕС).

- Возможность сопоставлять эффективность своей деятельности с эффективностью других сертифицированных организаций (ряд международных сертификационных органов ведет рейтинги глубины внедрения и эффективности систем менеджмента).

Решение о готовности организации к процедуре сертификации СЭнМ может быть принято с использованием специализированных опросных форм и анкет самооценки, а также (что более эффективно) с привлечением консультационной поддержки экспертной организации.

Процедура сертификации СЭнМ во многом похожа на процедуру внутреннего аудита СЭнМ (вместе с тем данная процедура проводится внешним органом) и включает следующие шаги:

- Оформление и подача заявки для сертификации в выбранный орган по сертификации.

- Заключение договора на сертификацию.

- подача организацией учредительной и внутренней документации (в том числе документации СЭнМ) в сертификационный орган. Проверка документов СЭнМ на предмет соответствия требованиям МС ISO 50001:2011.

- Планирование предварительного аудита СЭнМ сертификационным органом.

- Предварительный аудит СЭнМ сертификационным органом.

- Исправление ошибок организацией-заявителем, выявленных по результатам предварительного аудита.

- Планирование сертификационного аудита СЭнМ сертификационным органом.

- Сертификационный аудит СЭнМ.

- Составление отчета группой аудита сертификационного аудита.

- Организация-заявитель исправляет ошибки, выявленные в ходе сертификационного аудита СЭнМ.

- Принятие сертификационным органом решения о выдаче сертификата и непосредственно выдача сертификата соответствия СЭнМ организации требованиям МС ISO 50001:2011 (в случае положительного решения).

По итогам успешного прохождения сертификации СЭнМ организация получает сертификат соответствия (как правило, сроком на 3 года в одном или нескольких экземплярах на русском и/или иностранных языках, его действительность подтверждается прохождением ежегодного надзорного аудита) и разрешение на применение знака соответствия.

Необходимо отметить, что на практике проектирование и внедрение СЭнМ является длительным (со средней продолжительностью 1,5 года) и нелинейный процессом. Эффективное решение задач на последующих этапах может потребовать возврата к предыдущим этапам и внесения изменений в их результаты. Особенно это характерно для этапов 1–7.

Процессу построения СЭнМ свойственны все черты процесса организационных изменений, согласно методике менеджмента организационных изменений степень принятия и распространения изменений повышается в существенной мере после получения первых положительных результатов.

Для этого при внедрении СЭнМ может быть использована методика быстрого получения заметных положительных эффектов изменения, которых относительно легко достичь. На основе имеющегося проектного опыта рекомендуются следующие направления реализации плана «быстрых побед»:

- Отбор и оперативное внедрение комплекса малозатратных и/или быстрокупаемых НДТ.

- Реализация демонстрационного проекта по информационной подсистеме СЭнМ (энергомониторингу и энергоанализу в режиме реального времени) на пилотном объекте/объектах, например, в центральном офисе организации.

- Акцентирование высшим менеджментом необходимости соблюдения критериев энергоэффективности в ежедневной деятельности.

- Поиск, отбор и запуск перспективных средне- и долгосрочных пилотных проектов по повышению энергоэффективности с отличными показателями инвестиционной привлекательности с первых же этапов проектирования и внедрения СЭнМ.

- Организация и проведение первого 1–2-дневного мастер-класса/семинара по общей концепции и принципам современных СЭнМ с учетом специфики организации, в том числе для вовлечения персонала в работу по развитию СЭнМ.

- Организация и проведение внутреннего совещания-конференции с участием представителей различных структурных подразделений организации по текущему статусу и перспективам развития СЭнМ.

СЭнМ может быть спроектирована и внедрена:

- «С нуля» согласно требованиям МС ISO 50001:2011.

- На базе существующей системы менеджмента (например, на основе СМК согласно требованиям МС ISO 9001:2008) или единой интегрированной системы менеджмента [208], при этом обязательная документация данных систем дополняется положениями, соответствующими требованиям МС ISO 50001:2011.

- В составе проектируемой единой интегрированной системы менеджмента [208].

Внедрение и последующее функционирование результативных СЭнМ является эффективным направлением по обеспечению УР организаций [118, 120, 208], что достигается за счет:

- Повышения интегрального уровня БУ организации в результате

модернизации инфраструктуры, повышения эффективности системы управления организацией и человеческими ресурсами [122].

- Улучшение массогабаритных показателей энерготехнологического оборудования.

- Снижение финансовых издержек за счет уменьшения энергопотребления и рационального использования ресурсов (в том числе и за счет оптимизации платежей, приобретения оборудования и т.д.).

- Повышение качества и безопасности труда сотрудников организации, обеспечение их вовлеченности и заинтересованности.

- Снижение уровня загрязненности окружающей среды за счет уменьшения оказания вредного воздействия на нее.

- Повышение качества информационного менеджмента и качества получения, преобразования, хранения и использования информации.

- Снижение уровня коррупции в деятельности организации.

- Оптимизация внутриорганизационных процессов и взаимодействия с внешней средой организации.

- Возможности интеграции СЭнМ с другими системами менеджмента и построения единой интегрированной системы менеджмента [208].

Применение предлагаемого авторами алгоритма позволяет включить в разрабатываемую СЭнМ все необходимые организационные механизмы, обеспечивающие ее эффективную работу. Благодаря использованию процессного и системного подходов алгоритм применим как к небольшим компаниям, так и к компаниям холдингового типа.

Теоретические положения, изложенные в данном подразделе, нашли широкое распространение в реализуемых проектах по построению СЭнМ в РФ. Так, при участии авторов для ТНК-ВР была спроектирована СЭнМ, результатом функционирования которой уже в 2011-ом году стала экономия ТЭР на сумму 90 млн. долларов (согласно данным РЭА [214]).

## **2.5. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ**

Как уже отмечалось в предшествующем подразделе, для создания эффективной и результативной СЭнМ в крупных организациях (в первую очередь в холдингового типа) недостаточно внедрять только требуемую МС ISO 50001:2011 документацию СЭнМ [121], потому что в этом случае процессы принятия и исполнения решений в области энергоменеджмента не обеспечиваются необходимой методико-фактологической базой, а также проявляются сложности интеграции построенной СЭнМ с общей системой управления организации [119]. Эти факторы оказывают негативное влияние на эффективность внедрения СЭнМ и ее дальнейшее функционирование [116].

Для разрешения отмеченных выше сложностей необходимо создание достаточных условий в виде внедрения дополнительной документации СЭнМ, прямо не требуемой МС ISO 50001:2011, но направленной на построение результативно функционирующей СЭнМ [119, 121]. Хорошую практическую направленность и эффективность при внедрении СЭнМ [4, 8, 118] демонстрируют документы, представленные и подробно рассмотренные авторами в предшествующем подразделе, а также в [121, 119].

Особого внимания из этих документов заслуживает методический документ «Положение о системе ИЭЭ» [116], содержащий в себе инструментарию и механизмы для комплексного количественного определения уровня энергоэффективности организации и оценки технико-экономического состояния ее инфраструктуры.

### **Методические указания по построению системы ИЭЭ организации в рамках Положения о системе ИЭЭ**

**1. Разработка иерархической системы ИЭЭ организации в соответствии с деревом энергоцелей и энергозадач (необходимое условие).** Для управления энергоэффективностью на основе системы ИЭЭ необходимо выстроить определенную иерархическую структуру ИЭЭ, охватывающих все

ключевые области СЭнМ организации. При этом ИЭЭ выстраиваются в иерархию по принципу, представленному в таблице 2.5.1.

Таблица 2.5.1

### Иерархический принцип представления ИЭЭ организации

| № | Название ИЭЭ   | Уровень иерархии организации | Декомпозиция  | Влияние на энергоцели |
|---|----------------|------------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Интегральный   | Организация                  | -   | Определяющее          |
| 2 | Стратегические | Верхний уровень              | Декомпозиция интегрального ИЭЭ  | Высокое               |
| 3 | Тактические    | Средний уровень              | Декомпозиции стратегических ИЭЭ или более высоких в иерархии тактических ИЭЭ            | Среднее               |
| 4 | Оперативные    | Нижний уровень               | Декомпозиции тактических ИЭЭ наиболее низкого уровня в иерархии тактических индикаторов | Низкое                |

Количество уровней детализации в иерархии ИЭЭ определяется тем фактом, что оперативные ИЭЭ должны обеспечивать однозначную привязку к оперативным энергозадачам (энергоцелям наиболее низкого уровня) в работе, осуществляемой сотрудниками организации, и позволять осуществить ее оценку. На практике в большинстве случаев [7, 8] достаточно формирования 3—4 уровней декомпозиции ИЭЭ.

Стратегические ИЭЭ соответственно могут быть использованы при принятии решений менеджерами наивысшего уровня в иерархии СЭнМ, тактические ИЭЭ — менеджментом среднего звена, оперативные ИЭЭ — оперативными управляющими.

Системно-иерархический подход к управлению СЭнМ на основе ИЭЭ позволяет осуществлять сбалансированный мониторинг и давать объективную оценку функционирования СЭнМ организации, а также реализовывать механизм принятия предупреждающих управленческих решений для предотвращения нежелательных отклонений, в частности, исполнения плана мероприятий по энергоменеджменту на всех уровнях управления организации.

Таким образом, при формировании иерархической структуры ИЭЭ организации применима методика, по которой структура ИЭЭ выстраивается в соответствии с деревом энергоцелей и энергозадач (рис. 2.5.1).

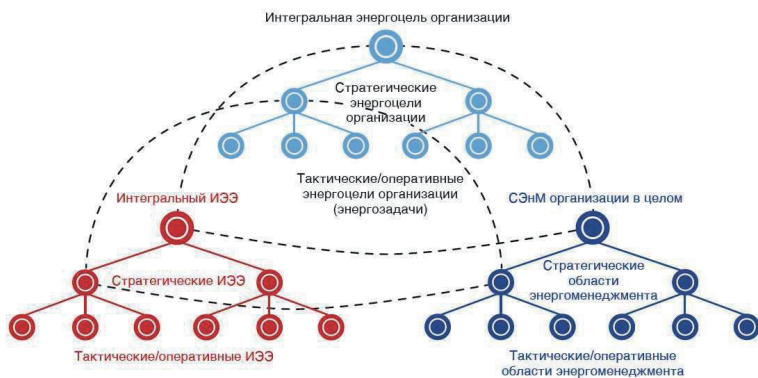


Рис. 2.5.1. Дерево энергоцелей и энергозадач и ИЭЭ организации [116]

Указанный подход к структурированию ИЭЭ упрощает формулирование и выбор ИЭЭ и гарантирует то, что каждой функциональной области энергоменеджмента будет поставлен в соответствие ИЭЭ, на основании анализа которого можно осуществлять управление.

Состав и структура ИЭЭ должны меняться и корректироваться с изменениями как внешней, так и внутренней среды организации. Для ИЭЭ необходимо устанавливать целевые (или контрольные) значения, базирующиеся на детальном исследовании и соответствующие установленным энергополитике, энергоцелям и энергозадачам.

Важной особенностью системы ИЭЭ является то, что она также может быть использована для оценки достижения энергоцелей и задач организации и анализа эффективности СЭНМ как в целом, так и в определенных функциональных областях и, как следствие, может быть взаимосвязана с системами планирования, контроля и мотивации в области энергоменеджмента.

## 2. Выполнение достаточных условий при построении системы ИЭЭ.

Недостаточно определить только структуру ИЭЭ организации, необходимо также выполнить достаточные условия построения эффективной системы ИЭЭ организации:

- обеспечить необходимые технические и организационные средства измерения, контроля и мониторинга параметров ИЭЭ;
- разработать методику измерения ИЭЭ, определяющую способ расчета каждого из них;
- определить состав необходимых для их расчета исходных данных;
- определить единицы измерения значений ИЭЭ (ИЭЭ организации могут выражаться в стоимостных, временных и других абсолютных единицах, удельных, относительных единицах, а также в случае необходимости в логических (булевых) единицах (таблица 2.5.2));
- определить диапазоны теоретически возможных значений показателей;
- определить периодичность расчета;
- определить способы, методы и критерии оценки уровня энергоэффективности организации на основе ИЭЭ;
- определить состав внутренних и внешних факторов, которые оказывают влияние на значение каждого из ИЭЭ;
- определить сотрудников, ответственных за построение и функционирование системы ИЭЭ организации, и уровень их компетенции и ответственности.

Таблица 2.5.2

### Подходы к измерению ИЭЭ организации

| № | Тип ИЭЭ       | Пример   |
|---|---------------|--|
| 1 | Абсолютный    | Абсолютное использование различных видов энергии (мощности) в системах, процессах, объектах и оборудовании в натуральных единицах (Гкал/ч, кВт·ч (кВт/кВА/кВар), м <sup>3</sup> газа и т.д.) и в финансовом выражении (рубли, доллары т.д.). |
|   |               | Время выполнения технологических операций и т.д. (с, мин, ч и т.д.).   |
|   |               | Количество агрегатов, аварийных остановов оборудования и т.д. (шт.).   |
| 2 | Относительный | Доля энергозатрат по системе, процессу, объекту и оборудованию в структуре себестоимости продукции, выполнения работ и оказания услуг (%).   |
| 3 | Удельный      | Расход энергии на единицу использованного сырья и материалов, на тонну промежуточной или итоговой произведенной продукции, на единицу выполненных работ или оказанных услуг и т.д.   |
| 4 | Логический    | Качественное выполнение требований, отсутствие того или иного события, дефекта, происшествия и т.д.  |



### 3. Оценка соответствия системы ИЭЭ критериям эффективности.

Необходимо, чтобы выстроенная и применяемая система ИЭЭ удовлетворяла критериям, представленным в таблице 2.5.3. В случае выявления несоответствия критериям, в разрабатываемую систему ИЭЭ вносится соответствующая коррекция. Оценка на соответствие критериям должна проводиться как при построении системы ИЭЭ организации, так и при ее функционировании.

Таблица 2.5.3

#### Критерии эффективности системы ИЭЭ организации [116]

| №  | Критерий               | Пояснение  |
|--|------------------------|--|
| <b>Критерии для формирования системы ИЭЭ</b>                               |                        |  |
| 1  | Комплексность          | Для каждой функциональной области СЭнМ должны быть выделены основные ИЭЭ, служащие ключевыми и непосредственно использующиеся при анализе и принятии решений, и дополнительные ИЭЭ, выполняющие вспомогательную и калибровочную функции и позволяющие получить более полную картину процесса.                                |
| 2  | Адаптивность           | ИЭЭ (в том числе способы их измерения и расчета) должны быть адаптируемы к внешним и внутренним условиям и регулярно актуализироваться в сторону повышения объективности всей СЭнМ.  |
| 3  | Ответственность        | Должны быть назначены лица, ответственные за все процессы построения системы ИЭЭ, ее функционирования и улучшения, а также определены соответствующие меры по стимулированию и мотивации данных лиц.   |
| <b>Критерии для получения исходных данных, необходимых для расчета ИЭЭ</b> |                        |  |
| 4  | Достаточность          | Организационно-технические способы, средства и системы учета и измерения энергоресурсов и физических параметров должны предоставлять энергоменеджеру все необходимые данные для последующих расчетов по используемым в организации методикам расчета с заданными уровнями достоверности, точности и устойчивости информации. |
| 5  | Актуальность           | Информация, содержащая данные об ИЭЭ, должна сохранять ценность в момент ее использования.   |
| 6  | Своевременность        | Информация, содержащая данные об ИЭЭ, должна фиксироваться, передаваться, использоваться и храниться не позже определенного момента времени.   |
| <b>Критерии для расчета ИЭЭ</b>  |                        |  |
| 7  | Научная обоснованность | Должны быть разработаны и использоваться корректные методики расчета ИЭЭ.  |
| 8  | Объективность          | При расчете ИЭЭ должны использоваться подтвержденные данные, позволяющие исключить возможность субъективной оценки.  |
| 9  | Простота               | Расчет ИЭЭ должен являться несложным и не должен занимать много времени у руководителей организации, управляющих СЭнМ.   |
| <b>Критерии для анализа уровня энергоэффективности организации</b>         |                        |  |
| 10   | Наглядность            | ИЭЭ должны быть легкодоступными и однозначными, чтобы обеспечить понятливость и простоту демонстрации состояния, оперативность выявления сбоя и реагирования на него в процессе.   |
| 11   | Сопоставимость         | Значения ИЭЭ должны использоваться для сравнения с контрольными значениями (целевыми) значениями, а также для сравнения в динамике.  |
| 12   | Адекватность           | ИЭЭ должны позволять объективно анализировать и оценивать текущий уровень энергоэффективности организации и прогнозировать его будущее состояние.  |

**4. Корректировка системы ИЭЭ на основе учета практических рекомендаций.** При построении системы ИЭЭ, позволяющей эффективно управлять СЭнМ, следует воспользоваться следующими практическими рекомендациями:

- ИЭЭ должны быть чувствительными к ключевым факторам, влияющим на энергоиспользование, и наилучшим образом отражать существенные изменения в работе;

- следует выбрать ИЭЭ, изменяющиеся в широком диапазоне;
- следует концентрироваться на измерении нескольких ключевых ИЭЭ и избегать излишних измерений (совокупное число ключевых стратегических ИЭЭ, охватывающих все области СЭнМ организации, на практике не должно превышать двадцати);

- основой для выработки ИЭЭ следует выбирать интересы клиентов (потребителей), акционеров, собственников, государственных органов и других ключевых заинтересованных сторон;

- ИЭЭ должны быть разработаны на всех организационных уровнях (от высшего руководства до рядовых сотрудников организации) и донесены до всех ответственных за них и связанных с ними сотрудников;

- в случае выбора нескольких ИЭЭ для одной функциональной области СЭнМ они должны быть ранжированы по степени убывания их относительной важности, приоритета и охвата функциональной области;

- несколько близких ИЭЭ может быть сгруппировано в единый интегральный ИЭЭ для предоставления достоверной обобщенной оценки в определенной функциональной области СЭнМ;

- должны быть соблюдены все необходимые требования к системам учета ТЭР и физических параметров с целью повышения точности и достоверности получаемой информации;

- текущие значения ИЭЭ целесообразно использовать для анализа на основе сравнений с:

- теоретически возможными (расчетно-нормативными) ИЭЭ, определяемыми в организации на основе достоверных и научно обоснованных источников;
- ИЭЭ других организаций (при наличии данных для сравнения);
- нормативными ИЭЭ, значения которых прописаны в соответствующих отраслевых документах;
- ИЭЭ, соответствующими лучшей мировой практике.
- ИЭЭ должны основываться на событиях прошлого, настоящего и будущего, чтобы представлять динамику изменения во времени.

**5. Анализ уровня энергоэффективности организации по количественным значениям ИЭЭ.** Определение уровня энергоэффективности организации осуществляется в соответствии с энергоцелями и задачами согласно системно-иерархическому принципу представления ИЭЭ.

В рамках этого анализа выявляются причинно-следственные связи текущей ситуации, фиксируются отклонения от заданных величин, идентифицируются слабые места организации в области энергоэффективности и т.д., что служит базой для последующей разработки рекомендаций корректирующих действий и планов мероприятий по энергоменеджменту.

Пример подхода к динамическому анализу ИЭЭ представлен в таблице 2.5.4 и на рис. 2.5.2.

Таблица 2.5.4

**Универсальная классификация ИЭЭ для динамического анализа энергоэффективности [116]**

| Сокращение                                    | Расшифровка                             | Пояснение   |
|---|---|---|
| ИЭЭ <sub>идр</sub>                            | Идеальный конечный результат для ИЭЭ    | Рассчитываются, обосновываются и утверждаются на основании методик по определению потенциалов экономии энергии/повышения энергоэффективности и периодически актуализируются (в зависимости от изменения тарифов, появления нового оборудования, состояния объектов и т.д.). |
| ИЭЭ <sub>эл</sub>                             | Экономически целесообразный уровень ИЭЭ |   |
| ИЭЭ <sub>бз</sub>                             | Базовое значение ИЭЭ                    |   |
| $K_{эфф} = \text{ИЭЭ}_{эл} / \text{ИЭЭ}_{бз}$ | Коэффициент энергоэффективности         | Является отношением ИЭЭ <sub>эл</sub> к текущему показателю энергоэффективности (ИЭЭ <sub>тз</sub> ), то есть показателем оценки работы в области энергоэффективности.  |

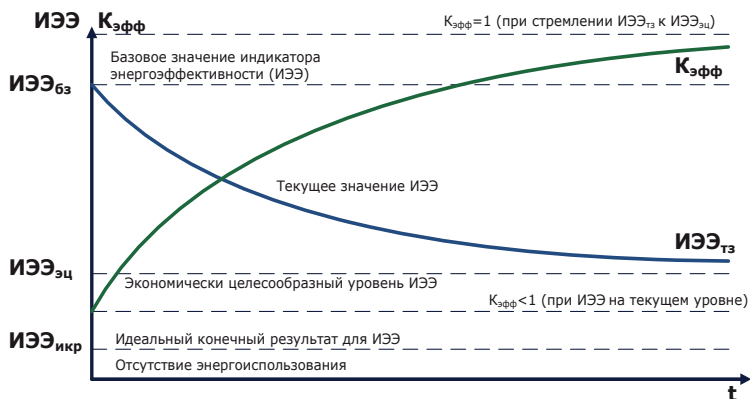


Рис. 2.5.2. Изменение значений ИЭЭ в течение времени [116]

**5. Анализ УР организации по количественным значениям интегрального ИЭЭ и остальным интегральным индикаторам.** В дальнейшем осуществляется определение показателя *ISD* организации согласно методике, описанной в подразделе 2.1 монографии. При этом также должна быть выполнена процедура определения влияния интегрального ИЭЭ и ИЭЭ более низкого иерархического уровня на иные интегральные индикаторы, а также на показатель *ISD* организации, выявлены их взаимосвязь и идентифицировано влияние друг на друга.

**6. Оценка адекватности количественных значений ИЭЭ на следующий расчетный период.** На основании объективной оценки со стороны ответственных лиц, менеджмента организации и внешних консультантов-экспертов (в том числе согласно пп. 1-4 методических указаний) рассматривается вопрос о необходимости внесения изменений, обновления и актуализации элементов и процессов системы ИЭЭ.

## **2.6. МЕТОДИКА ВЫБОРА ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ «ИНТЕГРАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ»**

Методика выбора ЭТО и входящие в нее математические и иные инструменты, алгоритмы и механизмы, являются важным методическим документом организации и должны входить в перечень документации, достаточной для построения результативно функционирующей СЭнМ (см. подразделы 2.3-2.5). Данная методика должна включать научно обоснованный и практически применимый алгоритм оценки эффективности внедрения ЭТО, который позволяет осуществлять его корректный выбор из ряда сравниваемых по интегральному критерию.

Для достоверного сравнения ЭТО необходимо применять многофакторную комплексную методику, позволяющую оценивать интегральное значение конкурентоспособности, которое включает в себя все технико-эксплуатационные, экономические и сервисные показатели конкурентоспособности, приведенные к единому знаменателю. Однако в большинстве случаев выбор конкретной конфигурации ЭТО носит субъективный характер и осуществляется на основе конъюнктурных или финансовых показателей (например, когда преимущество отдается проектам с минимальной первоначальной ценой без учета стоимости дальнейшей эксплуатации и иных расходов в течение всего ЖЦ системы), игнорирующих технические и эксплуатационные особенности ЭТО [108, 124]. Решения, принятые таким научно необоснованным методом, с высокой степенью вероятности могут быть неверными и в дальнейшем приводить к нерациональному расходу финансовых средств и/или серьезным технико-эксплуатационным проблемам, что может негативно повлиять не только на эффективность энергоснабжения организации, но и на ее функционирование в целом.

Так, например, одним из самых распространенных показателей при сравнении различных систем генерации или другого генерирующего

оборудования является показатель удельной стоимости установленной электрической мощности энергоустановки [108], определяемый по (2.6.1):

$$K_{уд} = C_{уст} / P_{уст} \quad (2.6.1), \text{ тыс. руб./кВт},$$

где  $C_{уст}$  (тыс. руб.) – стоимость энергоустановки в денежных единицах;

$P_{уст}$  (кВт) – установленная активная электрическая мощность.

Данный показатель, учитывающий только стоимость ЭТО на этапе его приобретения, отнесенную к его электрической мощности, малоинформативен и не достаточен для обоснованного принятия решения о конфигурации ЭТО [1] в связи с:

- учетом только первоначального этапа реализации проекта без оценки совокупной стоимости владения энергоустановкой в процессе его эксплуатации в будущем за весь ЖЦ;
- отсутствием учета сервисно-эксплуатационных показателей, репутации компании-производителя и качества оказываемых ими услуг на всех этапах жизненного цикла энергоустановки;
- отсутствием учета технологических и технических показателей и особенностей;
- отсутствием учета факторов внешней среды (география, климат и т.д.), влияющих на эффективность реализации проекта.

Таким образом, дать обоснованное правильное решение о целесообразности выбора того или иного ЭТО при технико-экономическом обосновании (ТЭО) на этапе параметрического синтеза (или оптимизации) [92] позволит системный анализ совокупности всех указанных выше факторов, влияющих на эффективность реализации проекта.

Помимо вышесказанного стоит отметить, что приведенный показатель ( $K_{уд}$ ) не учитывает то, что при эксплуатации ЭТО потребителями возможны различные режимы энергопотребления и технологического использования. Таким образом, для различных групп энергопотребителей с разным характером нагрузки и режимом энергопотребления, существует практическая потребность в научно обоснованной методике сравнения и выбора ЭТО,

которая будет учитывать совокупные затраты ЭТО за весь его жизненный цикл и его технический уровень, а также уровень обслуживания клиентов компанией-производителем с учетом общественного доверия и узнаваемости бренда на рынке. Только системный анализ совокупности данных критериев позволит дать обоснованное правильное решение о целесообразности выбора того или иного ЭТО [108].

Подобные методики существуют в энергоконсалтинговых, инжиниринговых компаниях и компаниях, занимающихся производством, распространением и сбытом ЭТО. Однако данные методики являются частью баз знаний этих компаний, которые в свою очередь являются основой для ведения бизнеса и получения прибыли, поэтому их владельцы прикладывают максимальные усилия для защиты своей интеллектуальной собственности и предотвращения их распространения в свободном доступе.

В данном подразделе предлагается и описывается авторская методика выбора ЭТО по критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности», основанная на системном анализе трех ключевых критериев конкурентоспособности ЭТО [108], формирующих в итоге интегральный уровень конкурентоспособности (*ILC*):

- Интегральный технический уровень энергооборудования (*ITL*);
- Интегральный финансовый уровень энергооборудования (*IFL*);
- Интегральный уровень обслуживания (сервиса) клиентов компаниями-производителями энергооборудования (*ISL*).

Показатель *ILC* ЭТО зависит от его эксплуатационных особенностей, поэтому при оценке основных критериев, приведенных выше, необходимо зафиксировать условия функционирования ЭТО, в рамках которых будет происходить процесс сравнения.

Алгоритм оценки *ILC* энергооборудования заключается в выполнении следующей последовательности действий:

**1. Определение исходных данных, допущений, условий эксплуатации, формирование групп энергопотребителей и экспертов.**

После возникновения потребности в приобретении и использовании ЭТО осуществляется поиск, сбор, обработка, анализ и представление исходной информации, в которой должны быть указаны приведены все необходимые показатели предприятия и отдельных технологических комплексов и объектов до реализации проекта. Энергетические и инженерные службы предприятия должны собрать всю актуальную информацию, произведя детальный анализ необходимых объектов и систем. Данный анализ осуществляется согласно существующей нормативно-правовой документации, отраслевым и государственным стандартам.

В качестве исходных данных может быть использована следующая информация:

- технико-экономические предложения по реализации проекта и паспортные данные компаний-производителей и поставщиков энергоблоков и иного оборудования, предполагаемого к использования в рамках проекта;
- собранная информация о реальных функционирующих объектах, в составе которых производится эксплуатация ЭТО;
- информация от аналитических и консалтинговых агентств, профильных организаций и ВУЗов, занимающихся вопросами выбранного типа ЭТО;
- сведения об экспертах, участвующих в экспертной оценке, и их компетенции, мнения экспертов в данной области исследования;
- необходимые данные, в том числе полученные по результатам энергоаудита или из документации СЭНМ, об инженерной и энергетической инфраструктуре предприятия;
- необходимые данные бухгалтерского учета и финансовой отчетности предприятия;
- расчет натуральной экономии ТЭР и иных положительных эффектов от внедрения энергоблока в структуру электрохозяйства предприятия;
- предполагаемые структура, график реализации и жизненный цикл (ЖЦ) проекта, способ привлечения финансовых средств, цены и их прогнозные значения индексов-дефляторов ежегодного роста цен на ТЭР и иную



продукцию, товары и услуги, макроэкономические показатели, иная параметрия инвестиционного проекта, формирующие финансовую модель инвестиционного проекта;

- структура затрат, которые сопровождают ЭТО в течение всего его ЖЦ;
- описание совокупности механизмов и инструментов, используемых для осуществления мониторинга положительного натурального и экономического эффектов от реализации проекта;
- и т.д.

ЛС ЭТО зависит от эксплуатационных особенностей энергопотребителей [55, 56], поэтому при оценке основных критериев, приведенных выше, необходимо задаться условиями функционирования ЭТО, при которых будет происходить процесс сравнения. Условия эксплуатации ЭТО определяются такими факторами как число часов использования ЭТО, изменение коэффициента загрузки, характер нагрузки и т.д.

## **2. Определение показателя ITL ЭТО на основе МАИ.**

Метод МАИ, относящийся к классу критериальных, основан на декомпозиции с использованием иерархий и синтеза путем нахождения отношений через суждения [173]. Суть данного метода заключается в разложении любого сложного явления на основные составляющие его части. Каждый из них имеет весомость или важность, выраженную в долях от целого так, чтобы сумма долей была равна этому целому. При этом количество критериев не имеет значения, важна лишь их сумма [124].

На основе данного подхода реализуются следующие подэтапы:

**2.1.** Выбор необходимых частных показателей конкурентоспособности (ПК), имеющих фиксированные значения и определяющихся внешними факторами, а также имеющих некоторые значения, отклонение от которых связано с какими-либо потерями или вообще не имеет смысла (конструктивное исполнение из условий прочности и т.д.).

**2.2.** Выбор достаточных частных ПК, которые могут быть неограниченно больше или меньше заданного норматива. Важно отметить, что для каждого

типа энергопотребителей весовые коэффициенты данных ПК будут отличаться.

Выбор достаточных частных ПК для оценки показателя *ITL* ЭТО может быть осуществлен на основе анализа соответствующей технической литературы [57, 76] и рекомендаций экспертной бригады.

**2.3.** Переход от абсолютных значений достаточных частных ПК к безразмерному относительному значению (ПК), которое осуществляется согласно (2.1.1):

$$\underline{\text{ПК}}_{nij} = (\text{ПК}_{nij} - \text{ПК}_{nMIN}) / (\text{ПК}_{nMAX} - \text{ПК}_{nMIN}), \text{ о.е.}$$

где  $\text{ПК}_{nij}$  – значение *i*-ого достаточного частного ПК *j*-ого ЭТО для *n*-ой группы энергопотребителей, выраженного в абсолютных единицах измерения,  $\text{ПК}_{nMIN}$  и  $\text{ПК}_{nMAX}$  – минимальное и максимальное значения достаточного частного ПК из ряда сравниваемых для *n*-ой группы энергопотребителей, выраженного в абсолютных единицах измерения.

**2.4.** Присвоение достаточным частным ПК соответствующих весовых коэффициентов (*v*) методом парного сравнения с точки зрения важности.

**2.4.1.** Выбор шкалы суждения. Значимость каждого критерия по отношению к сравниваемому оценивается при помощи балльной шкалы [124] в зависимости от предпочтения эксперта.

**2.4.2.** Опрос экспертов и заполнение матрицы попарных сравнений достаточных частных ПК для каждой из рассматриваемых категорий энергопотребителей.

Важным этапом в выбранной методике является процесс ранжирования достаточных частных ПК. Для качественного выполнения данного подэтапа работы помимо использования данных различных аналитических агентств, научной и технико-справочной литературы должна быть использована консультация высококвалифицированных экспертов в исследуемой области.

**2.4.3.** Вычисление строчных сумм и общей суммы таблицы и определение весов критериев путем деления строчных сумм на общую сумму таблицы (таблица 2.6.1).

Таблица 2.6.1

**Матрица попарно сравниваемых характеристик значимости**

|                 | ПК <sub>1</sub> | ПК <sub>2</sub> | ... | ПК <sub>i</sub> | ε <sub>i</sub>                  | v <sub>i</sub> =ε <sub>i</sub> /ε <sub>0</sub> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|---------------------------------|--|
| ПК <sub>1</sub> | 1               | 2               | ... | 3               | ε <sub>1</sub>                  | v <sub>1</sub>                                 |
| ПК <sub>2</sub> | 1/2             | 1               | ... | 4               | ε <sub>2</sub>                  | v <sub>2</sub>                                 |
| ...             | ...             | ...             | ... | ...             | ...                             | ...  |
| ПК <sub>i</sub> | 1/3             | 1/4             | ... | 1               | ε <sub>i</sub>                  | v <sub>i</sub>                                 |
|                 |                 |                 |     |                 | ε <sub>0</sub> =∑ε <sub>i</sub> |  |

где ПК<sub>*j*</sub> – показатель конкурентоспособности *j*-ого ЭТО;

ε<sub>*i*</sub> – суммарный вес каждого показателя;

v<sub>*i*</sub> – коэффициент значимости (весовой коэффициент).

**2.5. Определение комплексного показателя КПК (КПК) ЭТО в безразмерном виде для каждой группы энергопотребителей по (2.6.2):**

$$\text{КПК}_{nij} = \text{ПК}_{nij} \cdot v_{ni} \quad (2.6.2), \text{ о.е.,}$$

где  $\text{КПК}_{ij}$  – КПК *i*-го ПК *j*-ого ЭТО для *n*-ой группы энергопотребителей.

**2.6. Определение ИТЛ всех вариантов ЭТО для каждой группы энергопотребителей по (2.6.3):**

$$\text{ИТЛ}_{nj} = \sum \text{КПК}_{nji} \quad (2.6.3), \text{ о.е.,}$$

где  $\text{ИТЛ}_{nj}$  – интегральный показатель технического уровня рассматриваемого *j*-го ЭТО для каждой группы энергопотребителей.

Наилучшим ЭТО для *n*-ой группы энергопотребителей с технической точки зрения будет *j*-ое ЭТО с наименьшим показателем  $\text{ИТЛ}$ .

**3. Определение показателя ISL.**

Многие эксперты, оценивая конкурентоспособность, рассматривают лишь характеристики самого продукта, не обращая внимания на такие маркетинговые аспекты его реализации как:

- уровень сервисного и постпродажного обслуживания;
- уровень удовлетворенности клиентов;
- степень доверия и узнаваемости бренда;
- развитие компании в рамках национальной экономики;
- срок строительства и ввода в эксплуатацию;
- ремонтпригодность;
- интервалы между техническим обслуживанием (ТО);
- апробированность, доступность и импортозамещаемость технологии.

Для количественной оценки данного показателя ( $ISL_{ij}$ ) применяется тот же подход, что и в п. 2, но в отличие от показателя  $ITL$  данный показатель не зависит от типа энергопотребителя, так как он определяется концепцией рынка и сервисными особенностями ЭТО и компании-производителя.

#### **4. Определение показателя $IFL$ .**

Отлично зарекомендовавшей себя в практике инвестиционных расчетов для промышленности и энергетики является методика оценки инвестиций специализированного учреждения по промышленному развитию Организации Объединенных Наций – ЮНИДО [167, 168], на которой базируется предлагаемый в работе инструментарий по оценке  $IFL$ .

**4.1. Учет инфляции.** Необходимо проводить расчет всех денежных потоков в расчетных ценах, в которых учитывается влияние инфляции, в результате которой прогнозируемые масштабы затрат и доходов по годам расчетного периода растут в соответствии с принятыми темпами инфляции [167, 168]:

$$C_{pt} = \frac{C_{t-1} \cdot I_t}{1 + \alpha_{ин}} \quad (2.6.4), \text{ тыс. руб.},$$

где  $t$  – номер года реализации проекта,

$\alpha_{ин}$  – средний темп инфляции в  $t$ -ом году, о.е.,

$I_t$  – индекс инфляции в  $t$ -ом году,

$C_{t-1}$  – цена в году, предшествующему  $t$ -ому году,

$C_{pt}$  – прогнозная цена в  $t$ -ом году.

Прогнозные значения индексов-дефляторов ежегодного роста цен могут определяться по данным Агентства прогнозирования экономики, Министерства энергетики, Министерства экономического развития РФ и иных специализированных организаций [119].

**4.2. Определение нормы дисконтирования.** Важную роль в получении объективной оценки экономической эффективности инвестиционного проекта играет установление нормы дисконта в соответствии с правилами инвестиционного анализа. Величина нормы дисконтирования ( $i$ ) определяется

двумя факторами: ценой капитала и способом учета инфляции. Норма дисконта устанавливается в зависимости от того, какова экономическая природа используемого капитала и, соответственно, его цена.

Если финансирование проекта производится за счет нескольких источников финансирования, то в расчетах экономической эффективности используется средневзвешенное значение нормы дисконта ( $i_{cp}$ ) [167, 168]:

$$i_{cp} = \sum_{z=1}^Z i_z \cdot \alpha \quad (2.6.5), \text{ о.е.},$$

где  $i_z$  – цена  $z$ -го капитала,

$\alpha$  – доля этого капитала в общей сумме инвестиций.

Также для более точной оценки эффективности инвестиционного проекта может быть произведен учет рисков, который чаще всего осуществляется за счет добавление рисковой надбавки ( $\Delta i$ ) к средневзвешенному значению нормы дисконта [167, 168]:

$$i = i_{cp} + \Delta i \quad (2.6.6), \text{ о.е.}$$

Для инвестиционных вложений в такие технологические объекты как ЭТО рекомендуется использовать значение рисковой надбавки, равное 0,03-0,1 [167, 168].

**4.3. Определение совокупных дисконтированных затрат на реализацию проекта ( $DTCO$  – Discounted total cost of ownership)** [21, 22, 119, 130, 167, 168, 197].

Согласно [119] в общем виде показатель  $DTCO$  ЭТО складывается из затрат, связанных с приобретением ЭТО ( $C_{закупка}$ ), с вводом ЭТО в эксплуатацию ( $C_{ввод}$ ), эксплуатационных затрат ( $C_{эксплуатация}$ ), выплат процентов по кредитам ( $C_{кредит}$ ) и налоговых платежей ( $C_{налоги}$ ):

$$DTCO = C_{закупка} + C_{ввод} + C_{эксплуатация} + C_{кредит} + C_{налоги} \quad (2.6.7), \text{ тыс. руб.}$$

Ввиду необходимости оценки положительного эффекта от внедрения энергоэффективного ЭТО и технологий с учетом положений Постановления РФ от 17.06.2015 №600 (далее – Постановление №600 [158]) необходимо актуализировать переменную  $C_{эксплуатация}$  и учесть возможную экономию

финансовых средств за счет применения инвестиционного налогового кредита (ИНК) и ускоренной амортизации (УА) в переменных  $C_{\text{кредит}}$  и  $C_{\text{налоги}}$  соответственно. Более подробное рассмотрение данного нормативно-правового акта приведено в подразделе 3.1 монографии.

Оценка показателя  $DTCO$  осуществляется в текущих ценах, поэтому учитываемые при его расчете составляющие должны подвергаться операции дисконтирования [119] (за исключением налоговых и кредитных выплат) для чего перед расчетом осуществляется определение значения ставки дисконтирования  $i$ :

$$C = \sum_t^N \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (2.6.8), \text{ тыс. руб.}$$

где  $t$  – номер года, в котором возникают затраты (при этом для года, в котором осуществляется закупка системы  $t=0$ ),

$N$  – количество лет, входящих в период эксплуатации объекта организацией.

С учетом дисконтирования затраты, связанные с закупкой энергооборудования ( $C_{\text{закупка}}$ ), складываются из затрат на приобретение ( $C_{\text{приобрт}}$ ), на хранение ( $C_{\text{хранение}}$ ) и затрат на транспортировку ( $C_{\text{транспорт}}$ ) до места ввода в эксплуатацию:

$$C_{\text{закупка}} = \sum_{t=0}^N \frac{C_{\text{приобрт}} + C_{\text{хранение}} + C_{\text{транспорт}}}{(1+i)^t} \quad (2.6.9), \text{ тыс. руб.}$$

С учетом дисконтирования затраты, связанные с вводом в эксплуатацию ( $C_{\text{ввод}}$ ), складываются из затрат на проектно-изыскательные (ПИР) —  $C_{\text{ПИР}}$ , строительные-монтажные работы (СМР) –  $C_{\text{СМР}}$  и пуско-наладочные работы (ПНР) –  $C_{\text{ПНР}}$ :

$$C_{\text{ввод}} = \sum_{t=0}^N \frac{C_{\text{ПИР}} + C_{\text{СМР}} + C_{\text{ПНР}}}{(1+i)^t} \quad (2.6.10), \text{ тыс. руб.}$$

Если затраты на ПИР, СМР и ПНР включены в общую стоимость закупки, то эти затраты в составляющей формулы (2.6.7)  $C_{\text{ввод}}$  равны нулю.

С учетом дисконтирования затраты, связанные с эксплуатацией ( $C_{\text{эксплуатация}}$ ), складываются из затрат на приобретение ТЭР ( $C_{\text{ТЭР}}$ ), на

запчасти ( $C_{зчt}$ ), на расходные материалы ( $C_{рмt}$ ), затрат на ТО ( $C_{ТОt}$ ), текущий ( $C_{ТРt}$ ), средний ( $C_{СРt}$ ), капитальный ремонты ( $C_{КРt}$ ), на обучение и зарплату персоналу, связанному с эксплуатацией ЭТО ( $C_{персоналt}$ ), на вывод из эксплуатации ЭТО ( $C_{выводt}$ ):

$$C_{эксплуатация} = \sum_{t=0}^N \frac{C_{ТЭРt} + C_{зчt} + C_{рмt} + C_{ТОt} + C_{ТРt} + C_{СРt} + C_{КРt} + C_{персоналt} + C_{выводt}}{(1+i)^t} \quad (2.6.11), \text{ тыс. руб.}$$

В общем виде затраты, связанные с выводом из эксплуатации ЭТО, складываются из затрат на демонтаж ( $C_{демонтажt}$ ), затрат на работы по утилизации ( $C_{рабулт}$ ) за вычетом возможной выручки за ЭТО ( $C_{выручt}$ ) на вторичном рынке в  $t$ -ый год эксплуатации:

$$C_{выводt} = C_{демонтажt} + (C_{рабулт} - C_{выручt}) \quad (2.6.12), \text{ тыс. руб.}$$

В случае приобретения ЭТО в кредит кредитные выплаты за один календарный год ( $C_{кредитt}$ ) будут определяться по следующей формуле:

$$C_{кредитt} = \sum_{t=0}^{N_{кредит}} \left( \left[ \frac{C_{закупка}}{M} \right] [1 + k_{налог}] \right) 12 \cdot (t+1) \quad (2.6.13), \text{ тыс. руб.,}$$

где  $M$  – количество месяцев выплаты кредита за приобретение ЭТО (мес.);

$k_{налог}$  – кредитная ставка (о.е.);

$N_{кредит}$  – количество лет выплаты кредита (лет);

Как уже было сказано выше, при использовании энергоэффективного ЭТО из перечня Постановления №600 имеется возможным использовать ИНК, что позволяет снижать выплаты по кредитным займам:

$$C_{кредит}' = \sum_{t=0}^{N_{кредит}} \left( \left[ \frac{C_{закупка}}{M} \right] [1 + k_{налог}'] \right) 12 \cdot (t+1) \quad (2.6.14), \text{ тыс. руб.,}$$

где  $C_{кредит}'$  – кредитные выплаты при использовании ИНК (тыс. руб.);

$k_{налог}'$  – льготная кредитная ставка при использовании ИНК (о.е.).

Организации предоставляется возможность в течение определенного срока и в определенных пределах уменьшать платежи по налогу с последующей поэтапной уплатой суммы кредита и начисленных процентов. Уменьшение производится по каждому платежу соответствующего налога, по которому предоставлен ИНК, за каждый отчетный период до тех пор, пока

сумма, не уплаченная организацией в результате всех таких уменьшений (накопленная сумма кредита), не станет равной сумме кредита, предусмотренной соответствующим договором.

Положительный эффект от использования ИНК определяется следующим образом:

$$\Delta C_{\text{ИНК}} = C_{\text{кредит}} - C_{\text{кредит}}' \quad (2.6.15), \text{ тыс. руб.}$$

Налоговые выплаты ( $C_{\text{налоги}}$ ) формируются из выплаты налогов на прибыль ( $C_{\text{налог-прибыль}}$ ), имущество ( $C_{\text{налог-имущество}}$ ), социальных платежей ( $C_{\text{соц-платежи}}$ ) и экологических налогов ( $C_{\text{эког}}$ ), и определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{налоги}} = \sum_{t=0}^N C_{\text{налог-прибыль}} + C_{\text{налог-имущество}} + C_{\text{соц-платежи}} + C_{\text{эког}} \quad (2.6.16), \text{ тыс. руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений по способу уменьшаемого остатка заключается в определении амортизации исходя из остаточной (а не первоначальной) стоимости объекта. Списываемая на себестоимость величина амортизации за год уменьшается по мере эксплуатации:

$$C_{\text{налог-имущество}} = \sum_{t=0}^N k_{\text{ни}} \cdot C_{\text{приобр}} \cdot [1 - N_a \cdot (t+1)] \quad (2.6.17), \text{ тыс. руб.}$$

где  $k_{\text{ни}}$  – ставка налога на имущество (о.е.);

$N_a$  – норма амортизации (о.е.).

Как уже было сказано выше, при использовании энергоэффективного оборудования из перечня Постановления №600 норма амортизации увеличивается, что уменьшает налогооблагаемую базу и, соответственно, выплаты за налог на имущество:

$$C_{\text{налог-имущество}}' = \sum_{t=0}^N k_{\text{ни}} \cdot C_{\text{приобр}} \cdot [1 - k_{\text{УА}} \cdot N_a \cdot (t+1)] \quad (2.6.18), \text{ тыс. руб.}$$

$k_{\text{УА}}$  – коэффициент ускоренной амортизации, фиксируемый для оборудования и технологий из перечня Постановления №600 в НК РФ (о.е.).

Таким образом, положительный эффект от УА достигается за счет уменьшения налогооблагаемой базы:

$$\Delta C_{\text{УА}} = C_{\text{налог-имущество}} - C_{\text{налог-имущество}}' \quad (2.6.19), \text{ тыс. руб.}$$



При этом, как уже было сказано ранее, при вводе в эксплуатацию энергоэффективного ЭТО организация освобождается от уплаты налога на имущество в течение первых трех лет эксплуатации данного ЭТО.

По результатам расчета определяется лучший вариант из совокупности альтернативных, которому соответствует минимальное значение показателя  $DTCO$  по формуле (2.6.7). В случае если соотношения  $DTCO$  различных систем варьируются при оценках за различные периоды, то осуществляется выбор системы с наименьшим  $DTCO$  за наиболее вероятный период эксплуатации [119].

Стоит отметить, что формула (2.6.7) может быть интерпретирована не только в разрезе затрат, но и в разрезе времени, когда показатель  $DTCO$  оценивается за каждый год, а затем показатели каждого года суммируются согласно (2.6.20):

$$TCO = \sum_{t=0}^N TCO_t \quad (2.6.20), \text{ тыс. руб.}$$

Такой подход является в некоторых случаях (например, при оценке эффективности инвестиционных проектов в программе Microsoft Excel) более удобным при расчете показателя  $DTCO$ . При этом вне зависимости от представленных подходов в структурировании этого показателя (согласно (2.6.7) или согласно (2.6.20)) конечный результат должен быть одинаков.

Конкретное рассмотрение и расчет каждого члена формулы (2.6.7) приведены в [21, 197]. В данных работах производилась оценка показателя  $DTCO$  для силовых трансформаторов, систем электроснабжения и систем освещения. Стоит отметить, что для различных объектов (в зависимости от их типа, предназначения, специфики функционирования и т.д.) показатель  $DTCO$  может включать различные составляющие при оценке расходов, связанных с приобретением оборудования и вводом его в эксплуатацию, эксплуатацией, выплатой кредитов, налоговыми платежами, выводом из эксплуатации и утилизацией. Прежде, чем приступать к экономическим расчетам, необходимо в полной мере учесть техническую, эксплуатационную и иные специфики

конкретного типа оборудования и проекта в целом. Например, для силовых трансформаторов расходы на ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание будут составлять значительную строку затрат, что не наблюдается при эксплуатации систем освещения.

При этом в ранее произведенных расчетах не учитывались такие переменные как  $C_{\text{кредит}}$  (формула (2.6.7)),  $C_{\text{ТЭР}}$ ,  $C_{\text{зч}}$ ,  $C_{\text{рм}}$ ,  $C_{\text{персонал}}$  (формула (2.6.11)) и положения Постановления №600 и НК РФ, не оценивалась эффективность применения ИНК и УА при сравнении энергоэффективных и неэнергоэффективных ЭТО и технологий.

В некоторых случаях имеется целесообразным определить удельные совокупные дисконтированные затраты ( $DTCO_{\text{уд}}$ ) за  $t$ -ый год реализации проекта [119]:

$$DTCO_{\text{уд}} = \frac{DTCO_t}{V_t} \text{ (2.6.21), тыс. руб./ед.}$$

где  $V_t$  – объем выпускаемой продукции на предприятии за  $t$ -ый год.

**4.4. Определение экономии от реализации инвестиционного проекта в натуральном выражении** осуществляется индивидуально для каждого проекта, так как отдельно взятый проект может иметь различные способы получения прибыли. Определение экономии от реализации инвестиционного проекта в финансовом выражении осуществляется в результате умножения натуральных величин на соответствующий тариф (с учетом инфляции и дисконтирования) и учета иных финансовых выгод в течение всего ЖЦ.

**4.5. Оценка экономической эффективности.** В мировой практике для экономической оценки инвестиционных проектов используются рекомендации Всемирного Банка и методика ЮНИДО, методологической основой которых является моделирование денежных потоков, генерируемых проектом [119, 167, 168].

При использовании методов оценки экономической эффективности инвестиционного проекта с учетом фактора времени, как правило,

определяются следующие показатели (помимо показателей  $DTCO$  и  $DTCO_{уд}$ ) [167, 168]:

- $NPV$  (Net present value) – чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- $DPI$  (Discounted profitability index) – дисконтированный индекс прибыльности (ДИП);
- $IRR$  (Internal rate of return) – внутренняя норма доходности (ВНД);
- $DPP$  (Discounted Payback period) – дисконтируемый срок окупаемости.

Подробный анализ и специфика расчета данных общепринятых показателей приводится в [39, 49, 111, 119, 167, 168], поэтому в данной монографии не будут приводиться общеизвестные научному сообществу методики их определения.

В Приложении 5 представлено описание и характеристика всех показателей экономической эффективности инвестиционных проектов, приведенных в п. 4 методики.

Как видно из Приложения 5 любой из представленных показателей не может однозначно отразить всю специфику рассматриваемого инвестиционного проекта. К тому же при сравнении различных вариантов некоторые показатели могут дать достаточно противоречивые результаты. В связи с этим для обеспечения качества оценки экономической эффективности инвестиционных проектов необходимо использовать многокритериальные методы оценки [119, 167, 168, 173]. Таким образом, определение интегрального показателя  $IFL$  осуществляется согласно пп. 2.3-2.7 п. 2. Все показатели ( $DTCO$ ,  $NPV$ ,  $DPP$ ,  $DPI$ ,  $IRR$ ,  $DTCO_{уд}$ ) приводятся к безразмерному виду с определением коэффициентов значимости, а  $IFL$  рассчитывается для каждого  $j$ -ого ЭТО для каждой  $n$ -ой группы энергопотребителей по формуле (2.6.22):

$$IFL_{nj} = DTCO_{nj} \cdot f_{n1} + NPV_{nj} \cdot f_{n2} + DPP_{nj} \cdot f_{n3} + DPI_{nj} \cdot f_{n4} + IRR_{nj} \cdot f_{n5} + DTCO_{уд} \cdot f_{n6} \quad (2.6.22),$$
 о.е., где  $f_{n1}$ ,  $f_{n2}$ ,  $f_{n3}$ ,  $f_{n4}$ ,  $f_{n5}$ ,  $f_{n6}$  – весовые коэффициенты, соответствующие каждому своему безразмерному показателю ( $DTCO$ ,  $NPV$ ,  $DPP$ ,  $DPI$ ,  $IRR$ ,  $TCO_{уд}$ ), для определения  $IFL$   $j$ -ого ЭТО для  $n$ -ой группы энергопотребителей, которые находятся аналогично пп. 2.4-2.5 рассматриваемой методики.

## 5. Определение показателя ILC.

Определение показателя ILC для каждой группы энергопотребителей для всего ЭТО отдельно осуществляется по (2.6.23):

$$\underline{ILC}_{nj} = \underline{ITL}_{nj} \cdot c_{n1} + \underline{ISL}_{nj} \cdot c_{n2} + \underline{IFL}_{nj} \cdot c_{n3} \quad (2.6.23), \text{ о.е.},$$

где  $c_{n1}$ ,  $c_{n2}$  и  $c_{n3}$  – весовые коэффициенты, соответствующие каждому своему безразмерному показателю (ITL, ISL, IFL), для определения ILC  $j$ -ого ЭТО для  $n$ -ой группы энергопотребителей, которые находятся аналогично пп. 2.4-2.5 рассматриваемой методики.

Для удобства реализации предлагаемого алгоритма ПК, связанные с трудовыми/социальными (например, необходимость в повышении квалификации персонала) и экологическими вопросами (например, уровень загрязнения воздуха вредными оксидами), могут быть включены в ITL, в зависимости от их количественного или качественного выражения.

## 6. Сравнение полученных значений ILC и первоначальное определение лучшего ЭТО с точки зрения конкурентоспособности для каждой группы энергопотребителей.

Выбор лучшего ЭТО из ряда представленных по показателю ILC производится для каждого отдельно взятого потребителя энергии с учетом основных специфик его режимов энергопотребления. Это означает, что показатель ILC одного и того же ЭТО может сильно варьироваться в зависимости от условий предполагаемой эксплуатации, что определяется индивидуальными особенностями каждого потребителя.

Лучшим для приобретения ЭТО из сравниваемого ряда будет то, которое будет иметь наименьшее значение показателя ILC. Благодаря разделению ILC на три составляющие энергопотребитель может оценить эти составляющие отдельно, а затем сделать общий вывод о конкурентоспособности того или иного ЭТО.

## 7. Определение индикатора УР предприятия до (ISD) и после (ISD') реализации проекта.

В дальнейшем производится оценка показателей УР предприятия/организации до и после внедрения ЭТО, что позволяет:

- во-первых, осуществить перепроверку получаемых результатов (например, инвестиционный проект сам по себе может быть достаточно эффективным и иметь отличный показатель конкурентоспособности, но его реализация может нарушить УР предприятия/организации);

- во-вторых, установить взаимосвязь реализации подобных проектов по внедрению ЭТО с УР предприятия/организации, в том числе и для последующих проектов.

Таким образом, для обеспечения комплексного анализа проекта необходимо учитывать, какое влияние он окажет в процессе своей реализации на УР предприятия/организации. Для оценки этого влияния следует определить показатель до ( $ISD$ ) и после ( $ISD'$ ) реализации проекта и найти их разность ( $\Delta ISD$ ) в безразмерных видах для каждой группы энергопотребителей. Показатель  $ISD$  находится по методике, изложенной в подразделе 2.1 данной монографии. Показатель  $ISD'$  определяется аналогичным способом для уровня УР предприятия/организации после реализации проекта, а  $\Delta ISD$  как их разность по (2.6.24):

$$\Delta ISD_{nj} = ISD_{nj} - ISD'_{nj} \quad (2.6.24), \text{ о.е.}$$

Положительное значение  $\Delta ISD$  свидетельствует о положительном влиянии реализации проекта на УР предприятия, отрицательное значение – обратном.

## **8. Итоговая оценка эффективности реализации проекта на основе показателей $ILC$ и $\Delta ISD$ .**

К реализации рекомендуется проект, имеющий наименьшее значение интегрального показателя  $ILC \rightarrow \min$  и наибольшее положительное значение  $\Delta ISD \rightarrow \max$  из ряда сравниваемых для каждой группы энергопотребителей.

В случае невыполнения данного условия производится анализ и принимается решение на его основе. Например, если проект имеет наименьшее значение  $ILC$ , но при этом показатель  $\Delta ISD$  отрицателен, то устанавливаются

причины этого и в случае невозможности разрешения возникшего противоречия принимается решение о нецелесообразности реализации проекта. Примером такого случая может являться ситуация, когда у предприятия недостаточно финансовых средств для реализации проекта (сам вариант проекта является эффективным, но в результате отсутствия достаточного количества денежных средств его реализация невозможна, поэтому организация отказывается от его выполнения, либо привлекает заемные средства и т.п.).

Предлагаемый комплексный подход к оценке интегрального уровня конкурентоспособности ЭТО позволяет сделать правильный научно обоснованный выбор в пользу того или иного варианта на стадии ТЭО.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

В данном подразделе авторами рассмотрены концепция БУ и СКП, сделаны предложения по совершенствованию методологической основы исследования концепции УР организаций. Предложен научно-методический подход к оценке индекса УР организаций, позволяющий определять показатель *ISD* на основе структурных (инфраструктура, человеческие ресурсы, система управления) и параметрических показателей (экологические, финансовые, социальные, энергетические, информационные, материальные интегральные индикаторы). Представлены инструменты динамического анализа и прогнозирования показателя *ISD* организации, сформулированы необходимые и достаточные условия устойчивости развития ИБО.

На основе ведущей мировой практики в области управления энергоэффективностью организаций усовершенствован организационно-экономический механизм управления энергоэффективностью организаций, направленный на обеспечение их УР. Данный механизм базируется на требованиях МС ISO 50001:2011, как наиболее прогрессивного документа, полученного в результате синтеза передовых теоретических положений и практического опыта в области управления энергоэффективностью

организаций, 10 базовых принципах энергоменеджмента, необходимых и достаточных условиях построения результативно функционирующих СЭнМ. В рамках данного механизма разработан комплексный алгоритм проектирования результативной СЭнМ устойчиво развивающейся организации, обоснована необходимость разработки и внедрения в практику энергоменеджмента организации документа под названием «Положение о системе ИЭЭ», усовершенствованы методические указания по построению эффективной системы ИЭЭ организации (как документа, относящегося к достаточным условиям построения результативной СЭнМ).

В процессе выполнения данной работы авторами были выявлены недостатки распространенных на сегодняшний день и широко применяемых подходов к оценке конкурентоспособности ЭТО на этапе параметрического синтеза вследствие их малоинформативности и несистемности, а также отсутствия в них инструментов по определению влияния реализации инвестиционного проекта на УР организации. В связи с этим авторы разработали методику, учитывающую многокритериальность выбора ЭТО и включающую три основных комплексных показателя конкурентоспособности в течение всего ЖЦ ЭТО – технический, сервисный (для данного показателя сформулированы составляющие подпоказатели) и финансовый интегральный показатели. Разработанная методика позволяет также оценивать эффективность внедрения ЭТО для различных групп энергопотребителей, которые могут ставить перед собой совершенно разные цели при использовании ЭТО. Разработанная и представленная авторами в данной работе методика позволяет производить комплексное количественное сравнение альтернативных вариантов проектов по вводу ЭТО в эксплуатацию в структуру энергохозяйства предприятия, основанное на объективных показателях, которое учитывает не только интегральную эффективность самих проектов, но и их последующее влияние на УР организации.

Таким образом, в качестве документа, достаточного для построения результативной СЭнМ, авторами предлагается методика выбора ЭТО по

критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности», отличающаяся от предшествующих своей интегральностью, безразмерностью, комплексностью и простотой применения математического аппарата и принятии управленческого решения. В данной методике при определении интегрального финансового показателя скорректирован математический аппарат, позволяющий учитывать положительный эффект от внедрения энергоэффективного ЭТО в сравнении с обычным в рамках проведения налоговой политики РФ в области повышения энергоэффективности.

Системы энергоснабжения, в том числе собственные системы генерации промышленных предприятий, являются ключевым элементом, выделяемым в рамках границ СЭнМ организаций [60]. Поэтому в следующем разделе монографии будут рассмотрены перспективные направления по повышению энергоэффективности и обеспечению УР организаций при их энергоснабжении от централизованных, комбинированных и автономных источников энергии в рамках реализации политики энергоменеджмента.



### **3. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КАК ВОЗМОЖНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

#### **3.1. СТИМУЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ К ПОВЫШЕНИЮ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СО СТОРОНЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

Руководством страны перед электросетевым комплексом (ЭСК) России поставлена серьезная задача по снижению потерь при передаче электроэнергии к 2017-ому году на 11 % по отношению к уровню 2012-го года. Потери электроэнергии в электрических сетях в денежном выражении составляют около 98 % от суммарного потребления ТЭР дочерними организациями (ДЗО) холдинга ПАО «Россети» (более 70 млрд. кВт·ч при общем электропотреблении по стране свыше 1000 млрд. кВт·ч) на осуществление производственно-хозяйственной деятельности и являются главным индикатором энергетической эффективности этой деятельности [119]. Так на основе ряда нормативных актов [90] крупнейшее ДЗО холдинга ПАО «Федеральная Сетевая Компания Единой Энергетической Системы» (ПАО «ФСК ЕЭС»), управляющая магистральным ЭСК России, приобретает объемы электрической энергии и мощности в ценовых и неценовых зонах Оптового рынка электроэнергии и мощности (ОРЭМ) для компенсации потерь электроэнергии (при превышении фактических потерь над нормативными) в Единой Национальной Электрической Сети (ЕНЭС) по свободным ценам. Согласно информации с официального веб-сайта компании «стоимость электрической энергии и мощности, приобретенной ПАО «ФСК ЕЭС» в целях компенсации потерь, за 2014-ый год составляет 11,810 млрд. руб. без НДС (за электрическую энергию – 4,152 млрд. руб. без НДС и за мощность – 7, 658 млрд. руб. без НДС)» [90]. При этом оборот и чистая прибыль компании по РСБУ за 2014-ый год составляют 168,941 млрд. руб. и 5,137 млрд. руб. соответственно [145]. Для сопоставления следует указать, что затраты ПАО «ФСК ЕЭС» на приобретение потерь электрической энергии и мощности на

ОРЭМ превышают бюджетные расходы г. Москва по статье «Охрана окружающей среды» [176].

Учитывая инфраструктурные и организационно-экономические особенности ЭСК России, поставленную задачу следует рассматривать как сложную комплексную задачу, требующую взаимосвязанного подхода при проектировании результативной СЭнМ ЭСК России с учетом требований МС ISO 50001:2011. СЭнМ должна стать составной частью общей корпоративной системы управления и взаимодействовать с системами стратегического, инновационного, инвестиционного, финансового менеджмента, менеджмента качества и другими.

Все электросетевые компании ЭСК связаны единым технологическим процессом передачи и распределения электроэнергии с преобразованием ее параметров: от магистральных сетей, находящихся под управлением ПАО «ФСК ЕЭС», до распределительных сетей, находящихся под управлением распределительных сетевых компаний ПАО «Россети» (либо иных сетевых компаний, не входящих в состав холдинга ПАО «Россети»). При таком технологическом единстве необходимо построение объединенной вертикально интегрированной СЭнМ, охватывающей все бизнес-процессы организации: процессы управления холдингом, процессы управления ДЗО, производственно-технологические процессы, вспомогательные процессы, процессы развития.

Также при проектировании СЭнМ должны быть учтены уникальные особенности электроэнергетического комплекса (и ЭСК как его важнейшей составляющей части) как технологического объекта. Одна из таких особенностей заключается в том, что потребители электроэнергии вольно или невольно могут негативно влиять (и влияют) как на качество, так и на потери электроэнергии в сети. Это требует разработки такой объединенной СЭнМ и ее базового документа — энергетической политики ЭСК России, в которой был бы заложен организационно-экономический механизм, обеспечивающий согласованность действий электросетевых, энергосбытовых, инфраструктурных организаций и потребителей электроэнергии в процессе энергоэффективной

транспортировки и энергоэффективного потребления электроэнергии на всех уровнях напряжения сети. При этом под энергетической эффективностью технологического процесса передачи, распределения и потребления электроэнергии по электрическим сетям подразумевается не только обеспечение минимума потерь электроэнергии в сети, но и обеспечение качественного и надежного электроснабжения, а также требований по пропускной способности электрической сети.

Таким образом, при проектировании объединенной СЭнМ ЭСК необходимо связывать локальные СЭнМ электросетевых компаний, СЭнМ энергосбытовых компаний и СЭнМ потребителей (как юридических, так и физических лиц).

Основной целью функционирования объединенной СЭнМ ЭСК является обеспечение системного подхода для достижения постоянного энергосбережения и максимизации энергоэффективности всех участвующих сторон. Вовлечение потребителей электроэнергии в процесс энергосбережения и повышения энергетической эффективности приведет к дополнительной вырубке всех сторон, участвующих в электроснабжении:

- экономия денежных средств бытовых потребителей при оплате за электроэнергию;
- уменьшение себестоимости продукции организаций, что может привести к увеличению спроса на эту продукцию, а значит и на выпуск большего объема и получение дополнительной прибыли;
- получение прибыли энергетическими компаниями, так как потребление электрической энергии не уменьшится, а фактические потери электроэнергии снизятся.

Стоит отметить, что на верхнем уровне организационной структуры объединенной вертикально интегрированной СЭнМ ЭСК находится локальная СЭнМ ПАО «ФСК ЕЭС», уже спроектированная и подтвержденная в 2014-ом году сертификатом соответствия МС ISO 50001:2011, отвечает за обеспечение

энергосбережения и повышение энергетической эффективности работы ЕНЭС России и объединенной СЭнМ всего ЭСК.

Нижестоящие локальные СЭнМ областных электросетевых компаний (ОЭСК) и межрегиональных сетевых компаний (МРСК), в собственности которых находятся ЛЭП 20 кВ, 35 кВ и 110 кВ, уже спроектированные и подтвержденные сертификатом (или готовятся к сертификации) соответствия системы энергменеджмента требованиям национального стандарта ГОСТ Р ИСО 50001:2012, отвечают за техническую и технологическую модернизацию электросетевого распределительного комплекса.

В самом низу организационной структуры объединенной СЭнМ ЭСК находятся локальные СЭнМ территориальных сетевых организаций (ТСО) и районных электросетевых компаний (РЭС), в собственности которых находятся ПС и ЛЭП 10-0,4 кВ, энергосбытовых компаний и конечных потребителей электроэнергии. Несмотря на то, что на данном уровне чаще всего наблюдается пониженное качество электроэнергии, являющееся не только технологической проблемой современной системы энергоснабжения, но и причиной существенных экономических потерь для всех участников рынков электроэнергии и мощности, локальные СЭнМ практически нигде не спроектированы.

Так как наибольшие искажения в сеть электроснабжения вносят именно потребители электроэнергии [119], начинать построение объединенной СЭнМ ЭСК, способной обеспечить повышение энергоэффективности функционирования ЭСК, необходимо с формирования заинтересованности потребителя электроэнергии (клиента электросетевой компании) в модернизации энергохозяйства предприятия на основе внедрения в его инфраструктуру энергосберегающих технологий, энергоэффективного ЭТО и его эксплуатации в оптимальных для электросети режимах, а также результативных механизмов управления энергоэффективностью – в систему менеджмента организации. Это требует от электросетевых компаний проведения соответствующей политики, направленной на стимулирование их

клиентов. Она может быть исполнена на основе создания и введения в действие нормативно-правовой или иной организационной документации, регламентирующей процессы данного стимулирования.

Условно стимулирующие воздействия на потребителей электроэнергии относительно воздействующей стороны можно разделить на 2 группы:

- воздействия на потребителей электроэнергии непосредственно со стороны электросетевых компаний;
- воздействия на потребителей электроэнергии со стороны их внешней среды или контрагентов.

Первая группа характеризуется прямым участием электросетевых компаний в процессе стимулирования своих клиентов при помощи различных инструментов и механизмов, которые документально закреплены. Стимулирующие воздействия второй группы основываются на возможных ограничительных мерах или благоприятных возможностях для клиентов, которые им предлагают другие контрагенты (например, энергосбытовые компании) и внешняя среда (например, законодательство в сфере налогообложения). Основная задача электросетевых компаний при обращении ко второй группе стимулирующих воздействий – информационное оповещение и консультация клиентов о возможностях, предоставляемых данными инструментами и механизмами.

В свою очередь первую группу имеется возможным подразделить на две подгруппы относительно характера воздействия электросетевой компании:

- принуждающие воздействия;
- поощряющие воздействия.

В таблице 3.1.1 представлена первая группа стимулирующих воздействий с разделением на вышеуказанные подгруппы, в таблице 3.1.2 – вторая группа. В нижепредставленных таблицах приведены как уже существующие инструменты, так и потенциально возможные и предлагаемые авторами к реализации. Некоторые позиции, отраженные в этих таблицах, были

предложены на основе анализа деятельности организаций, их официальных веб-сайтов и годовой отчетности [36, 43, 180].

Таблица 3.1.1

### Стимулирующие воздействия на потребителей со стороны электросетевых компаний

| Стимулирующие воздействия на потребителей со стороны электросетевых компаний |  |  |
|--|--|--|
| №  | Принуждающие воздействия   | Поощряющие воздействия   |
| 1  | Наложение штрафных санкций на клиентов за превышение установленного объема потребления реактивной мощности/электроэнергии (снижение коэффициента мощности ниже нормативного).  | Премирование и награждение руководителей организаций-клиентов почетными грамотами и другими отраслевыми наградами за высокие достижения в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.              |
| 2  | Наложение штрафных санкций на клиентов за несоответствие параметров электрической энергии их установленным значениям согласно ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».   | Премирование руководителей организаций-клиентов за установку систем компенсации реактивной мощности и повышение коэффициента мощности электросети.   |
| 3  | Введение декларирования энергетического оборудования, по результатам которого клиенту будут формулироваться обязательные указания по замене или модернизации низкоэффективного оборудования, либо по улучшению каких-либо характеристик функционирования его энергохозяйства. В случае невыполнения предписанных требований на клиента будут накладываться штрафные санкции. | Использование интернета, отраслевых электронных библиотек и баз, современных информационных технологий для обеспечения удобства взаимоотношений с организациями-клиентами и повышения уровня их осведомленности. |
| 4  | Введение пункта в договоре о техприсоединении и энергоснабжении, который устанавливает материальную или иную ответственность клиента за аварийные режимы, вызванные им в результате использования устаревшего и неэффективного оборудования, снижающего надежность функционирования электроэнергетической системы и качество электроэнергии.                                 | Предоставление организациям-клиентам льготных условий при техприсоединении, если потребитель обязуется использовать энергоэффективное оборудование и энергосберегающие технологии.                               |
| 5  | Введение пункта в договоре о техприсоединении и энергоснабжении, который запрещает использовать энергопотребителям электроприемники, в значительной степени ухудшающие качество электроэнергии, без применения установок по улучшению качества электроэнергии.   | Предоставление организациям-клиентам современных методик по технико-экономической оценке эффективности энергосберегающих проектов и информации о ведущих консалтинговых, проектных и подрядных организациях.     |
| 6  |  | Премирование руководителей организаций-клиентов за установку оборудования, улучшающего качество электрической энергии.   |

Таблица 3.1.2

### Стимулирующие воздействия на потребителей со стороны внешней среды и контрагентов

| №  | Стимулирующие воздействия на потребителей со стороны внешней среды и контрагентов   |
|--|---|
| <b>Энергосбытовые компании</b>                     |   |
| 1  | Наложение всевозможного рода штрафных санкций, применение повышенных тарифов и иных мер по отношению к клиентам при несоблюдении ими установленного (заявленного) объема потребления активной энергии и мощности с соблюдением законодательства.  |
| 2  | Применение суровых штрафных санкций за воровство электроэнергии по отношению к клиентам с неотлагательным возбуждением уголовных дел.   |
| 3  | Оптимизация существующих финансово-договорных отношений с клиентами.  |
| 4  | Перенос измерительных приборов в места, находящиеся под контролем энергосбытовой компании.  |
| 5  | Установка АСКУЭ и иных эффективных систем учета электроэнергии, замена старых индукционных счетчиков на современные электронные с высоким классом точности.   |
| 6  | Использование тарифа, дифференцированного по зонам суток (вторая ценовая категория), с обязательным условием для выполнения по переносу клиентом определенных производственных процессов на ночь с целью выравнивания суточного графика электропотребления.   |
| <b>Генерирующие компании</b>                       |   |
| 7  | Разработка рекомендаций потребителям ОРЭМ и розничного рынка электроэнергии и мощности (РРЭМ) к прохождению энергетических обследований, способствующих повышению их энергоэффективности за счет внедрения энергосберегающих мероприятий.   |
| 8  | Разработка рекомендаций потребителям ОРЭМ и РРЭМ, непосредственно подключенным к электростанции, по оптимизации технологических режимов электропотребления.   |
| 9  | Оказание консультационных услуг потребителям ОРЭМ и РРЭМ по вопросам внедрения энергоэффективного оборудования и энергосберегающих технологий   |
| <b>ОАО «Системный Оператор ЕЭС» (ОАО «СО ЕЭС»)</b> |   |
| 10   | Разработка рекомендаций к проведению добровольной сертификации, по прохождении которой энергопотребитель получит сертификат соответствия объекта требованиям и нормам в области надежности и энергоэффективности. При несоответствии объекта требованиям и нормам энергопотребителю выдается перечень указаний, необходимых к исполнению для повышения показателя.  |
| 11   | Формирование единой технической политики в ЕЭС России в части эксплуатации и совершенствования систем релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА).  |
| 12   | Разработка обязательных к исполнению требований по замене и модернизации действующих систем РЗА (на базе электромеханической и полупроводниковой элементной базы) на новые системы РЗА (на базе цифровых устройств с использованием микропроцессорной техники) в объектах ЭСК и системах электроснабжения энергопотребителей. В случае отказа замены устаревшей системы РЗА на новую накладываются штрафные санкции.  |
| 13   | Выдача отказа в получении статуса субъекта ОРЭМ для энергопотребителей, использующих неэффективное оборудование (без применения компенсирующих устройств) и морально устаревшие системы РЗА.  |
| 14   | Отслеживание соблюдения требований к показателям качества электроэнергии согласно ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» со стороны энергопотребителей. В случае невыполнения данных требований энергопотребителю направляются замечания рекомендательного характера по устранению выявленных несоответствий. При возникновении аварийной ситуации при прочих равных условиях ОАО «СО ЕЭС» отключает в первую очередь от электроснабжения данных энергопотребителей. |

|   |  |
|---|--|
| 15  | Разработка рекомендаций по своевременному ремонту энергооборудования и координация по составлению годовых планов ремонта у энергопотребителей с определением возможности обеспечения устойчивой работы. В случае выявления несоответствий ОАО «СО ЕЭС» может принять решение о возможности отключения оборудования для проведения технического обслуживания и ремонта.   |
| <b>ОАО «Администратор Торговой Системы оптового рынка электроэнергии»<br/>(ОАО «АТС»)</b>   |  |
| 16  | В случае несоответствия требованиям и нормам энергобезопасности и энергоэффективности ОАО «АТС» оставляет за собой право в отказе регистрации договора купли-продажи электрической энергии и мощности, тем самым стимулируя участников сделки к соблюдению норм и требований энергоэффективности.  |
| 17  | Совершенствование электронной системы документооборота между участниками ОРЭМ и корпоративной информационной среды для всех субъектов ОРЭМ.  |
| 18  | Реализация информационных и консультационных услуг по повышению энергоэффективности у участников ОРЭМ.   |
| <b>Ассоциация «Некоммерческое партнерство Совет рынка по организации эффективной системы оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью»<br/>(Ассоциация «НП Совет рынка»)</b> |  |
| 19  | Выдача сертификата соответствия требованиям энергоэффективности субъектам ОРЭМ по результатам обязательного энергообследования или иного мероприятия, способного подтвердить уровень энергоэффективности. Если субъект не соответствует требованиям, то Ассоциация «НП Совет Рынка» выдает перечень рекомендаций, необходимых выполнить, в случае отказа внедрения данных рекомендаций субъект ОРЭМ может быть исключен из реестра субъектов ОРЭМ. |
| <b>Организационно-финансовые инструменты и механизмы</b>  |  |
| 20  | Обязательное и добровольное энергетические обследования согласно ФЗ №261 от 23.11.2009 [202].  |
| 21  | Энергосервисная деятельность (заключение энергосервисных контрактов) согласно ФЗ №261 от 23.11.2009 [202].   |
| 22  | Энерголизинговая деятельность (заключение энерголизинговых контрактов) [216].  |
| 23  | Построение результативно функционирующих систем энергоменджмента на основе МС ISO 50001:2011.  |
| 24  | Применение льготных налоговых режимов согласно Налоговому Кодексу РФ и Постановлению Правительства РФ №600 от 17.06.2015 (использование ускоренной амортизации и инвестиционного налогового кредита на льготных условиях) [116].   |
| 25  | Финансирование проектов потребителей через Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) (таблица 3.1.3) [81, 119].   |

Таблица 3.1.3

### Условия оказания содействия ЕБРР реализации энергосберегающих проектов

| <b>Кредитование ЕБРР</b>   |  |
|--|--|
| <b>Крупные проекты</b>   | <b>Малые и средние проекты</b>   |
| 1. Финансирует за счет долевого участия до 35% стоимости проекта.<br>2. Минимальный размер – от 5 до 15 млн. евро.<br>3. Процентная ставка фиксированная или плавающая.<br>4. Сроки погашения короткие или длительные – от 5 до 15 лет (применительно к конкретным | 1. Целевой уровень участия в акционерном капитале – 25-30%, но может достигать и 49% при краткосрочных вложениях.<br>2. Минимальный размер – от 0,5 до 6 млн. евро.<br>3. Процентная ставка фиксированная или плавающая. |



|   |  |
|---|--|
| <p>проектам могут устанавливаться льготные периоды).</p> <p>5. ЕБРР требует страховать от обычных рисков: хищения имущества, пожары и конкретные риски производства строительных работ (ЕБРР не требует страхования от политических рисков).</p> <p>6. ЕБРР требует от финансируемых им компаний обеспечить возвратность кредита залогом имущества проекта: залог основных фондов, движимого имущества, пакета акций спонсора в компании.</p> | <p>4. Сроки погашения короткие или длительные – от 3 до 5 лет (максимум 7 лет).</p> <p>5. Планируемый минимум доходности вложений – не ниже 30% в течение всего инвестиционного цикла.</p> <p>6. Кредитование осуществляется через сторонние банки (не на прямую).</p> |
|---|--|

Стоит отметить, что немаловажным фактором, способствующим повышению энергоэффективности ЭСК России, является взаимовыгодное, эффективное и результативное взаимодействие электросетевых компаний с научным и промышленным секторами. Так, например, реализация энергосберегающих технических и организационных мероприятий (в том числе в рамках Программы НИОКР ПАО «Россети» [164]), обеспечила снижение уровня потерь при передаче электроэнергии в электросетях ПАО «Московская объединенная электросетевая компания» (является ДЗО ПАО «Россети») до 8,55% от полезного отпуска (на 0,22% ниже, чем в 2014-ом году) [182]. При этом ПАО «Россети» намерено увеличивает долю затрат на выполнение НИОКР, что является отличным мероприятием по реализации политики импортозамещения в российской экономике.

Многообразие вышепредставленных инструментов и механизмов демонстрирует, что электросетевые компании имеют отличную возможность реализации гибкой политики, направленной на стимулирование потребителей к:

- внедрению результативных систем управления энергопотреблением и энергоэффективностью;
- внедрению энергосберегающих технологий и энергоэффективного оборудования;
- обеспечению качества электрической энергии;
- повышению энергоэффективности.

При этом часть из названных мер способна не только повысить надежность и эффективность функционирования ЭСК, но и привлечь дополнительные финансовые средства без существенных затрат и усилий для электросетевых компаний, которые в дальнейшем могут быть направлены на развитие инфраструктуры ЭСК РФ. Как видно из таблицы 3.1.2 существенным потенциалом обладают и стимулирующие воздействия на клиентов со стороны внешней среды и контрагентов. Следовательно, электросетевые компании должны постоянно анализировать окружающую их среду и контрагентов (инфраструктурные организации, законодательство, существующие и разрабатываемые финансовые инструменты и механизмы и т.д.) и оптимизировать взаимодействие с ними, извлекая из него выгоды.

Следует отметить, что электросетевым компаниям следует воплощать в жизнь и активно развивать клиентоориентированный подход, формируя тем самым необходимые условия для взаимовыгодного сотрудничества с целью достижения общей цели в рамках государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

С другой стороны, некоторые из предлагаемых мер стимулирования могут быть применены не только по части электроснабжения потребителей, но и их энергоснабжения в целом со стороны внешней среды/контрагентов, теплосетевых, газотранспортных и иных компаний, занимающихся вопросами передачи, преобразования и распределения ТЭР.

К сожалению, не все предлагаемые стимулирующие меры могут быть реализованы в рамках существующего законодательства, поэтому необходимо внести ряд поправок в нормативно-правовые акты РФ с целью создания необходимых условий по их выполнению.

#### **Льготные налоговые режимы**

При рассмотрении данной проблематики стоит более подробно сконцентрировать внимание на льготных налоговых режимах (таблица 3.1.2, п. 21), которые могут применять организации согласно нормативно-правовым актам РФ.

## **1. Опыт и практика расчета ИЭЭ для ЭТО по критериям Постановления Правительства РФ №600.**

Примером удачного и прогрессивного для РФ нормативно-правового акта в области энергосбережения и повышения энергоэффективности может быть Постановление Правительства РФ №600 от 17.06.2016 (принятого взамен Постановлений Правительства РФ от 16.04.2012 №308 и Постановлений Правительства РФ от 12.07.2011 №562, утративших свою юридическую силу) [158]. Данный документ призван стимулировать увеличение спроса со стороны организаций на энергоэффективное оборудование и технологии. Постановление №600 утверждает перечень объектов и технологий, относящихся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности, и предъявляемые к ним ИЭЭ. Согласно ст. 67, ст. 259.3, п. 1, пп. 4, ст. 381, п. 21 Налогового Кодекса РФ [137], налогоплательщики, приобретающие объекты или технологии, входящие в перечень Постановления №600 и удовлетворяющие данным ИЭЭФ, могут [116]:

- производить возврат излишне уплаченных налогов за предшествующий период и увеличивать расходы в виде амортизационных отчислений в налоговом учете, применяя специальный повышающий коэффициент амортизации (не выше 2) в отношении основных средств с высокой энергоэффективностью;

- освободиться от налога на имущество для организаций (в отношении вновь вводимых объектов);

- заключать договор об инвестиционном налоговом кредите (ИНК) с целью уменьшения налоговых платежей за счет изменения срока уплаты налога (организации предоставляется возможность в течение определенного срока и в определенных пределах уменьшать платежи по налогу с последующей поэтапной уплатой суммы кредита и начисленных процентов [137]).

Полный обзор всех условий и специфик получения данных налоговых преференций содержится в Налоговом Кодексе РФ [137]. Определением ИЭЭ могут заниматься завод-изготовитель или экспертная организация на основании

данных из технической документации завода-изготовителя [116]. Для подтверждения достоверности и правильности своих методик и расчетов им следует обращаться в ВУЗы, НИИ и прочие профильные научные и отраслевые организации, которые на основании своего экспертного статуса в рассматриваемой предметной области могут дать заключение об отсутствии/наличии ошибок в разработанных методиках и произведенных согласно им расчетах, что будет являться весомым аргументом для налоговых органов [117].

К сожалению, ни один из реальных объектов, который может быть отнесен к перечню Постановлений, не имеет в паспорте (технической документации завода-изготовителя) прописанное значение ИЭЭ. Именно поэтому его необходимо определять (например, КПД парового котла является ИЭЭ, но в паспорте парового котла нет самого термина «ИЭЭ», как и в паспортах другого оборудования), чем могут, как уже, заниматься завод-изготовитель или экспертная организация на основании данных из технической документации завода-изготовителя с последующим подтверждением достоверности и правильности своих методик и расчетов в ВУЗах, НИИ и прочих профильных научных и отраслевых организациях.

Однако Постановления №308 и №562 имели научно-методические ошибки верхнего уровня и ряд ошибок и проблем, возникающих на практике при определении ИЭЭ, что подробно продемонстрировано авторами в [117]. В таблице 3.1.4 приведена сравнительная характеристика данных ошибок и проблем в сравнении с новым Постановлением №600.

Таблица 3.1.4

**Сравнительная характеристика ошибок и проблем, возникающих при определении ИЭЭ объектов из перечней Постановлений Правительства РФ №308, №562 и №600 [158]**

| №   | Ошибка   | Постановления №308 и №562 | Постановление №600 |
|---|--|---------------------------|--------------------|
| <b>Верхний научно-методический уровень</b>        |  |                           |                    |
| 1   | Неверное толкование термина «энергоэффективность» согласно [16].   | Существовала              | Устранена          |
| 2   | Отсутствие терминов, принятых сокращений для обозначения единиц измерения физических величин и ссылок на другие нормативные технические документы, что существенно затрудняет применение этих Постановлений. | Существовала              | Не устранена       |
| 3   | В Постановлениях не указаны его разработчики (технические специалисты).  | Существовала              | Не устранена       |
| <b>Ошибки и проблемы, возникающие на практике</b> |  |                           |                    |
| 4   | Оборудование из перечней Постановлений не структурировано по какому-либо признаку.   | Существовала              | Устранена          |
| 5   | Некоторые ИЭЭ бессмысленны с точки зрения физики и не могут быть применены к реальным техническим системам.  | Существовала              | Устранена          |
| 6   | Отсутствие однозначности в определении ИЭЭ.  | Существовала              | Устранена          |
| 7   | Необоснованность численных значений ИЭЭ.   | Существовала              | Устранена          |
| 8   | ИЭЭ некоторых видов оборудования напрямую зависит от способа их эксплуатации, что не учитывается в Постановлениях.   | Существовала              | Устранена частично |
| 9   | Отсутствие в перечнях Постановлений некоторых типов энергетического оборудования, которые практически используются.  | Существовала              | Устранена частично |

Стоит отметить существенный прогресс в новом законодательном акте по сравнению с предшествующими, а также позитивный шаг по объединению Постановлений №308 и №562 в одно Постановление №600 (возник единый перечень энергоэффективных объектов и технологий, одинаково применимый при получении организацией льготного ИНК и налоговых льгот).

В Постановлении №600 прописано, что в рамках его выполнения будет актуализироваться перечень энергоэффективных объектов и технологий и проводиться анализ практики применения льгот, поэтому есть объективные основания считать, что ошибки 8 и 9 из таблицы 3.1.4 будут устранены. С другой стороны важным требованием к Постановлению №600 остается

устранение ошибок 2 и 3 из таблицы 3.1.4 верхнего научно-методического уровня.

Разработка и последующая реализация данных организационно-экономических инструментов носит исключительно благоприятный характер [116], так как они:

- нацелены на стимулирование энергосбережения и повышения энергоэффективности за счет предоставления льготного налогового режима организациям важнейших отраслей экономики РФ, внедряющим энергосберегающие технологии и энергоэффективное оборудование в технологические и производственные процессы;

- ориентированы на повышение конкурентоспособности производителей энергоэффективного оборудования (оборудование, к которому могут применяться подобные инструменты должно пользоваться повышенным вниманием со стороны потенциальных покупателей);

- содействуют тесной кооперации между наукой и бизнесом (представители научного сообщества могут являться разработчиками энергоэффективного оборудования или экспертами при оценке энергоэффективности уже выпускаемого оборудования);

- развитие рынка консалтинговых услуг в РФ (за счет оказания консалтинговыми компаниями соответствующих услуг по части налогообложения и в других сферах);

- повышение инвестиционной привлекательности и улучшение инвестиционного климата в стране (за счет высвобождения свободных финансовых средств благодаря модернизации производства и внедрению в производство инновационных технологий).

- осуществление позитивного взаимодействия между промышленными предприятиями, консалтинговыми компаниями и налоговыми органами РФ за счет осуществления проверок бизнеса и повышения его прозрачности.

Суммарный положительный экономический эффект от внедрения энергоэффективного оборудования и технологий будет складываться из:

- экономии финансовых средств по причине более экономного расхода энергоресурсов;

- экономии финансовых средств благодаря оптимизации налоговых платежей (применение УА и ИНК).

Таким образом, для определения комплексной эффективности внедрения энергоэффективного оборудования и технологий (в сравнении с неэнергоэффективным) необходимо провести сравнительный экономический расчет по скорректированному алгоритму оценки показателя *DTCO* для подтверждения корректности предлагаемого математического аппарата и первоначальных предположений о наличии экономического эффекта при приобретении энергоэффективного оборудования из перечня Постановления №600, а также провести оценку эффективности использования УА и ИНК. Осуществим подобный расчет на основе методики, изложенной в подразделе 2.6 на примере водогрейных газовых котлов.

Для унификации и создания одинаковых конкурентных условий при оценке инвестиционных проектов вводятся следующие исходные данные и допущения для финансовой модели:

- для реализации проектов используются собственные инвестиционные средства предприятий (так как выбранные водогрейные котлы не имеют высокой стоимости, поэтому заемные средства предприятием не привлекаются), все цены указываются в рублях;

- ставка дисконтирования ( $i$ ) принимается равной 14%;

- амортизация начисляется линейным итогом, для энергоэффективного ЭТО в первые три года эксплуатации не уплачивается налог на имущество, а далее используется коэффициент амортизации  $k_{yA}=2$ ;

- горизонт планирования равен 10 годам, так как ЖЦ всех рассматриваемых водогрейных котлов равен 10 годам, причем в 2016-ом году осуществляется закупка и ввод в эксплуатацию данных объектов, полноценная эксплуатация наступает с 2017-го года;

- данные о стоимости установок, их комплектующих, сведения о ТО, капремонте, затратах на запчасти, расходные материалы и ремонтные работы получены с официальных сайтов, каталогов компаний-производителей и от продавцов;
- ТО котлов осуществляется сервисными службами производителя;
- все установки работают в номинальном режиме работы с заданными естественно-климатическими условиями;
- тариф на электроэнергию в базовом 2016-ом году составляет 5,03 руб./кВт·ч;
- тариф на природный газ в базовом 2016-ом году составляет 4,986 руб./тыс. м<sup>3</sup>;
- индексы роста тарифов, инфляции и налоговые ставки определяются в соответствии с Прогнозом Министерства экономического развития РФ до 2030-го года.

Основные технические характеристики и исходные параметры финансовой модели для теплофикационных водогрейных газовых котлов (п. 2, II Постановления №600) Ariston Genus Premium Evo HP 65 (согласно Постановлению №600 – энергоэффективное ЭТО) и Ariston Unobloc G 64 RI (согласно Постановлению №600 – неэнергоэффективное ЭТО) представлены в таблице 3.1.5.

Таблица 3.1.5

### Технические характеристики ЭТО (водогрейных котлов)

| Характеристики  | Ед. измерения            | Ariston Genus Premium Evo HP 65 | Ariston Unobloc G 64 RI MET |
|---|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Макс./мин. теплопроизводительность (режим отопления, 60/80°С) | кВт                      | 57,3/17,6                       | 63,5                        |
| Напряжение/частота  | В/Гц                     | 230/50                          | 230/50                      |
| Срок службы   | лет                      | 10                              | 10                          |
| Эффективность при 100% мощности (60/80°С)                     | %                        | 98,8/99,4                       | 90                          |
| Класс электрозащиты   |                          | IPX4D                           | X0D                         |
| Вес   | кг                       | 50                              | 225                         |
| КОД ОКОФ  |                          | 142813120                       | 142813120                   |
| Расход природного газа  | м <sup>3</sup> /ч        | 4,5                             | 7,4                         |
|   | тыс. м <sup>3</sup> /год | 39,420                          | 64,824                      |
| Потребляемая электрическая мощность                           | кВт                      | 0,198                           | 0,023                       |
| Потребляемая электрическая энергия в год                      | кВт·ч/год                | 1734,48                         | 201,48                      |



В таблице 3.1.6 представлены результаты расчета для двух выбранных котлов, при этом для демонстрации выгоды от использования УА расчет показателя *DTCO* для водогрейного котла Ariston Genus Premium Evo HP 65 осуществлялся как с использованием инструмента УА и частичного освобождения от налоговых выплат, так и без них.

Таблица 3.1.6

**Результаты расчет показателя *DTCO* ЭТО (водогрейных котлов)**

| Характеристики                   | Ед. измерения    | Энергоэффективное ЭТО   |  | Неэнергоэффективное ЭТО     |
|----------------------------------|------------------|---|--|-----------------------------|
|                                  |                  | Ariston Genus Premium Evo HP 65 (с учетом Постановления №600) | Ariston Genus Premium Evo HP 65 (без учета Постановления №600) | Ariston Unobloc G 64 RI MET |
| <i>C</i> <sub>заклада</sub>      | тыс. руб.        | 363,741   | 363,741  | 313,835                     |
| <i>C</i> <sub>инвоц</sub>        | тыс. руб.        | 19,470  | 19,470   | 12,980                      |
| <i>C</i> <sub>эксплуатация</sub> | тыс. руб.        | 2079,082  | 2079,082   | 3322,815                    |
| <i>C</i> <sub>налоги</sub>       | тыс. руб.        | 12,330  | 27,743   | 23,937                      |
| <b><i>DTCO</i></b>               | <b>тыс. руб.</b> | <b>2474,623</b>   | <b>2490,036</b>  | <b>3673,567</b>             |

Согласно проведенным экономическим расчетам по вышепредставленной методике лучшим вариантом по показателю *DTCO* из двух сравниваемых оказался энергоэффективный водогрейный котел Ariston Genus Premium Evo HP 65 (таблица 3.1.6). Экономический эффект (положительная разница между показателями *DTCO* неэнергоэффективного и энергоэффективного ЭТО) от использования энергоэффективного водогрейного котла в данном случае составляет 1183,531 тыс. руб. (без учета положений Постановления №600) и 1198,944 тыс. руб. (с учетом положений Постановления №600) за весь ЖЦ данного ЭТО. Применение УА позволяет сократить налоговые отчисления в два раза ( $\Delta C_{УА}=15,413$  тыс. руб.).

Как видно из таблицы 3.1.6, основной статьёй затрат в структуре дисконтированной совокупной стоимости владения ЭТО является не первоначальная стоимость ЭТО (10-15% от показателя *DTCO*), а дисконтированные эксплуатационные расходы, составляющие порядка 80-90% в структуре показателя *DTCO*. Основную часть эксплуатационных расходов формируют затраты на ТЭР (свыше 90% от всех эксплуатационных расходов и

около 80% от показателя *DTCO*). Схожая ситуация наблюдается и для другого ЭТО, например, газопоршневых энергоустановок [37].

На примере сравнительного экономического расчета для водогрейных котлов продемонстрировано, что, несмотря на более высокую первоначальную стоимость энергоэффективного ЭТО, в конечном итоге оно является более приемлемым вариантом для предприятия ввиду экономичности его работы и возможности оптимизации налоговых выплат согласно российским нормативно-правовым актам. Таким образом, подтверждено предположение, что первоначальная стоимость оборудования не является критерием его выбора, данным критерием может являться показатель *DTCO*, отображающий интегральные затраты, связанные с приобретением, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией, кредитными и налоговыми выплатами, выводом из эксплуатации и утилизацией ЭТО в течение всего его ЖЦ.

### **Оценка эффективности использования ИНК**

Одним из условий предоставления ИНК согласно пп. 5 п. 1 ст. 67 НК РФ является осуществление организацией инвестиций в создание объектов, имеющих наивысший класс энергетической эффективности, в том числе многоквартирных домов, и (или) относящихся к возобновляемым источникам энергии, и (или) относящихся к объектам по производству тепловой энергии, электрической энергии, имеющим коэффициент полезного действия более чем 57 процентов, и (или) иных объектов, технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность, в соответствии с перечнем, утвержденным Постановлением №600.

По основаниям, указанным в вышеуказанном подпункте п. 1 ст. 67 НК РФ, кредит может быть получен на сумму, составляющую 100 процентов стоимости приобретенного заинтересованной организацией оборудования, используемого исключительно для перечисленных в этом подпункте целей.

При ставке рефинансирования равной 11% в соответствии с решением Банка России (с 01.01.2016 она приравнена к значению ключевой ставки Банка России) [47], ставка процентов к уплате по ИНК составит согласно ст. 67 НК

РФ не менее одной второй и не более трех четвертых ставки рефинансирования Банка России, соответственно от 5,5 до 8,25%.

Производственному предприятию, имеющему высокую рентабельность активов, рекомендовано использовать заемные средства под выгодный процент. Привлечение средств ИНК, таким образом, представляется целесообразным и экономически обоснованным. Поэтому предлагается рассмотреть возможность оформления ИНК сроком на 3 года для приобретения и монтажа теплофикационного водогрейного газового котла Ariston Genus Premium Evo HP 65, как инвестиционного мероприятия, которое подпадает под п. 2, II Перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности, на основании соответствия объектов установленным значениям индикатора энергетической эффективности.

Для определения экономии финансовых средств от использования ИНК приведем расчет начисленных по кредиту процентов при сроке погашения, равном трем годам, при ставках, указанных выше по тексту.

В таблице 3.1.7 приведены результаты расчета эффективности применения ИНК в сравнении с кредитом без учета положений Постановления №600 и НК РФ.

Таблица 3.1.7

### Сравнение эффективного обычного кредита и ИНК для энергоэффективного ЭТО

| Параметр                                    | Обычный кредит | ИНК     |
|---|----------------|---------|
| Сумма кредита, тыс. руб.                    | 308,255        | 308,255 |
| Срок кредита, мес.                          | 36             | 36      |
| Процентная ставка, %                        | 11             | 8,25    |
| Сумма ежемесячного платежа, тыс. руб.       | 9,505          | 9,269   |
| Переплата по процентам за кредит, тыс. руб. | 33,925         | 25,429  |

Как видно из приведенного расчета, экономия финансовых средств от использования ИНК составляет  $\Delta C_{\text{ИНК}}=8,496$  тыс. руб. (2,76% от первоначальной стоимости ЭТО без НДС).

При этом следует отметить, что с увеличением стоимости ЭТО (при приобретении энергоэффективных газотурбинных энергоустановок, мощных

паровых котлов, электродвигателей, силовых трансформаторов и т.д.) эффект от использования УА и ИНК в заметной степени возрастает. Так, например, при первоначальной стоимости ЭТО 100000 тыс. руб., организация может сэкономить  $\Delta C_{\text{ИНК}}=2750$  тыс. руб. за 3 года за счет использования ИНК. Очевиден также и положительный финансовый эффект при одновременном применении УА и ИНК.

## **2. Отнесение создания парогазовой установки (ПГУ) как к результату выполнения НИОКР по созданию парогазовых установок различной мощности на основе использования природного газа, жидкого и твердого топлива.**

В случае если ПГУ (наиболее энергоэффективный источник энергии на органическом топливе из широко эксплуатируемых [123]) была создана и введена в эксплуатацию в результате выполнения НИОКР, то к ней могут быть применены налоговые преференции, предусмотренные требованиями Постановления Правительства РФ от 24.12.2008 № 988 [161] и п. 7. ст. 262 части второй НК РФ [137].

## **3. Отнесение объектов инфраструктуры котельных и электростанций к инженерной инфраструктуре жилищно-коммунального комплекса населенных пунктов.**

В случае если энергоснабжающие объекты могут быть отнесены к инженерной инфраструктуре жилищно-коммунального комплекса населенных пунктов, то к ним могут быть применены налоговые преференции, предусмотренные требованиями п.п. 2 п. 1 ст. 394 НК РФ [137].

### 3.2. СОВРЕМЕННОЕ МИРОВОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Другим перспективным направлением по обеспечению УР промышленных предприятий, которое может быть реализовано в рамках функционирования результативной системы управления энергоэффективностью, является использование собственных генерирующих мощностей на основе высокоэффективных энергоустановок, использующих органическое топливо. Широкое и разнообразное применение [37, 58-59, 85, 87, 134, 205] в современной электроэнергетике и промышленности (таблица 3.2.1) находят энергоустановки, функционирующие в составе ТЭС на доступных органических видах топлива (газообразное, жидкое и твердое):

- паротурбинные установки (ПТУ);
- газотурбинные (ГТУ) и микротурбинные установки (МТУ);
- парогазовые установки (ПГУ);
- энергоустановки на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС):

дизель-генераторные установки (ДГУ) и газопоршневые установки (ГПУ).

Таблица 3.2.1

#### Области применения ПТУ, ГТУ, МТУ, ПГУ и установок на базе ДВС в электроэнергетике и промышленности

|   |
|---|
| <b>Большая энергетика (установленная мощность ТЭС свыше 30 МВт) [134]</b>                                   |
| Основные электростанции для большой энергетики  |
| Пиковые электростанции для оптимизации режимов работы энергосистемы   |
| Мобильные электростанции  |
| Резервные и аварийные источники энергоснабжения   |
| <b>Малая энергетика (установленная мощность ТЭС до 30 МВт) [134]</b>  |
| Основные источники энергоснабжения для «малой» энергетики:  |
| - Полностью автономное энергоснабжение потребителей, находящихся в рамках ЕЭС России;                       |
| - Полностью автономное энергоснабжение потребителей, находящихся в изолированных от ЕЭС России территориях; |
| - Энергоснабжение потребителей параллельно с ЕЭС России.  |
| Резервные и аварийные источники энергоснабжения   |
| Мобильные электростанции  |
| Специализированные источники электроснабжения автономных объектов (самолеты, транспорт и т.д.)              |

Определение возможности реализации такого подхода требует рассмотрения технических особенностей этих установок, исследования мирового рынка генерирующего оборудования в посткризисный период,

анализа текущего состояния малой энергетики РФ, проведения сравнительной оценки их конкурентоспособности для различных условий эксплуатации и анализа основных направлений совершенствования развития энергетических установок малой мощности.

### Краткая характеристика технических особенностей энергоустановок

ПТУ – энергетическая установка, непрерывно преобразующая потенциальную энергию рабочего тела в механическую энергию вращающегося ротора паровой турбины. Неотъемлемыми элементами ПТУ являются источник пара (энергетический котел), паровая турбина, конденсатор и питательный насос [144]. Комплексная классификация ПТУ представлена в таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2

### Классификация ПТУ

| По номинальной электрической мощности  |   |   |                     |                                   |  |
|--|---|---|---------------------|-----------------------------------|--|
| Малой мощности<br>(до 1МВт)  |   | Средней мощности<br>(до 100 МВт)                              |                     | Большой мощности<br>(до 1000 МВт) |  |
| По виду сжигаемого в камере сгорания топлива   |   |   |                     |                                   |  |
| Природный газ  |   |   | Уголь               |                                   |  |
| По области применения  |   |   |                     |                                   |  |
| Стационарные   |   | Технологические   |                     | На электростанциях                |  |
| Для привода турбогенераторов тепловых электростанций, работающих на органическом топливе |   |   |                     |                                   |  |
| По принципу работы   |   |   |                     |                                   |  |
| Активные   |   |   | Реактивные          |                                   |  |
| По типу ПТУ  |   |   |                     |                                   |  |
| Конденсационные  | Конденсационные с теплофикационными отбором | Конденсационные с регулируемыи отборами на промышленные нужды | С противодавлени ем | С противодавлени ем и отбором     | Конденсацио нные с отбором пара на промышленн ые нужды |

Электрический КПД современных ПТУ является одним из самых низких среди рассматриваемых ТЭС и находится в диапазоне от 7 до 39%, что особенно проявляется при использовании маломощных ПТУ. При этом в данных энергоустановках сильно проявляется зависимость КПД от климатических условий и загрузки, что делает их крайне неэффективными в режимах резкопеременных нагрузок. Кроме того ПТУ являются низкоманевренными и инерционными энергоустановками, имеющими сложные

конструкционные элементы и особенности (наличие парового котла, система водоснабжения и т.д.) [87]. При эксплуатации ПТУ в когенерационном режиме их эффективность может достигать 80%, что свойственно установкам средней и высокой мощности.

Плюсами ПТУ является то, что они могут функционировать на любом органическом топливе без предъявления серьезных требований к нему (мультиотопливны), имеют высокий общий ресурс, широкий диапазон мощностей, в них отсутствует необходимость частых остановов на ТО.

**ГТУ** – энергетическая установка, конструктивно объединенная совокупность газовой турбины, электрического генератора, газозоодушного тракта, системы управления и вспомогательных устройств: пусковое устройство, компрессор, теплообменный аппарат или котел-утилизатор для подогрева сетевой воды для промышленного снабжения. Комплексная классификация ГТУ представлена в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.3

### Классификация ГТУ

| По номинальной электрической мощности          |                               |                             |   |                                     |                 |
|--|-------------------------------|-----------------------------|---|-------------------------------------|-----------------|
| Микромощности<br>(до 1 МВт)                    | Малой мощности<br>(от 10 МВт) |                             | Средней мощности<br>(30 МВт)  | Большой мощности<br>(свыше 300 МВт) |                 |
| По виду сжигаемого в камере сгорания топлива   |                               |                             |   |                                     |                 |
| Жидкое   |                               |                             | Газообразное  | Твердое                             |                 |
| По области применения                          |                               |                             |   |                                     |                 |
| авиационные                                    | стационарные                  | приводные                   | транспортные  | космические                         | технологические |
| По типу камер сгорания                         |                               |                             |   |                                     |                 |
| по назначению:                                 |                               |                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные</li> <li>- промежуточные</li> <li>- подогрева газов</li> <li>- дожигания топлива</li> </ul> |                                     |                 |
| по компоновке в схеме ГТУ:                     |                               |                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- выносные</li> <li>- встроенные</li> </ul>  |                                     |                 |
| по конструкции корпуса и пламенных труб:       |                               |                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- кольцевые</li> <li>- трубчато-кольцевые</li> <li>- секционные</li> </ul>                             |                                     |                 |
| по количеству горелок в одной пламенной трубе: |                               |                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- одnogорелочные</li> <li>- многогорелочные</li> </ul>   |                                     |                 |
| По системе охлаждения                          |                               |                             |   |                                     |                 |
| система воздушного охлаждения                  |                               | система парового охлаждения |   | комбинированная система охлаждения  |                 |
| По типу цикла                                  |                               |                             |   |                                     |                 |
| ГТУ разомкнутого цикла                         |                               | ГТУ замкнутого цикла        |   | ГТУ полужамкнутого цикла            |                 |

Электрический КПД современных ГТУ составляет 33-40%, а соотношение производимой электрической энергии к тепловой энергии в режиме когенерации у ГТУ составляет ~1:2.

В ГТУ отсутствует паровой котел (топливо сжигается в камере сгорания), конденсатор и система технического водоснабжения, нет необходимости использовать масло в большом количестве как в ГПУ, что делает энергоустановку компактной и упрощает ее доставку (железнодорожным или автомобильным транспортом) на объект. В ГТУ обеспечивается более высокая маневренность, чем в ПТУ за счет малой металлоемкости, быстрого прогрева и охлаждения элементов турбины [87]. Однако по этому показателю ГТУ уступают энергоустановкам с ДВС [134].

ГТУ имеют недостатки, присущие ПТУ (зависимость КПД от внешних условий и степени загрузки), так и «собственные»: невысокая экономичность, обусловленная высокой температурой уходящих газов, серьезные требования к качеству потребляемого топлива [87].

Все это определяет возможность применения ГТУ в виде основных, пиковых и мобильных электростанций. При этом потенциально широкое применение при электроснабжении автономных объектов на микромощностях (до 100 кВт) могут найти МТУ (таблица 3.2.4).



Таблица 3.2.4

### Классификация МТУ

| <b>В зависимости от вида топлива</b>   |  |   |
|--|--|---|
| По типу используемого топлива  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Природный газ</li> <li>- Сжиженный газ</li> <li>- Попутный нефтяной газ</li> <li>- Биогаз</li> <li>- Дизель</li> <li>- Керосин</li> </ul>                               |   |
| По входному давлению газообразного топлива   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Низкое (используется дожимной компрессор)</li> <li>- Высокое (без дожимного компрессора)</li> </ul>   |   |
| <b>По возможности использования тепловой энергии</b>                                     |  |   |
| Без возможности использования тепловой энергии   | Есть возможность когенерации (присутствует встроенный теплоутилизатор)   | Есть возможность тригенерации (вырабатывается электрическая энергия, тепло, холод)  |
| <b>По типу подшипников</b>   |  |   |
| Гидродинамический подшипник качения  | Гидродинамический подшипник скольжения   | Газодинамический подшипники качения   |
| <b>В зависимости от генератора</b>   |  |   |
| По типу генератора   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокоскоростной синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов</li> <li>- Тихоходный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов</li> </ul> |   |
| По способу охлаждения статора генератора   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Воздушное</li> <li>- Масляное</li> <li>- Водяное</li> </ul>   |   |
| <b>По типу выходного напряжения</b>  |  |   |
| Переменное трехфазное  | Постоянное   |   |
| <b>По способу обеспечения эластичности нагрузки</b>                                      |  |   |
| Использование редуктора (скорость вращения турбины изменяется в зависимости от нагрузки) | Использование двойного инвертирования и брейк резисторов (скорость вращения турбины не изменяется в зависимости от нагрузки)   | Использование двойного инвертирования и аккумуляторных батарей (скорость вращения турбины изменяется в зависимости от нагрузки) |
| <b>По режимам работы в кластере</b>  |  |   |
| С возможностью работы в кластере   | Работа в одиночном режиме  |   |

**ПГУ** – это энергетическая установка, в которой тепловая энергия уходящих газов ГТУ прямо или косвенно используется для выработки электроэнергии в паротурбинном цикле [144, 190].

Комплексная классификация ПГУ представлена в таблице 3.2.5.

Таблица 3.2.5

### Классификация ПГУ

| По номинальной электрической мощности        |                                       |  |                                 |
|--|---------------------------------------|--|---------------------------------|
| Малой мощности<br>(до 16 МВт)                | Средней мощности<br>(от 16 до 50 МВт) | Большой мощности<br>(от 50 до 300 МВт)                       | Высокомощные<br>(свыше 300 МВт) |
| По виду сжигаемого в камере сгорания топлива |                                       |  |                                 |
| Жидкое                                       | Газообразное                          | Твердое  |                                 |
| По области применения                        |                                       |  |                                 |
| Технологические                              | Стационарные                          | На электростанциях   |                                 |
| По назначению                                |                                       |  |                                 |
| Конденсационные                              |                                       | Теплофикационные   |                                 |
| По типу котла-утилизатора                    |                                       |  |                                 |
| Горизонтальные и вертикальные                |                                       | С естественной и принудительной циркуляцией и<br>прямоточные |                                 |
| По количеству рабочих тел                    |                                       |  |                                 |
| Бинарные                                     |                                       | Монарные   |                                 |

Электрический КПД современных высокомощных бинарных ПГУ с котлом-утилизатором превышает 60% (данный тип бинарных ПГУ является наиболее широко применяемым) [123]. При этом в маломощных ПГУ, в бинарных ПГУ иных типов (сбросного типа, с вытеснением регенерации, с высоконапорным парогенератором) и монарных ПГУ КПД снижается до 40-45% [144].

ПГУ появились при совмещении положительных качеств ГТУ и ПТУ и является типом ТЭС с наиболее высоким КПД в конденсационном режиме из промышленно эксплуатируемых в настоящее время. Они могут работать на жидком, твердом и газообразном видах топливах в широких диапазонах мощностей с достаточно высокой маневренностью и экономичностью [123]. В ПГУ отсутствуют паровой котел сложной конструкции, используется более простая паровая турбина и меньшая система технического водоснабжения в сравнении с ПТУ, при этом они быстро вводятся в эксплуатацию при относительно небольшой стоимости, могут применяться при модернизации существующих ТЭС и являются наиболее экологически чистыми ТЭС [190].

**ГПУ** – энергоустановка, состоящая из электроагрегата (электроагрегатов) с ДВС, устройств управления и распределения электрической энергии и оборудования, необходимого для обеспечения автономной работы и для

электроснабжения потребителей в зависимости от назначения электростанции [124].

Комплексная классификация ГПУ представлена в таблице 3.2.6.

Таблица 3.2.6

### Классификация ГПУ

| По номинальной электрической мощности  |                           |  |                           |
|--|---------------------------|--|---------------------------|
| маломощные<br>(0,02-1 МВт)   | среднемощные<br>(1-4 МВт) | высокомощные<br>(4-8 МВт)  | сверхмощные<br>(8-50 МВт) |
| <b>по типу двигателя</b>   |                           |  |                           |
| по способу смесеобразования  |                           | - карбюраторные и газовые (с внешним смесеобразованием);<br>- дизели (с внутренним смесеобразованием).   |                           |
| по способу осуществления рабочего цикла  |                           | - четырехтактные;<br>- двухтактные.  |                           |
| по числу цилиндров   |                           | - одноцилиндровые;<br>- двухцилиндровые;<br>- многоцилиндровые.  |                           |
| по расположению цилиндров  |                           | - с вертикальным или наклонным расположением цилиндров в один ряд;<br>- V-образные с расположением цилиндров под углом.  |                           |
| по способу охлаждения  |                           | - с жидкостным охлаждением;<br>- с воздушным охлаждением.  |                           |
| по виду применяемого топлива   |                           | - бензиновые;<br>- дизельные;<br>- газовые;<br>- газодизельные;<br>- двухтопливные.  |                           |
| по степени сжатия  |                           | - высокого ( $E=12...18$ ) сжатия;<br>- низкого ( $E=4...9$ ) сжатия.  |                           |
| по способу наполнения цилиндра свежим зарядом  |                           | - без наддува (впуск воздуха или горючей смеси осуществляется за счет разрежения в цилиндре при всасывающем ходе поршня);<br>- с наддувом (впуск воздуха или горючей смеси в рабочий цилиндр происходит под давлением, создаваемым компрессором, с целью увеличения заряда и получения повышенной мощности двигателя). |                           |
| по частоте вращения  |                           | - тихоходные (140-500 об/мин);<br>- средней скорости (500-750 об/мин);<br>- быстроходные (1000-1500 об/мин);<br>- повышенной частоты вращения (свыше 1500 об/мин).   |                           |
| <b>в зависимости от вида топлива и предназначения</b>  |                           |  |                           |
| на традиционном «легком» природном газе ( $Q_{np}=31,8$ МДж/м <sup>3</sup> , $r=0,7$ кг/м <sup>3</sup> ) |                           | на особом «тяжелом» нефтяном попутном газе ( $Q_{np}=59,25$ МДж/м <sup>3</sup> , $r=1,22$ кг/м <sup>3</sup> )  |                           |
| <b>по конструкционному исполнению</b>  |                           |  |                           |
| стандартное  |                           | контейнерное   |                           |

Электрический КПД современных ГПУ составляет ~41-50%, а соотношение выдачи двух видов энергий при работе ГПУ в номинальном режиме – 1:1.

Конструктивные особенности ГПУ позволяют располагать ее в помещении энергоцентра (в контейнерном или неконтейнерном исполнении) как с кожухом шумопоглощения, так и без него. При инсталляции ГПУ не возникает проблем, и они имеют очень малую зависимость от температуры окружающего воздуха по сравнению с аналогами. Необходимое для них давление газа является нормой для большинства российских газопроводов, а при поставках ГПУ на объекты с низким давлением в комплект поставки включается небольшой и дешевый дожимной компрессор [124].

Явные преимущества ГПУ над своими аналогами заключаются в следующем:

- Газопоршневой ДВС может запускаться и останавливаться неограниченное количество раз при малом времени запуска (5 минут), не ухудшая свой ресурс;
- Высокий и постоянный электрический КПД и низкий удельный расход топлива на всем интервале рабочих температур и на больших высотах над уровнем моря на всем диапазоне допустимых нагрузок;
- Модульная газопоршневая электростанция (ГПЭС) обеспечивает наивысший КПД на частичной нагрузке;
- Высокий проектный срок службы;
- Низкие эксплуатационные затраты и капиталовложения благодаря минимальным эксплуатационным рискам;
- Необходимое низкое давление топливного газа от 0,01 до 0,035 МПа и дешевый дожимной компрессор, поставляющийся, в комплекте с ГПУ.



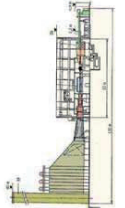


КПД современных ДГУ соизмерим с КПД ГПУ, однако, выбросы  $\text{NO}_x$  этих энергоустановок более чем на порядок выше, чем у ГПУ. Поэтому из-за экологических соображений и высокой стоимости дизельного топлива, применение ГПУ как основного источника энергии предпочтительнее, чем ДГУ, которые используются либо в тех местах, где не подведен природный газ либо в качестве резервного энергоисточника.

В таблице 3.2.7 представлено сравнение энергоустановок малой мощности на базе их основных показателей. По результатам анализа составлена таблица 3.2.8, в которой приведены недостатки и преимущества каждой из генерирующей установки перед аналогами из рассматриваемого перечня.

Стоит отметить, что превосходство одной энергоустановки над другой зависит от ряда технических, эксплуатационных, сервисных, экономических факторов и особенностей реализации конкретного проекта (например, КПД ПГУ малой мощности ниже, чем КПД высокомошных ПГУ, что делает их менее конкурентоспособными в мощностном диапазоне до 30 МВт в сравнении с аналогами).

Таблица 3.2.7

## Сравнение энергоустановок при принятой номинальной электрической мощности 10 МВт

| Показатель  | ГТУ   | ПГУ   | ПГУ   | ПГУ   | МТУ   |
|---|---|---|---|---|---|
| I   |    |                                       |    |  |    |
| Мощность единичной установки, МВт   | 1-300   | 1-1000  | 1-500   | 0,02-50   | 0,015-1   |
| Электрический КПД, %  | 22-39   | 7-39  | 45-64   | 40-50   | 23-35   |
| Общий КПД, %  | 80-90   | 60-80   | 80-90   | 85-90   | 65-90   |
| Соотношение электричество/тепло   | 1/2   | 1/1,25  | 1/1   | 1/1,5   | 1/1,4...2,0   |
| Возможности использования утилизируемой теплоты выхлопных газов           | На производство пара для выработки электроэнергии, холода, опреснения воды и т.д., на нагрев воды до температуры 150 °С                                       | На производство пара для выработки электроэнергии, холода, опреснения воды и т.д., на нагрев воды до температуры 150 °С | На производство пара для выработки электроэнергии, холода, опреснения воды и т.д., на нагрев воды до температуры 150 °С   | Только на нагрев воды до температуры не выше 115 °С                               | На производство пара для выработки электроэнергии, холода, опреснения воды и т.д., на нагрев воды до температуры 150 °С                                       |
| Влияние температуры наружного воздуха на количество утилизируемой теплоты | При снижении температуры воздуха количество теплоты при наличии регулируемого дополнительного аппарата почти не уменьшается, при его отсутствии – уменьшается | При снижении температуры воздуха количество теплоты уменьшается   | При снижении температуры воздуха количество теплоты при наличии регулируемого дополнительного аппарата почти не уменьшается, при его отсутствии – уменьшается (для газотурбинной части) | Практически не влияет   | При снижении температуры воздуха количество теплоты при наличии регулируемого дополнительного аппарата почти не уменьшается, при его отсутствии – уменьшается |
| Зависимость температуры окружающего                                       | КПД сильно падает при большом изменении температуры окружающего среды   | При изменении температуры окружающего среды, КПД уменьшается  | ГТУ работает при отрицательных температурах наружного воздуха экономичнее, КПД  | КПД стабилен  | КПД сильно падает при большом изменении температуры окружающего среды   |

|  |  |   |   |   |  |  |
|--|--|---|---|---|--|--|
| воздуха  |  |   |   | всей ПГУ в целом относительно низок из-за плохой утилизации теплоты уходящих газов. При положительных температурах ситуация обратная. Из-за того, что мощность ГТУ зимой больше, мощность всей ПГУ в целом также выше |  |  |
| Общий моторесурс, ч                                      | 100000-200000  | 320000-400000   | 100000-200000   | 200000-400000   | 100000-250000  |  |
| Моторесурсе до капремонта, ч                             | Через 30000-60000 часов, выполняется на специальном заводе   | Через 80000-100000 часов, выполняется на специальном заводе   | Через 30000-60000 часов, выполняется на специальном заводе  | Через 60000-120000 часов, выполняется на месте установки  | 40000-60000  |  |
| Интервал остановов на техническое обслуживание, ч        | Останов после каждых 2000 часов работы   | Останов после каждых 8000 часов работы  | Останов после каждых 2000 часов работы  | Останов после 1000-2000 часов работы  | 8000   |  |
| Количество пусков, шт.                                   | Не ограничено  | Не ограничено   | Не ограничено   | Не ограничено   | Не ограничено  |  |
| Влияние кол-ва пусков на моторесурс                      | 100 пусков уменьшают ресурс на 500 ч   | 100 пусков уменьшают ресурс на 500 ч  | 100 пусков уменьшают ресурс на 500 ч  | Не влияет на сокращение моторесурса   | 100 пусков уменьшают ресурс на 500 ч   |  |
| Удельный расход масла, г/кВт·ч                           | 0,05   | -   | -   | 0,3...0,4   | -  |  |
| Мобильность на нагрузку, %                               | 3-120  | 3-120   | 3-120   | 40-110  | 0-100  |  |
| Время выхода на номинальный КПД, мин.                    | 15-25  | 35-50   | 50-55   | 5-6   | 10-20  |  |
| Снижение КПД при уменьшении нагрузки на 50%, %           | 50   | 50  | 50  | 3-10  | 50   |  |
| Необходимость компрессора и дополнительного оборудования | Минимальное рабочее давление газа на входе - 12 бар, требуется газ высокого давления, либо дожимной компрессор, а так же | Минимальное рабочее давление пара на входе - 25 бар, требует пар высокого давления, либо дожимной компрессор. | Минимальное рабочее давление смеси на входе - 12 бар, необходимо высокое давление на входе в турбину, либо дожимной | Не требует компрессора для дожима газа, рабочее давление газа на входе - 0,01...0,35 бар  | Минимальное рабочее давление газа на входе - 5,2 бар, требуется газ высокого давления, либо дожимной компрессор, а также АКБ |  |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | оборудование для запуска турбины  | требуется оборудование для запуска турбины  | компрессор, требуется оборудование для запуска турбины  |   |   |
| <b>Ремонтнопригодность</b>                          | -ремонт производится на специальных заводах -затраты времени и средств на транспортировку, центровку и т.д. | -ремонт производится на специальных заводах -затраты времени и средств на транспортировку, центровку и т.д. | -ремонт производится на специальных заводах -затраты времени и средств на транспортировку, центровку и т.д. | -ремонт производится на месте<br>-ремонт требует меньше времени | -ремонт производится на месте<br>-ремонт требует меньше времени |
| <b>Обслуживающий персонал, чел.</b>                 | 10-15   | 10-15   | 10-15   | 5-7   | 1   |
| <b>Массогабаритные показатели</b>                   |   |   |   |   |   |
| <b>Удельная масса энергоблока, кг/кВт</b>           | 10-11   | 14-22   | 7-10  | 22-23   | 15,8-18,0   |
| <b>Стоимостные показатели</b>                       |   |   |   |   |   |
| <b>Стоимость установленной мощности, \$/кВт</b>     | 1000-1400   | 1300  | 600-900   | 400-1000  | 1500-3000   |
| <b>Стоимость капитального ремонта</b>               | 30-40% от начальных капитальных вложений  | 20-30% от начальных капитальных вложений  | 30-50% от начальных капитальных вложений  | 60-70% от начальных капитальных вложений                        | 30-40% от начальных капитальных вложений                        |
| <b>Экологические показатели</b>                     |   |   |   |   |   |
| <b>Выброс вредных веществ при 15% O<sub>2</sub></b> | <50 ppm NOx<br><75 ppm CO   | <50 ppm NOx<br><20 ppm CO   | <15 ppm NOx<br><42 ppm CO   | <185 ppm NOx<br><107 ppm CO                                     | <4 ppm NOx<br><15 ppm CO  |
| <b>Уровень шума, дБ</b>                             | 65-85   | 70-80   | 75-85   | 80-90   | 60  |



Таблица 3.2.8

## Преимущества и недостатки энергоустановок малой мощности

| Преимущества   | Недостатки   | Преимущества   | Недостатки   | Преимущества  | Недостатки  | Преимущества  | Недостатки   |
|--|--|--|--|---|---|---|--|
| ГТУ  | ИПУ  | ИПУ  | ИПУ  | ИПУ   | ИПУ   | ИПУ   | ИПУ  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• малый удельный вес;</li> <li>• компактность установок;</li> <li>• недорогой ремонт;</li> <li>• простота транспортировки;</li> <li>• легкость монтажа;</li> <li>• высокая маневренность, определяемая малым уровнем давления;</li> <li>• требует минимального расхода воды;</li> <li>• низкий расход масла.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• относительно низкий КПД;</li> <li>• резкое падение КПД при снижении нагрузки;</li> <li>• КПД сильно падает при большом изменении температуры окружающей среды;</li> <li>• небольшой срок службы;</li> <li>• невозможность использования в них низкосортных топлив;</li> <li>• единичная мощность газотурбинной установки ограничена.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• самый высокий КПД;</li> <li>• низкий уровень выбросов оксидов СО и NO<sub>x</sub> в атмосферу;</li> <li>• низкая стоимость единицы установленной мощности;</li> <li>• короткие сроки возведения (9-12 месяцев);</li> <li>• широкий диапазон мощностей.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• длительное время выхода на номинальный КПД;</li> <li>• высокое значение удельной массы;</li> <li>• сезонные ограничения мощности;</li> <li>• максимальная производимость в зимнее время.</li> <li>• необходимость осуществлять фильтрацию воздуха, используемого для сжигания топлива.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• минимальные выбросы оксидов СО и NO<sub>x</sub> в атмосферу;</li> <li>• низкий уровень шума при работе;</li> <li>• малые габариты и малый вес установки при больших мощностях;</li> <li>• высокая единичная мощность;</li> <li>• широкий диапазон мощностей;</li> <li>• внушительный ресурс паровых турбин.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• невысокий КПД на малых мощностях;</li> <li>• максимальное время выхода на номинальный КПД;</li> <li>• высокая стоимость установок;</li> <li>• дорогостоящий ремонт паровых турбин;</li> <li>• высокая инерционность паровых установок (длгое время пуска и останова).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• высокий КПД;</li> <li>• минимальное время выхода на номинальный КПД;</li> <li>• возможность эффективно работать на частичных режимах, реперемежных нагрузках;</li> <li>• многопрофильность и гибкость в эксплуатации;</li> <li>• в большинстве случаев ремонт на месте;</li> <li>• развитая система сервисов;</li> <li>• высокий моторесурс;</li> <li>• приспособленность к российским климатическим условиям;</li> <li>• некритические требования к давлению природного газа;</li> <li>• отличные показатели технической готовности.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• высокие выбросы оксидов СО и NO<sub>x</sub> в атмосферу;</li> <li>• высокий уровень шума при работе;</li> <li>• высокое значение удельной массы;</li> <li>• необходимость более частых ТО и замены запчастей;</li> <li>• потребность в замене масла;</li> <li>• невозможность работать при коэффициенте загрузки меньше 0,4 свыше 6 часов;</li> <li>• потребность в замене масла и использовании воды для отводы тепла от двигателя.</li> </ul> |

### **Текущее состояние мирового рынка малого генерирующего оборудования**

Каждый из вышеперечисленных типов генерирующих систем имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от технико-экономических, экологических характеристик, области применения, способов и условий эксплуатации [87, 120, 134]. В этой связи актуальной задачей является поиск необходимых исходных статистических данных для проведения анализа мирового рынка генерирующего оборудования, их обработка и корректная интерпретация, позволяющие определить наиболее эффективные сферы применения и рациональные способы эксплуатации рассматриваемых энергоустановок. В последующем это позволит принимать обоснованные решения и развивать необходимые направления в разработке, производстве и внедрении установок их производителями [143].

При этом важной составляющей работы является рассмотрение всех этих задач в динамике, поэтому для анализа был выбран посткризисный период с 2010-го по 2014-ый гг.

В работе преимущественно использовались открытые статистические данные [6, 11, 132, 138]. Корректная обработка и интерпретация этих данных позволяют представить полноценную структуру заказов энергоустановок в зависимости от их типа, используемого топлива (газообразное, жидкое, твердое), мощностных диапазонов, региона приобретения и способа эксплуатации (основной энергоисточник, резервный энергоисточник, пиковая электростанция), что обеспечило решение поставленных в работе задач.

*Структура заказов генерирующего оборудования на мировом рынке в количественном и мощностном выражениях* приведена в таблицах 3.2.9 и 3.2.10. В таблицах показана динамика изменения суммарного количества заказов ПТУ, ГТУ и ДГУ/ГПУ в количественном и мощностном выражениях в период с 2010-го по 2014-ый гг. (в % указано изменение количества заказов энергоустановок относительно предшествующего года, а в %\* – относительно 2010-го года).

Таблица 3.2.9

**Динамика структуры заказов генерирующего оборудования в  
количественном выражении с 2010 по 2014 гг.**

| Год   | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Натуральное выражение, шт.</b>                     |              |              |              |              |              |
| Энергоустановки, шт.:                                 | <b>30891</b> | <b>37138</b> | <b>32271</b> | <b>32689</b> | <b>32352</b> |
| ПТУ, шт.  | 86           | 123          | 128          | 163          | 180          |
| ГТУ, шт.  | 687          | 677          | 447          | 710          | 567          |
| ДГУ и ГПУ, шт.  | 30118        | 36338        | 31696        | 31816        | 31605        |
| <b>Структура заказов энергоустановок, %</b>           |              |              |              |              |              |
| ПТУ, %  | 0,278%       | 0,331%       | 0,397%       | 0,499%       | 0,556%       |
| ГТУ, %  | 2,224%       | 1,823%       | 1,385%       | 2,172%       | 1,753%       |
| ДГУ и ГПУ, %  | 97,498%      | 97,846%      | 98,218%      | 97,329%      | 97,691%      |
| <b>Изменение относительно предшествующего года, %</b> |              |              |              |              |              |
| Энергоустановки, %:                                   | -            | 20,223%      | -13,105%     | 1,295%       | -1,031%      |
| ПТУ, %  | -            | 43,023%      | 4,065%       | 27,344%      | 10,429%      |
| ГТУ, %  | -            | -1,456%      | -33,973%     | 58,837%      | -20,141%     |
| ДГУ и ГПУ, %  | -            | 20,652%      | -12,775%     | 0,379%       | -0,663%      |
| <b>Изменение относительно 2010-го года, %</b>         |              |              |              |              |              |
| Энергоустановки, %:                                   | -            | 20,223%      | 4,467%       | 5,820%       | 4,730%       |
| ПТУ, %*   | -            | 43,023%      | 48,837%      | 89,535%      | 109,302%     |
| ГТУ, %*   | -            | -1,456%      | -34,934%     | 3,348%       | -17,467%     |
| ДГУ и ГПУ, %*   | -            | 20,652%      | 5,239%       | 5,638%       | 4,937%       |

Таблица 3.2.10

**Динамика структуры заказов генерирующего оборудования в мощностном  
выражении с 2010 по 2014 гг.**

| Год   | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>ПО УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ</b>                      |              |              |              |              |              |
| <b>Натуральное выражение, МВт</b>                     |              |              |              |              |              |
| Энергоустановки, МВт                                  | <b>84382</b> | <b>83266</b> | <b>59182</b> | <b>95046</b> | <b>93499</b> |
| ПТУ, МВт  | 12812        | 6773         | 11895        | 16707        | 15062        |
| ГТУ, МВт  | 32954        | 28831        | 7185         | 38453        | 39209        |
| ДГУ и ГПУ, МВт  | 38616        | 47662        | 40102        | 39886        | 39228        |
| <b>Структура заказов энергоустановок, %</b>           |              |              |              |              |              |
| ПТУ, %  | 15,183%      | 8,134%       | 20,099%      | 17,578%      | 16,109%      |
| ГТУ, %  | 39,053%      | 34,625%      | 12,141%      | 40,457%      | 41,935%      |
| ДГУ и ГПУ, %  | 45,763%      | 57,241%      | 67,760%      | 41,965%      | 41,956%      |
| <b>Изменение относительно предшествующего года, %</b> |              |              |              |              |              |
| Энергоустановки, %:                                   | -            | -1,323%      | -28,924%     | 60,600%      | -1,628%      |
| ПТУ, %  | -            | -47,135%     | 75,624%      | 40,454%      | -9,846%      |
| ГТУ, %  | -            | -12,511%     | -75,079%     | 435,184%     | 1,966%       |
| ДГУ и ГПУ, %  | -            | 23,426%      | -15,862%     | -0,539%      | -1,650%      |
| <b>Изменение относительно 2010-го года, %</b>         |              |              |              |              |              |
| Энергоустановки, %:                                   | -            | -1,323%      | -29,864%     | 12,638%      | 10,804%      |
| ПТУ, %*   | -            | -47,135%     | -7,157%      | 30,401%      | 17,562%      |
| ГТУ, %*   | -            | -12,511%     | -78,197%     | 16,687%      | 18,981%      |
| ДГУ и ГПУ, %*   | -            | 23,426%      | 3,848%       | 3,289%       | 1,585%       |

В таблице 3.2.11 приведена структура заказов генерирующего оборудования на рынках различных регионов в период с 2010-го по 2014-ый гг.

Таблица 3.2.11

**Динамика структуры заказов генерирующего оборудования по регионам с 2010 по 2014 гг.**

| №            | Регион                                     | Кол-во, шт.  |              |              |                    |              |              |
|--------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|
|              |  | 2009         | 2010         | 2011         | 2012               | 2013         | 2014         |
| 1            | Западная Европа                            | 3062         | 6914         | 6700         | 5276               | 4387         | 4862         |
|              |  | 14,64%       | 22,38%       | 18,04%       | 16,3% <sup>5</sup> | 13,42%       | 15,03%       |
| 2            | Восточная Европа                           | 873          | 1442         | 1812         | 1619               | 1758         | 1601         |
|              |  | 4,17%        | 4,67%        | 4,88%        | 5,02%              | 5,38%        | 4,95%        |
| 3            | Ближний Восток                             | 3483         | 3854         | 4605         | 4426               | 4439         | 5233         |
|              |  | 16,65%       | 12,48%       | 12,40%       | 13,72%             | 13,58%       | 16,18%       |
| 4            | Дальний Восток                             | 1863         | 3285         | 5795         | 3978               | 5147         | 4549         |
|              |  | 8,91%        | 10,63%       | 15,60%       | 12,33%             | 15,75%       | 14,06%       |
| 5            | Южная Азия и Австралия                     | 1347         | 1830         | 2833         | 2307               | 3374         | 3837         |
|              |  | 6,44%        | 5,92%        | 7,63%        | 7,15%              | 10,32%       | 11,86%       |
| 6            | Центральная Азия                           | 3137         | 4613         | 4397         | 4340               | 3625         | 1054         |
|              |  | 15,00%       | 14,93%       | 11,84%       | 13,45%             | 11,09%       | 3,26%        |
| 7            | Северная Африка                            | 72           | 100          | 248          | 39                 | 72           | 60           |
|              |  | 0,34%        | 0,32%        | 0,67%        | 0,12%              | 0,22%        | 0,19%        |
| 8            | Остальная Африка (за исключением Северной) | 1500         | 775          | 1142         | 1210               | 1236         | 1722         |
|              |  | 7,17%        | 2,51%        | 3,08%        | 3,75%              | 3,78%        | 5,32%        |
| 9            | Северная Америка                           | 4183         | 4859         | 6668         | 6181               | 6470         | 6404         |
|              |  | 20,00%       | 15,73%       | 17,95%       | 19,15%             | 19,79%       | 19,79%       |
| 10           | Центральная Америка и Карибы               | 516          | 1157         | 967          | 1109               | 688          | 786          |
|              |  | 2,47%        | 3,75%        | 2,60%        | 3,44%              | 2,10%        | 2,43%        |
| 11           | Южная Америка                              | 881          | 2062         | 1971         | 1786               | 1493         | 2244         |
|              |  | 4,21%        | 6,68%        | 5,31%        | 5,53%              | 4,57%        | 6,94%        |
| <b>ВСЕГО</b> |  | <b>20917</b> | <b>30891</b> | <b>37138</b> | <b>32271</b>       | <b>32689</b> | <b>32352</b> |

Сведения об усредненной мощности ПТУ, ГТУ и ДГУ/ЛТУ и всех типов приобретаемых энергоустановок в целом за рассматриваемый интервал времени представлены в таблице 3.2.12.

Таблица 3.2.12

**Динамика изменения усредненной электрической мощности энергоустановок, приобретенных с 2010 по 2014 гг.**

| Год  | 2010    | 2011   | 2012   | 2013    | 2014   |
|--|---------|--------|--------|---------|--------|
| Усредненная электрическая мощность всех энергоустановок, МВт | 2,732   | 2,242  | 1,834  | 2,908   | 2,890  |
| Усредненная электрическая мощность ПТУ, МВт                  | 148,977 | 55,065 | 92,930 | 102,497 | 83,678 |
| Усредненная электрическая мощность ГТУ, МВт                  | 47,968  | 42,586 | 16,074 | 54,159  | 69,152 |
| Усредненная электрическая мощность ДГУ/ЛТУ, МВт              | 1,282   | 1,312  | 1,265  | 1,254   | 1,241  |

Для комплексного решения задачи необходимо также осуществить анализ востребованности энергоустановок относительно их установленной мощности. Для этого в таблицах 3.2.13-3.2.15 приведены структурированные данные о заказах ПТУ, ГТУ и ДГУ/ГПУ (по количеству и установленной мощности) в зависимости от мощностного диапазона в процентном выражении с разделением на энергоустановки малой и большой энергетики согласно таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.13

**Структура заказов ПТУ по диапазонам установленной электрической мощности с 2010 по 2014 гг.**

| МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА              |               |                |                 |                 |                 |                 |                  |                |
|-------------------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|
| Год                           | 0,00 - 1,00   |                | 1,01 - 5,00     |                 | 5,01 - 10,00    |                 | 10,01 - 30,00    |                |
| По количеству ПТУ             |               |                |                 |                 |                 |                 |                  |                |
| 2010                          | 0,00%         |                | 19,77%          |                 | 19,77%          |                 |                  | 26,74%         |
| 2011                          | 1,63%         |                | 13,82%          |                 | 20,33%          |                 |                  | 30,89%         |
| 2012                          | 13,28%        |                | 48,44%          |                 | 7,03%           |                 |                  | 7,81%          |
| 2013                          | 3,07%         |                | 32,52%          |                 | 12,27%          |                 |                  | 12,27%         |
| 2014                          | 11,11%        |                | 39,44%          |                 | 6,11%           |                 |                  | 13,89%         |
| <b>среднее</b>                | <b>5,82%</b>  |                | <b>30,80%</b>   |                 | <b>13,10%</b>   |                 |                  | <b>18,32%</b>  |
| По установленной мощности ПТУ |               |                |                 |                 |                 |                 |                  |                |
| 2010                          | 0,00%         |                | 0,37%           |                 | 1,02%           |                 |                  | 3,11%          |
| 2011                          | 0,01%         |                | 0,63%           |                 | 2,60%           |                 |                  | 10,08%         |
| 2012                          | 0,08%         |                | 1,03%           |                 | 0,55%           |                 |                  | 1,50%          |
| 2013                          | 0,02%         |                | 0,73%           |                 | 0,91%           |                 |                  | 2,26%          |
| 2014                          | 0,08%         |                | 0,92%           |                 | 0,60%           |                 |                  | 3,55%          |
| <b>среднее</b>                | <b>0,04%</b>  |                | <b>0,74%</b>    |                 | <b>1,14%</b>    |                 |                  | <b>4,10%</b>   |
| БОЛЬШАЯ ЭНЕРГЕТИКА            |               |                |                 |                 |                 |                 |                  |                |
| Год                           | 30,01 - 60,00 | 60,01 - 120,00 | 120,01 - 200,00 | 200,01 - 300,00 | 300,01 - 500,00 | 500,01 - 700,00 | 700,01 - 1000,00 | 1000,01 и выше |
| По количеству ПТУ             |               |                |                 |                 |                 |                 |                  |                |
| 2010                          | 6,98%         | 2,33%          | 2,33%           | 3,49%           | 0,00%           | 13,95%          | 2,33%            | 2,33%          |
| 2011                          | 15,45%        | 7,32%          | 4,07%           | 4,07%           | 0,00%           | 1,63%           | 0,81%            | 0,00%          |
| 2012                          | 7,81%         | 4,69%          | 0,78%           | 2,34%           | 0,00%           | 1,56%           | 1,56%            | 4,69%          |
| 2013                          | 6,75%         | 0,61%          | 11,66%          | 17,79%          | 0,61%           | 0,61%           | 0,00%            | 1,84%          |
| 2014                          | 3,33%         | 4,44%          | 8,33%           | 2,78%           | 6,11%           | 4,44%           | 0,00%            | 0,00%          |
| <b>среднее</b>                | <b>8,06%</b>  | <b>3,88%</b>   | <b>5,43%</b>    | <b>6,09%</b>    | <b>1,34%</b>    | <b>4,44%</b>    | <b>0,94%</b>     | <b>1,77%</b>   |
| По установленной мощности ПТУ |               |                |                 |                 |                 |                 |                  |                |
| 2010                          | 2,19%         | 1,12%          | 2,03%           | 6,83%           | 0,00%           | 47,90%          | 13,58%           | 21,85%         |
| 2011                          | 13,02%        | 11,60%         | 11,68%          | 19,65%          | 0,00%           | 15,95%          | 14,76%           | 0,00%          |
| 2012                          | 3,02%         | 6,05%          | 1,19%           | 6,15%           | 0,00%           | 10,00%          | 13,45%           | 56,96%         |
| 2013                          | 2,53%         | 0,60%          | 16,89%          | 49,48%          | 1,90%           | 3,95%           | 0,00%            | 20,74%         |
| 2014                          | 1,92%         | 4,79%          | 15,73%          | 8,41%           | 28,77%          | 35,23%          | 0,00%            | 0,00%          |
| <b>среднее</b>                | <b>4,54%</b>  | <b>4,83%</b>   | <b>9,50%</b>    | <b>18,10%</b>   | <b>6,13%</b>    | <b>22,61%</b>   | <b>8,36%</b>     | <b>19,91%</b>  |

Таблица 3.2.14

**Структура заказов ГТУ по диапазонам установленной электрической мощности с 2010 по 2014 гг.**

| МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА              |               |              |                |               |                 |               |               |               |
|-------------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Год                           | 1,00 – 2,00   | 2,01 – 3,50  | 3,51 – 5,00    | 5,01 – 7,50   | 7,51 – 10,00    | 10,01 – 15,00 | 15,01 – 20,00 | 20,01 – 30,00 |
| По количеству ГТУ             |               |              |                |               |                 |               |               |               |
| 2010                          | 11,64%        | 5,82%        | 9,32%          | 12,81%        | 7,28%           | 19,07%        | 0,58%         | 1,89%         |
| 2011                          | 17,43%        | 7,98%        | 9,90%          | 6,94%         | 6,65%           | 12,26%        | 0,74%         | 1,33%         |
| 2012                          | 29,08%        | 6,94%        | 15,21%         | 15,21%        | 3,13%           | 13,42%        | 0,45%         | 0,67%         |
| 2013                          | 16,39%        | 5,56%        | 7,08%          | 6,94%         | 5,97%           | 4,17%         | 6,11%         | 5,56%         |
| 2014                          | 18,34%        | 6,70%        | 9,35%          | 12,17%        | 6,35%           | 2,47%         | 6,88%         | 1,76%         |
| <b>среднее</b>                | <b>18,58%</b> | <b>6,60%</b> | <b>10,17%</b>  | <b>10,81%</b> | <b>5,88%</b>    | <b>10,28%</b> | <b>2,95%</b>  | <b>2,24%</b>  |
| По установленной мощности ГТУ |               |              |                |               |                 |               |               |               |
| 2010                          | 0,30%         | 0,35%        | 0,83%          | 1,54%         | 1,22%           | 5,61%         | 0,19%         | 1,53%         |
| 2011                          | 0,56%         | 0,53%        | 0,95%          | 0,96%         | 1,22%           | 4,08%         | 0,28%         | 0,80%         |
| 2012                          | 2,49%         | 1,27%        | 3,94%          | 5,71%         | 1,49%           | 11,54%        | 0,45%         | 0,99%         |
| 2013                          | 0,41%         | 0,28%        | 0,43%          | 0,77%         | 0,90%           | 1,00%         | 1,79%         | 2,58%         |
| 2014                          | 0,36%         | 0,27%        | 0,56%          | 1,08%         | 0,74%           | 0,45%         | 1,55%         | 0,61%         |
| <b>среднее</b>                | <b>0,82%</b>  | <b>0,54%</b> | <b>1,34%</b>   | <b>2,01%</b>  | <b>1,11%</b>    | <b>4,54%</b>  | <b>0,85%</b>  | <b>1,30%</b>  |
| БОЛЬШАЯ ЭНЕРГЕТИКА            |               |              |                |               |                 |               |               |               |
| Год                           | 30,01 – 60,00 |              | 60,01 – 120,00 |               | 120,01 – 180,00 |               | 180,01 и выше |               |
| По количеству ГТУ             |               |              |                |               |                 |               |               |               |
| 2010                          | 7,13%         |              | 5,68%          |               | 9,46%           |               | 9,32%         |               |
| 2011                          | 14,48%        |              | 9,90%          |               | 5,47%           |               | 6,94%         |               |
| 2012                          | 10,96%        |              | 2,01%          |               | 1,12%           |               | 1,79%         |               |
| 2013                          | 22,78%        |              | 2,64%          |               | 5,28%           |               | 11,53%        |               |
| 2014                          | 9,17%         |              | 1,76%          |               | 7,41%           |               | 17,64%        |               |
| <b>среднее</b>                | <b>12,90%</b> |              | <b>4,40%</b>   |               | <b>5,75%</b>    |               | <b>9,44%</b>  |               |
| По установленной мощности ГТУ |               |              |                |               |                 |               |               |               |
| 2010                          | 5,59%         |              | 10,07%         |               | 27,50%          |               | 45,26%        |               |
| 2011                          | 12,31%        |              | 19,02%         |               | 19,48%          |               | 39,80%        |               |
| 2012                          | 22,71%        |              | 8,50%          |               | 11,27%          |               | 29,65%        |               |
| 2013                          | 17,95%        |              | 4,35%          |               | 14,53%          |               | 55,00%        |               |
| 2014                          | 5,92%         |              | 2,05%          |               | 15,02%          |               | 71,39%        |               |
| <b>среднее</b>                | <b>12,90%</b> |              | <b>8,80%</b>   |               | <b>17,56%</b>   |               | <b>48,22%</b> |               |

Таблица 3.2.15

**Структура заказов ДГУ/ГПУ по диапазонам установленной электрической мощности с 2010 по 2014 гг.**

| МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА                    |               |               |               |              |              |              |               |               |               |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Год                                 | 0,50 - 1,00   | 1,01 - 2,00   | 2,01 - 3,50   | 3,51 - 5,00  | 5,01 - 7,50  | 7,51 - 10,00 | 10,01 - 15,00 | 15,01 - 20,00 | 20,01 - 30,00 |
| По количеству ДГУ и ГПУ             |               |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2010                                | 58,68%        | 33,03%        | 5,95%         | 0,49%        | 0,31%        | 1,15%        | 0,11%         | 0,21%         | 0,06%         |
| 2011                                | 49,02%        | 41,42%        | 7,03%         | 1,18%        | 0,27%        | 0,77%        | 0,04%         | 0,25%         | 0,01%         |
| 2012                                | 55,64%        | 35,10%        | 7,66%         | 0,41%        | 0,26%        | 0,56%        | 0,01%         | 0,36%         | 0,00%         |
| 2013                                | 56,86%        | 33,43%        | 7,81%         | 0,62%        | 0,45%        | 0,56%        | 0,03%         | 0,24%         | 0,01%         |
| 2014                                | 55,108%       | 34,953%       | 8,312%        | 0,592%       | 0,212%       | 0,582%       | 0,038%        | 0,190%        | 0,009%        |
| <b>среднее</b>                      | <b>55,06%</b> | <b>35,59%</b> | <b>7,35%</b>  | <b>0,66%</b> | <b>0,30%</b> | <b>0,72%</b> | <b>0,05%</b>  | <b>0,25%</b>  | <b>0,02%</b>  |
| По установленной мощности ДГУ и ГПУ |               |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2010                                | 34,85%        | 37,19%        | 11,66%        | 1,64%        | 1,40%        | 8,17%        | 1,14%         | 2,92%         | 0,92%         |
| 2011                                | 27,49%        | 44,54%        | 13,28%        | 3,84%        | 1,29%        | 5,38%        | 0,35%         | 3,47%         | 0,19%         |
| 2012                                | 33,12%        | 40,14%        | 15,05%        | 1,36%        | 1,18%        | 4,06%        | 0,09%         | 5,01%         | 0,00%         |
| 2013                                | 33,43%        | 38,63%        | 15,69%        | 2,09%        | 2,16%        | 4,18%        | 0,32%         | 3,33%         | 0,16%         |
| 2014                                | 32,49%        | 40,92%        | 16,17%        | 1,90%        | 0,75%        | 4,30%        | 0,43%         | 2,74%         | 0,17%         |
| <b>среднее</b>                      | <b>32,28%</b> | <b>40,28%</b> | <b>14,37%</b> | <b>2,17%</b> | <b>1,36%</b> | <b>5,22%</b> | <b>0,47%</b>  | <b>3,49%</b>  | <b>0,29%</b>  |
| БОЛЬШАЯ ЭНЕРГЕТИКА                  |               |               |               |              |              |              |               |               |               |
| Год                                 | 30,01 и выше  |               |               |              |              |              |               |               |               |
| По количеству ДГУ и ГПУ             |               |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2010                                | 0,00%         |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2011                                | 0,01%         |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2012                                | 0,00%         |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2013                                | 0,00%         |               |               |              |              |              |               |               |               |
| 2014                                | 0,003%        |               |               |              |              |              |               |               |               |

|  |       |
|--|-------|
| среднее                                    | 0,00% |
| <b>По установленной мощности ДГУ и ГПУ</b> |       |
| 2010                                       | 0,11% |
| 2011                                       | 0,17% |
| 2012                                       | 0,00% |
| 2013                                       | 0,00% |
| 2014                                       | 0,12% |
| среднее                                    | 0,08% |

Анализ динамики заказов генерирующего оборудования показал, что в рассматриваемый период наблюдается устойчивый интерес энергопотребителей без резких колебаний (за исключением 2012-го года в отношении ГТУ) к рассматриваемым энергоустановкам в количественном и мощностном выражениях: в сравнении с 2010-ым годом произошло увеличение продаж. В региональном разрезе высокий спрос на энергоустановки сохраняется в развитых странах Западной Европы и Северной Америки, а также на Дальнем и Ближнем Востоке. Позитивные тенденции наблюдаются в Южной Азии и Австралии (таблица 3.2.11). Это свидетельствует о востребованности данного энергооборудования в результате стабильного увеличения спроса на источники электроэнергии в результате роста экономики.

Достаточно стабильной осталась структура заказов генерирующих установок в количественном выражении (таблица 3.2.9): среди приобретаемых установок уверенно лидируют энергоустановки на базе ДВС (свыше 97% за весь рассматриваемый период). ДГУ и ГПУ преимущественно (свыше 95% как в количественном, так и в мощностном выражениях) выпускаются в большом объеме на небольшие мощности (до 10 МВт), где они наиболее конкурентоспособны в сравнении с аналогами (в том числе благодаря технологической возможности и экономической целесообразности использования их в качестве резервных источников энергоснабжения). Следовательно, спрос на них в количественном разрезе для энергопотребителей малой энергетики очень высокий. Наиболее широкое распространение ДГУ и ГПУ с 2010-го по 2014-ый гг. получили в Западной Европе, Северной Америке, Ближнем и Дальнем Востоке (таблица 3.2.11) [6]. Спрос на ПТУ и ГТУ в количественном выражении невысок, так как они ввиду своих технических

характеристик в основном эксплуатируются на более высоких мощностях (свыше 30 МВт) и требуют более высоких инвестиций.

Структура заказов энергоустановок по установленной мощности после 2012-го также стабилизировалась (таблица 3.2.10): ГТУ вместе с ДГУ/ГПУ занимают более 80% рынка. Это обусловлено тем, что данные энергоустановки функционируют наиболее эффективно в самых востребованных энергопотребителями мощностных диапазонах (до 200 МВт): экономичность работы ПТУ на более низких мощностях гораздо ниже, чем у ДГУ/ГПУ и ГТУ [87, 134]. Другая причина сложившейся ситуации – ввод новых энергоэффективных парогазовых энергоблоков и реконструкция старых паротурбинных ТЭС, использующих ГТУ большой мощности (свыше 120 МВт) [87].

Количество продаж ПТУ увеличилось в количественном и мощностном выражениях, при этом ПТУ малой мощности наиболее востребованы в количественном выражении в странах Южной Азии, Австралии, Северной Америке и Западной Европе (таблица 3.2.11) [6]. В мощностном выражении наибольшую долю занимают крупные энергоустановки (свыше 120 МВт), используемые в большой энергетике, что является наиболее предпочтительным для них с технологической точки зрения. При этом в общей структуре заказов данные энергоустановки занимают существенно меньшую долю, чем ГПУ\ДГУ и ГТУ (не более 20%).

ГТУ большей мощности (свыше 30 МВт) стали более популярны в Северной Америке, Ближнем и Дальнем Востоке (таблица 3.2.11) [6], в том числе за счет их использования в парогазовых энергоблоках и большей эффективности на средних (от 30 МВт до 120 МВт) и высоких мощностях (свыше 120 МВт).

Лидером среди генерирующих установок малой энергетики являются ДГУ/ГПУ (99,92% от всей установленной мощности ДГУ/ГПУ за 5 лет), далее следуют ГТУ (12,52%) и ПТУ (6,02%).



Анализ динамики заказов генерирующего оборудования (таблицы 3.2.9-3.2.15) показал, что:

- мощностной диапазон является одной из ключевых характеристик, определяющих рациональную область применения и эффективность генерирующей установки. Востребованность энергоустановки со стороны энергопотребителя находится в значительной зависимости от данной характеристики, так как эффективность и преимущества, свойственные определенному типу установки в одном диапазоне, могут нивелироваться в другом.

- при анализе структуры заказов по мощностным диапазонам наблюдается следующая тенденция (таблицы 3.2.13-3.2.15):

- ПТУ в количественном выражении (шт.) наиболее востребованы в диапазоне до 60 МВт, а по установленной мощности (МВт) – в диапазоне свыше 120 МВт;

- ГТУ в количественном выражении (шт.) наиболее востребованы в диапазонах до 15 МВт и от 30 до 60 МВт, а по установленной мощности (МВт) – в диапазоне свыше 30 МВт;

- ДГУ/ГПУ в количественном выражении (шт.) наиболее востребованы и по установленной мощности (МВт) наиболее востребованы в диапазоне до 3,5 МВт.

- ДГУ и ГПУ являются наиболее конкурентоспособными и востребованными в мощностных диапазонах до 10 МВт;

- ПТУ являются наиболее конкурентоспособными и востребованными в мощностных диапазонах свыше 200 МВт;

- острая конкуренция между ДГУ/ГПУ и ГТУ наблюдается в мощностных диапазонах между 10 и 30 МВт;

- острая конкуренция между ПТУ и ГТУ наблюдается в мощностных диапазонах между 120 и 200 МВт;

- идентифицирован высокий спрос на рассматриваемые энергоустановки на базе ДВС для нужд малой энергетики (для ПГУ и ГТУ более свойственно применение их для нужд большой энергетики).

Сегодня ГТУ и созданные с их использованием ПГУ заняли прочное место в мировой практике. Серийно выпускаются ГТУ установленной мощностью 300-400 МВт с КПД до 40% (таблица 3.2.14). На их основе строятся и вводятся в эксплуатацию ПГУ мощностью 500-600 МВт с одной ГТУ и 1000-1200 МВт с двумя ГТУ при КПД нетто до 60% [11]. Однако следует отметить значительную потребность в энергоустановках малой мощности, что связано с широким использованием их при создании энергетических комплексов с ВИЭ и в установках распределенной энергетики [86]. Доля ВИЭ в общей структуре установленных мощностей по различным странам составляет: в Дании – 40%, Португалии – 23%, Испании – 27%, Ирландии – 20%, Германии – 13%, Великобритании – 12%. При этом отмечается значительный прирост инвестиций в «зеленую энергетику» и увеличение ввода новых генерирующих мощностей на базе ВИЭ в крупнейших экономиках: США и КНР. Так согласно [3] 68% построенных в 2015-ом году в США мощностей (10,9 ГВт) относятся к ВИЭ (из них 8,5 ГВт – ветряные электростанции (ВЭС)), а инвестиции в развитие ВИЭ составили 56 млрд. \$ (30,2 \$ млрд. было инвестировано в солнечную энергетику, 11,6 млрд. \$ — на ветряную, 11,1 млрд. \$ — на развитие электросетей и общее повышение энергоэффективности). Правительство КНР в 2015-ом году ввело в эксплуатацию 33 ГВт новых мощностей на базе ВЭС, общая установленная мощность ВЭС в стране составила 148 ГВт (34% от установленной мощности всех ВЭС в мире). По данным Международной ассоциации ветроэнергетики в 2015-ом году общая установленная мощность ВЭС увеличилась на 63,7 ГВт, составив 435 ГВт.

Строительство дополнительных источников малой мощности предусматривает их расположение в непосредственной близости от потребителей, сооружения новых распределительных электросетей или

присоединения к электросети на среднем (от 1 до 52 кВ) и низком (до 1 кВ) напряжениях.

*Структура заказов генерирующего оборудования на мировом рынке по способу эксплуатации* приведена в таблице 3.2.16. Известно, что немаловажной составляющей для проводимого маркетингового анализа является информация о способах применения или технической гибкости к режимам приобретаемых энергоустановок. В таблице 3.2.16 выделены следующие области применения: в качестве основного энергоисточника, резервного и в качестве пиковой электростанции.

Таблица 3.2.16

**Область применения генерирующих энергоустановок с 2010 по 2014 гг. (в % от количества)**

| Год                            | 2010   | 2011   | 2012    | 2013    | 2014   |
|--------------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|
| <b>ПТУ</b>                     |        |        |         |         |        |
| Резервный энергоисточник       | 0,00%  | 0,81%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,83%  |
| Пиковая электростанция         | 1,16%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  |
| Основной энергоисточник        | 98,84% | 99,19% | 100,00% | 100,00% | 99,17% |
| <b>ГТУ</b>                     |        |        |         |         |        |
| Резервный энергоисточник       | 17,47% | 27,18% | 36,02%  | 29,27%  | 34,61% |
| Пиковая электростанция         | 7,28%  | 6,20%  | 0,67%   | 5,05%   | 2,21%  |
| Основной энергоисточник        | 75,25% | 66,62% | 63,31%  | 65,68%  | 63,18% |
| <b>ДГУ и ГПУ</b>               |        |        |         |         |        |
| Резервный энергоисточник       | 54,92% | 56,48% | 48,63%  | 51,25%  | 47,57% |
| Пиковая электростанция         | 1,02%  | 0,73%  | 1,28%   | 3,10%   | 1,97%  |
| Основной энергоисточник        | 44,06% | 42,79% | 50,08%  | 45,65%  | 50,46% |
| <b>Энергоустановки в общем</b> |        |        |         |         |        |
| Резервный энергоисточник       | 53,94% | 55,76% | 48,27%  | 50,61%  | 47,20% |
| Пиковая электростанция         | 1,16%  | 0,83%  | 1,27%   | 3,12%   | 1,97%  |
| Основной энергоисточник        | 44,90% | 43,41% | 50,46%  | 46,28%  | 50,83% |

Способы эксплуатации энергоустановки определяется, прежде всего, ее технологическими особенностями. Так ПТУ достаточно низкоманевренны, длительное время выходят на уровень номинального КПД и имеют экономическую зависимость функционирования от степени загрузки, поэтому эксплуатируются в базовой части суточного графика нагрузки.

В 2014-ом году среди приобретаемых ПТУ в количественном выражении 31,95% установок являлись конденсационными, 53,25% – когенерационными

ПТУ с турбинами с противодавлением, 7,10% – ПТУ с перегревом пара, 7,70% – ПТУ с регулируемым отбором пара.

ДГУ/ГПУ и ГТУ не обладают представленными выше недостатками, поэтому находят более широкое применение, однако, ввиду эффективности использования генерирующих установок в номинальных условиях функционирования, эксплуатируются, прежде всего, как основные источники энергии. Это вытекает из их технологических особенностей и экономической целесообразности их применения.

Следует отметить, что среди ДГУ и ГПУ на протяжении всего рассматриваемого интервала времени существенно преобладают установки с высокой частотой вращения (свыше 1000 об/мин).

*Структура заказов генерирующего оборудования на мировом рынке в зависимости от вида топлива* представлена в таблице 3.2.17.

Таблица 3.2.17

**Виды используемых топлив в ДГУ/ГПУ и ГТУ с 2010 по 2014 гг.**

| Год                | 2010                               | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  |
|--------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Вид топлива</b> | <b>ДГУ/ГПУ (% от всех заказов)</b> |       |       |       |       |
| Дизельное топливо  | 88,41                              | 96,21 | 88,28 | 89,62 | 90,42 |
| Твердое топливо    | 2,23                               | 0,02  | 0,74  | 1,03  | 0,64  |
| Два вида топлива   | 0,12                               | 0,01  | 0,35  | 0,19  | 0,01  |
| Жидкое биотопливо  | 0,01                               | 0,00  | 0,03  | 0,03  | 0,02  |
| Природный газ      | 9,23                               | 3,76  | 10,60 | 9,14  | 8,91  |
| <b>Вид топлива</b> | <b>ГТУ (% от всех заказов)</b>     |       |       |       |       |
| Дизельное топливо  | 8,44                               | 15,95 | 18,57 | 13,10 | 12,65 |
| Твердое топливо    | 12,23                              | 15,05 | 17,00 | 12,54 | 18,45 |
| Два вида топлива   | 30,13                              | 28,46 | 29,98 | 22,25 | 18,28 |
| Природный газ      | 49,20                              | 40,54 | 34,45 | 52,11 | 50,62 |

Как видно из таблицы 3.2.17 за исключением 2011-го года структура используемого в ДГУ/ГПУ топлива остается в целом стабильной: наиболее распространенным видом топлива является дизельное, затем – природный газ. В энергоустановках на базе ДВС дизельное топливо в основном применяется для ДГУ, преимущественно эксплуатируемых в качестве резервных источников энергоснабжения (для ДГУ в качестве основных источников энергоснабжения – в меньшей степени). В ГПУ, эксплуатируемых в качестве основных источников

энергоснабжения и пиковых электростанций, используется природный газ, что обусловлено его большей экологической эффективностью и меньшей стоимостью. Экологический и экономический эффекты от его применения проявляются как в раз в более длительных режимах эксплуатации.

Природный газ широко используется во всех мощностных диапазонах ГТУ (особенно от 5 до 60 МВт и свыше 120 МВт), дизельное топливо в основном применяется в ГТУ мощностью менее 5 МВт, а твердое топливо в ГТУ мощностью менее 5 МВт и свыше 120 МВт. Почти во всех мощностных диапазонах широко распространены двухтопливные ГТУ, однако, после 2012-го года их количество уменьшилось из-за увеличения ГТУ, использующих только природный газ.

Сведения по ПТУ не приведены, так как в данном виде энергоустановок преобразование первичного энергоносителя происходит в паровом котле, то есть ПТУ являются мультитопливными энергоустановками.

*Основные производители генерирующего оборудования* приведены в таблице 3.2.18.

Таблица 3.2.18

**Основные производители ПТУ, ГТУ и ДГУ/ГПУ на мировом рынке**

| <b>ДГУ и ГПУ</b>   | <b>ГТУ</b>  | <b>ПТУ</b>  |
|--|---|---|
| Caterpillar Inc. (includes MWM, Mak and FGWilson Power Gen brands)<br>Cummins Power Generation<br>Dresser-Rand Guascor Engines and Gensets<br>Fairbanks Morse<br>GE Power & Water<br>Hyundai Heavy Industries, Engine and Machinery Division<br>MAN Diesel & Turbo SE (including license-built engines)<br>Mitsubishi Heavy Industries Ltd.<br>Niigata Power Systems Co. Ltd.<br>Rolls-Royce Power Systems AG<br>Wärtsilä Corp.<br>Yanmar Co. Ltd. | Ansaldo Energia S.p.A.<br>GE Oil & Gas<br>GE Power & Water<br>Kawasaki Heavy Industries Ltd.<br>MAN Diesel & Turbo SE<br>Mitsubishi Hitachi Power Systems Ltd.<br>Motor Sich<br>Niigata Power Systems Co. Ltd.<br>OPRA Turbines<br>Power Machines<br>Siemens AG<br>Solar Turbines Inc.<br>Vericor Power Systems<br>Zorya-Machproekt | Ansaldo Energia S.p.A.<br>Dresser-Rand Co.<br>Elliott Group<br>Fincantieri S.p.A. - Marine Systems and Components Business Unit<br>GE Oil & Gas<br>GE Power & Water<br>MAN Diesel & Turbo SE<br>Mitsubishi Heavy Industries Compressor Corp.<br>Mitsubishi Hitachi Power Systems Ltd.<br>Power Machines |

Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию ПГУ не являются простой задачей, реализуемой за счет приобретения уже готовой ПГУ (особенно при реконструкции старой ТЭС) и компоновки ГТУ и ПТУ. Строительство ТЭС на базе ПГУ предусматривает использование услуг большого количества организаций, выполняющих различные функции в рамках реализации комплексного сложного проекта. Среди компаний, оказывающих основную часть подобных услуг (в том числе по производству основного энергооборудования ПГУ) можно выделить ABB, Alstom (ныне GE), Babcock-Hitachi, Siemens AG.

Направление по созданию мощных (свыше 300 МВт) ПГУ в РФ начало активно развиваться в 90-х годах XX века. В период с 1990-го по 1995-ый год были разработаны первые проекты отечественных ПГУ большой мощности. В 2000-ом году ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ в г. Санкт-Петербург (электрическая мощность – 450 МВт, КПД в конденсационном режиме – 51-52%) стала первой мощной ПГУ, введенной в постоянную эксплуатацию на территории РФ [177]. Основными конструкционными элементами данной энергоустановки являются 2 ГТУ типа V94.2 фирмы Siemens (изготовлено СП «Интертурбо»), 2 котла-утилизатора (КУ) (ОАО «ЗИО-Подольск»), 1 ПТУ (ОАО «ЛМЗ»). За строительством указанного энергоблока последовало создание целого ряда ПГУ подобного типа. Еще одним примером мощной ПГУ, создание которой относится к тому же периоду времени, является ПГУ-325 электрической мощностью 327 МВт с КПД 51,5% [123], которая состоит из 2 ГТУ (производитель ОАО «Сатурн», разработчик НПО «Машпроект»), 2 КУ (ОАО «ЗИО-Подольск») и 1 ПТУ (производитель ОАО «ЛМЗ»). 2 парогазовых энергоблока входят в состав электростанции «Ивановские ПГУ» ОАО «Интер РАО» [94].

В настоящее время на территории РФ продолжается активное проектирование и строительство парогазовых энергоблоков. Из основного оборудования парогазовых энергоблоков отечественные производители разрабатывают и производят паросиловую часть вместе с

электрооборудованием (КУ и ПГУ). Использование более совершенного оборудования (главным образом ГТУ) иностранного производства при реализации проектов по строительству новых ПГУ в РФ позволило выйти на качественно новый уровень КПД выработки электроэнергии на российских ТЭС. КПД лучших образцов российских мощных парогазовых энергоблоков превышает 58%, что соответствует лучшим мировым аналогам. КПД наиболее эффективных мировых образцов ПГУ большой мощности в конденсационном режиме достигает уровня в 60-61% [123], что на 2-3% превышает аналогичное значение лучших российских образцов. Такой уровень КПД обеспечивается главным образом за счет применения в ПГУ более совершенных газотурбинных двигателей. Строительство и ввод в коммерческую эксплуатацию ПГУ с КПД на уровне 60% приходится на временной период с 2010-го по 2011-ый годы. Первыми парогазовыми энергоблоками со столь высоким КПД стали энергоустановки на базе газовых турбин Siemens SCC5-8000H и Mitsubishi Heavy Industry M701F4, введенные в коммерческую эксплуатацию в 2010-ом году в Японии и в 2011-ом году в Германии [123].

По этому ключевому показателю энергоблок №8 ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго» на базе ПГУ-420 (далее ПГУ-420), созданный в результате выполнения НИОКР и введенный в эксплуатацию в 2011-ом году, являлся самым совершенным в РФ на период ввода его в эксплуатацию, находится на одном уровне с лучшими мировыми образцами и остается самым экономичным и энергоэффективным энергоблоком, построенным на территории РФ (КПД энергоблока в конденсационном режиме составляет 59,08% [148]). Это хорошо видно из данных, представленных в таблице 3.2.19 [44, 61-62, 88, 135, 147, 185], в которой приведены основные показатели наиболее близких по характеристикам российских ПГУ, которые уже эксплуатируются, а также находятся в стадии строительства (в данном случае указаны проектные характеристики).

Кроме обеспечения высокого КПД при работе в номинальном режиме, была решена уникальная задача по обеспечению столь же высокого уровня

тепловой экономичности в широком диапазоне нагрузок, которая прежде при строительстве высокоэффективных парогазовых энергоблоков не ставилась, т.к. предполагалось, что они должны работать в базовой части графика нагрузки. Указанная сложнейшая задача была успешно решена за счет использования комплекса технических решений, которые были найдены при создании газотурбинной и паротурбинной частей энергоблока.

Еще одной отличительной особенностью ПГУ-420 является уникальная ГТУ, на базе которой создан энергоблок: ее конструкция предполагает две камеры сгорания, что позволяет получить высокий уровень экономичности как газотурбинного двигателя, так и парогазового блока при сравнительно низком уровне начальных температур газов – 1235 °С. Такое решение существенно упрощает и удешевляет эксплуатацию установки и увеличивает надежность ее работы по сравнению с машинами Siemens и Mitsubishi, указанными выше, начальная температура газа в которых находится на уровне 1450-1500 °С [207].

Таким образом, ПГУ-420 имеет лучший среди аналогов в РФ КПД по выработке электрической энергии (59,08%) [148] и высочайший уровень тепловой экономичности в широком диапазоне нагрузок при достаточно низком уровне начальных температур газов (1235 °С). Опыт эксплуатации подтверждает высокую эффективность ПГУ-420 и ее соответствие проектным значениям.

Эти события (создание высокоэкономичных ПГУ в разных местах примерно в одно и тоже время независимо друг от друга) в очередной раз подтверждают наличие существования не зависящей от воли конкретных людей объективной закономерности одновременного и независимого возникновения в разных местах одинаковых потребностей [122, 123]. Именно поэтому энергетические характеристики ПГУ-420 на момент пуска в эксплуатацию находятся на уровне лучших мировых достижений.

На рис. 3.2.1 представлена ретроспективная зависимость изменения КПД ПГУ в течение времени.



Таблица 3.2.19

## Основные показатели и состав оборудования российских ПГУ большой мощности

| Электрическая мощность блока, МВт | Тепловая мощность блока, Гкал/ч | КПД в ном режиме, % | Место возведения / год ввода в эксплуатацию                  | Ген. подрядчик             | Тип компоновки | Газовая турбина (производитель, марка, мощность) | Паровая турбина (производитель, марка, мощность) | КУ (тип, производитель)   | Электрогенератор (производитель)            |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------|--|----------------------------|----------------|--|--|---|---|
| 420                               | 265                             | 59,08               | ТЭЦ-26 (ОАО «Мосэнерго») / 2011                              | Alstom + ЭМ-Альянс         | многовальная   | Alstom GT26 274 МВт                              | Alstom SFT50C 146 МВт                            | трехконтурный ЭМ-Альянс   | Alstom                                      |
| 420                               | 195                             | 58,2                | ТЭЦ-16 (ОАО «Мосэнерго») / 2014                              | ОАО «ТЭК Мосэнерго»        | многовальная   | SGT5-400F Siemens                                | SST5-5000 c Siemens                              | трехконтурный ОАО «ЭМАльянс»  | Siemens                                     |
| 419,5                             | -                               | 58,59               | Серовская ГРЭС (Финвал ОАО «ОГК-2») / в стадии строительства | ОАО «Группа Е4»            | одновальная    | Siemens SGT5-4000F 280 МВт                       | Siemens SGT5-3000 140 МВт                        | трехконтурный, «ЭМАльянс» по лицензии NOOTER/ERIKSE N, INC                | Siemens SGen5-2000H                         |
| 418,9                             | -                               | 58,7                | Череповецкая ГРЭС (Финвал ОАО «ОГК-2») / 2014                | ОАО «Группа Е4»            | одновальная    | Siemens SGT5-4000F 280 МВт                       | Siemens SGT5-3000 140 МВт                        | трехконтурный, «ЭМАльянс» по лицензии NOOTER/ERIKSE N, INC                | Siemens SGen5-2000H                         |
| 418,9                             | -                               | 58,75               | Няганская ГРЭС (ОАО «Фортум») / 2013                         | ОАО «Группа Е4»            | одновальная    | Siemens SGT5-4000F 280 МВт                       | Siemens SGT5-3000 140 МВт                        | ЭМАльянс» по лицензии NOOTER/ERIKSE N, INC                                | Siemens SGen5-2000H                         |
| 425                               | -                               | 56,6                | Яйвинская ГРЭС (ОАО «ЭОН Россия») / 2011                     | ENKA Insaat ve Sanayi A.S. | одновальная    | Siemens SGT5-4000F мощностью 285 МВт             | Siemens SST5-3000 мощностью 130 МВт              | вертикального типа 3-х контуров давления производства СМТ (США + Бельгия) | Siemens SGen5-2000H                         |
| 450                               | 220                             | 57,4                | Крапивинская ТЭЦ (ООО «ЛУКОЙЛ-Кубаньэнерго») / 2011          | ОАО «Группа Е4»            | многовальная   | MITSUBISHI M701F4 303,94 МВт.                    | УТЗ Т-113/145-12,4 145,7 МВт                     | трех давлений ОАО ТКЗ «Красный котельщик» (ОАО «ЭМАльянс»)                | Mitsubishi Electric Company НПО «ЭЛСИБ» ОАО |

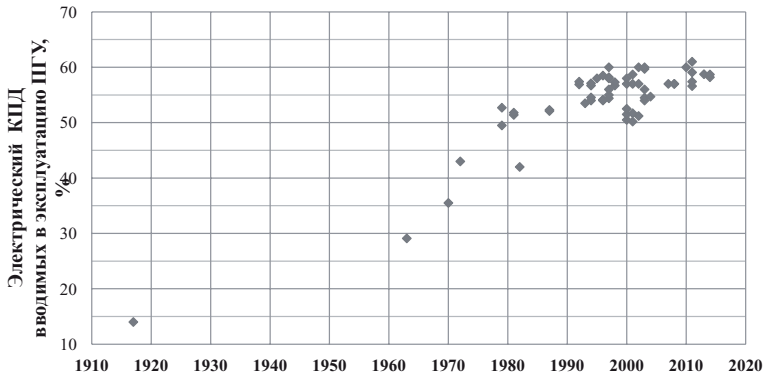


Рис. 3.2.1. Эволюция ключевого параметра (КПД) ПГУ  
(составлено авторами на основе источника [150, 152, 183])

Подробно рассмотренные ранее генерирующие системы за исключением ДГУ и ГПУ, прежде всего, ориентированы на мощностные диапазоны свыше 500 кВт. В диапазонах мощностей до 500 кВт энергоустановки на базе ДВС имеют серьезных конкурентов со стороны МТУ при их использовании в качестве основных, пиковых и резервных источников энергоснабжения.

Первоначальные расчеты [130] демонстрируют, что с экономической точки зрения по критерию «Дисконтированная совокупная стоимость владения» (см. подраздел 2.6) ГПУ являются более предпочтительным вариантом в сравнении с МТУ и ДГУ, но при этом МТУ лучше, чем ДГУ. Более объективная оценка конкурентоспособности генерирующих систем в этом диапазоне требует комплексного технико-экономического анализа, так как МТУ при более плохом показателе *DTCO* имеют следующие технические преимущества перед энергоустановками на базе ДВС:

- компактность и возможность размещения в труднодоступных местах;
- массогабаритные показатели;
- экологичность;
- отсутствие масла и быстро изнашивающихся деталей;

- отсутствие теплоносителя в технологическом процессе;
- более простая система охлаждения;
- увеличенный интервал времени между остановами для проведения ТО и капремонта.

В мощностном диапазоне от 15 до 30 кВт энергоустановки на базе ДВС (ГПУ, ДГУ и бензогенераторные установки) уступают МТУ по вышепредставленным техническим показателям (они имеют наиболее приоритетное значение для мощности 15-30 кВт и энергоснабжения специализированных автономных объектов).

Среди ведущих компаний-производителей МТУ можно выделить Capstone, Opra, Turbec, Calnetix, Honeywell Power Systems, Ingersoll Rand, Toyota, Honda и Bowman.

Таким образом, можно констатировать, что МТУ с учетом перспективных научно-технических разработок являются серьезными конкурентами энергоустановок на базе ДВС при их использовании в качестве основных и резервных источников энергоснабжения, а также являются наиболее конкурентоспособными из ряда рассматриваемых в мощностном диапазоне до 30 кВт при их использовании в качестве источников энергоснабжения комплексов автономных объектов.

Проведенное комплексное маркетинговое исследование мирового рынка энергоустановок (ПТУ, ГТУ, ГПУ/ДГУ), используемых на ТЭС, для различных условий эксплуатации и мощностных диапазонов, показало, что:

- современное развитие энергетики базируется на использовании, в основном генерирующего оборудования малой мощности;
- основными предпосылками внедрения энергоустановок малой мощности являются последствия реформирования электроэнергетики во многих странах, стремлении многих потребителей стать независимыми от централизованного энергоснабжения и создания в рамках своей инфраструктуры энергоисточников в виде собственных электростанций.

Результаты данного исследования могут быть востребованы специалистами и исследователями в сфере энергетики при разработке экономических и отраслевых прогнозов, бизнес-планов, технико-экономических обоснований и осуществлении деятельности в области развития энергосистем, систем энергоснабжения предприятий, проектирования и эксплуатации ТЭС.

Таким образом, можно перейти к анализу текущего состояния малой энергетики РФ.

### **3.3. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РФ**

В настоящее время в мировой энергетике значительное внимание уделяется строительству небольших по общей установленной мощности (до 30 МВт) тепловых электростанций (ТЭС) в непосредственной близости к источникам топлива и промышленным потребителям (без сооружения дополнительных протяженных распределительных электросетей), часто с использованием принципа когенерации [58, 59]. Появилось высокоэффективное оборудование малой мощности на базе ГТУ, ПГУ, ДГУ и ГПУ – энергоустановок на базе ДВС. Данные энергоустановки не уступают по энергетической эффективности, экологическим и технико-экономическим показателям высокомогущему генерирующему оборудованию, а также не требуют строительства дорогостоящих ЛЭП, что в значительной степени снижает потери электроэнергии при передаче и капитальные затраты при подключении потребителя к источнику энергии. В связи с этим энергоустановки малой мощности находят широкое применение в современной электроэнергетике в качестве основных источников энергоснабжения промышленных предприятий, УНП, резервных и аварийных источников энергоснабжения, мобильных электростанций и специализированных источников электроснабжения автономных объектов [134].

Развитие электроэнергетики за счет строительства крупных энергоблоков большой мощности и сооружения протяженных магистрального и

распределительного ЭСК продолжается, прежде всего, в развивающихся странах. В развитых странах это было оправданным и наиболее экономичным вариантом развития электроэнергетики в предшествующее время, однако в настоящий момент потенциал централизованного энергоснабжения практически исчерпан [96]. Особенная ситуация в электроэнергетике России. Так, согласно отчету Министерства энергетики РФ об итогах деятельности за 2015-ый год [102], общая установленная мощность всех электростанций России составляет 243,2 ГВт (увеличение на 1,2% в сравнении с 2014-го года) при максимуме нагрузки 150,3 ГВт (уменьшение на 4,7% в сравнении с 2014-ым годом) и снижении электропотребления до 1036,4 млрд. кВт·ч (уменьшение на 0,4% в сравнении с 2014-ым годом), то есть коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) российских электростанций находится на уровне ~50%. Среднегодовое значение ремонтной мощности варьируется в пределах 13-14% от общей установленной мощности всех электростанций РФ [204]. При этом наблюдается стабильный ежегодный прирост общей установленной мощности электростанций РФ, прежде всего, за счет ввода в эксплуатацию крупных энергоблоков высокомошных ТЭС (в 2015-ом году по ЕЭС России было введено 4,7 ГВт установленной мощности электростанций, из них 3,67 ГВт – ТЭС [102]). Ввод новых генерирующих мощностей при их очевидном переизбытке существенно превышает вывод из эксплуатации устаревших мощностей [102]. Вместе с тем 77% ЛЭП имеют нагрузку менее 30%, а средняя загрузка силовых трансформаторов составляет 45% от номинального значения [106] при износе подстанций магистрального и распределительного ЭСК на уровне 60-70% [106]. Это свидетельствует о нерациональности обеспечения потребителей электрической и тепловой энергией за счет строительства и ввода в эксплуатацию новых дорогостоящих высокомошных энергоблоков ТЭС без вывода из эксплуатации морально устаревших и отработавших свой ресурс крупных ТЭС (около 60% оборудования российских крупных ТЭС профункционировали свыше 30 лет

[204] и имеют высокую степень износа, низкий остаточный ресурс и частоту аварийных ремонтов (см. также подраздел 1.4) [140]).

Таким образом, одним из перспективных вариантов по решению задач эффективного энергоснабжения промышленных потребителей является применение когенерационных ТЭС на основе энергоустановок малой мощности (мини-ТЭС и мини-ТЭЦ).

Для проведения анализа по вышеупомянутой тематике необходимо дать определение понятию «малая энергетика» в контексте российской энергетики. Согласно перечню нормативных документов, представленных в таблице 3.3.1, «малая энергетика – это сегмент энергетического хозяйства, включающий в себя малые генерирующие комплексы мощностью до 30 МВт, которые функционируют на основе традиционных видов топлива и на основе ВИЭ, как подключенных, так и не подключенных к ЕЭС» [134].

Таблица 3.3.1

**Основные нормативно-правовые акты, определяющие функционирование и развитие малой энергетики РФ [134]**

| Наименование законодательного акта  | Дата принятия                        |
|---|--------------------------------------|
| Федеральный закон №35-ФЗ «Об электроэнергетике» [203]   | 26.03.2003<br>(в ред. от 25.11.2013) |
| Постановление Правительства РФ №54 «О федеральной целевой программе «Национальная технологическая база» на 2007 - 2011 годы»  | 29.01.2007<br>(ред. от 26.11.2007)   |
| Распоряжение Правительства РФ №215-р «О Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 года»   | 22.02.2008                           |
| «Правила квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии», утверждены Постановлением Правительства РФ № 426    | 03.06.2008                           |
| Распоряжение Правительства РФ №1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года»   | 17.11.2008                           |
| Распоряжение Правительства РФ №132-р «О Концепции устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ»                                   | 04.02.2009                           |
| Перечень поручений Президента РФ по итогам расширенного заседания президиума Государственного совета РФ (Пр – 1802ГС)   | 02.07.2009                           |
| Распоряжение Правительства РФ №1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» [215]   | 13.11.2009                           |
| Федеральный закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [202] | 23.11.2009                           |
| Распоряжение Правительства РФ №2094-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года»             | 28.12.2009                           |
| Федеральный закон №190-ФЗ «О теплоснабжении»  | 27.07.2010                           |
| Протокол заседания Правительственной комиссии по высоким технологиям и  | 03.08.2010                           |

|  |            |
|--|------------|
| инновациям №4  |            |
| Распоряжение Правительства РФ №1485-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа до 2025 года» | 06.09.2010 |
| Протокол заседания Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям №2   | 01.04.2011 |
| Протокол заседания второй Всероссийской конференции «Развитие малой распределенной энергетики в России»  | 29.10.2012 |
| Распоряжение Правительства РФ № 511-р «Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации»  | 03.04.2013 |
| Постановление Правительства РФ № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики"»       | 15.04.2014 |

Основу «малой» энергетики России по оценкам экспертов [100, 110] составляют свыше 30000 различных промышленных электростанций суммарной электрической мощностью 10-11 ГВт (~4% от всей установленной мощности электростанций РФ на начало 2016-го года). Их доля в общей установленной мощности электростанций РФ имеет следующий вид в региональном распределении по РФ [100, 110]: ЦФО – 1%, СЗФО – 5,6%, ПФО – 1,6%, ЮФО – 6,2%, СКФО – 1,4%, УФО – 8,3%, СФО – 4,4%, ДФО – 13,8%. ]. Из них примерно ¼ часть является передвижными, а остальные – стационарными [93]. Данные установки используются для автономного (полного или частичного) или резервного энергообеспечения потребителей, находящихся в пределах ЕЭС (как в рамках функционирования ОРЭМ [159] и РРЭМ в рамках ЕЭС России [160], так и вне их), так и на технологически изолированных от ЕЭС территориях [54, 97, 144, 156].

По оперативным данным ОАО «Системный Оператор Единой Энергетической Системы» [162] выработка электроэнергии всеми электростанциями РФ за январь-февраль 2016-го года составила 194,0 млрд. кВт·ч. При этом выработка крупных ТЭС составила 121,4 млрд. кВт·ч, выработка АЭС – 35,0 млрд. кВт·ч, выработка гидроэлектростанциями (ГЭС) – 25,2 млрд. кВт·ч, выработка электростанций промышленных предприятий – 10,7 млрд. кВт·ч. Из приведенных данных видно, что электростанции промышленных предприятий играют существенную роль в структуре генерации электроэнергии в РФ: объем их выработки сопоставим с аналогичным показателем АЭС и ГЭС и в динамике увеличивается. Кроме

этого, они имеют более высокий показатель КИУМ с тенденцией его стабильного роста: с 2009-го до 2014-го года он увеличился с 55,4 до 60,4%, а у крупных ТЭС уменьшился с 54,6% до 48,6% за этот же период. Электростанции промышленных предприятий также могут успешно решать задачи покрытия суточных графиков в виду своей маневренности. С другой стороны, рост доли собственной генерации промышленных предприятий обусловлен неоднозначностью реформы электроэнергетики и несовершенством механизмов функционирования ОРЭМ и РРЭМ [125]. При этом необходимо отметить, что на современном этапе развития электроэнергетики «малая» энергетика должна не противопоставляться «большой» энергетике, а гармонично дополнять ее с целью обеспечения безопасности, надежности и эффективности функционирования электроэнергетического комплекса РФ.

Активное развитие малой энергетики РФ в перспективе может позволить повысить энергобезопасность и эффективность региональных и муниципальных энергосистем, осуществить диверсификацию генерирующих мощностей за счет интенсивного использования местных видов топлива, а также в значительной мере снизить потери тепловой и электрической энергий при их транспортировке, что подтверждается исследованиями ряда специалистов [54, 77, 80, 93, 97, 157]. Все вышеперечисленное в комплексе позволит повысить результативность организационных механизмов по обеспечению УР регионов и отраслей промышленности РФ [133].

Однако помимо технических и технологических трудностей [77, 93, 97] (например, необходимости координации токов короткого замыкания при строительстве объектов собственной генерации, проблемы ввода энергоустановок в эксплуатацию, пуско-наладочных работ, электромагнитной совместимости, сервисного технического обслуживания и т.д.) [120], стоящих перед развитием объектов малой энергетики, в настоящее время исследователями (например, [106]) выделяется ряд организационно-экономических проблем, препятствующих успешному развитию малой энергетики в РФ [110]:



- неудовлетворительная приспособленность структур российской энергетики к технологическому присоединению и к расширению участия в них малых генерирующих установок (как на основе традиционных видов топлива, так и ВИЭ);

- отсутствие серьезных требований и контроля к проектированию, вводу в эксплуатацию, надежности и безопасности функционирования объектов малой энергетики со стороны государственных органов;

- отсутствие организационно-экономических механизмов, стимулирующих развитие малой энергетики (например, неполная проработка вопросов продажи электрической энергии и мощности на ОРЭМ и РРЭМ) [125];

- отсутствие механизмов тарифной поддержки объектов малой энергетики в сфере ЖКХ, что является причиной отсутствия заказчика на использование малой генерации в ЖКХ;

- и т.д.

Главным стимулом к разрешению обозначенных препятствий является то, что российская экономика (особенно нефтегазовый сектор [76], промышленность и ЖКХ [57], энергопотребители изолированных энергосистем [198]) имеет реальную потребность в применении высокоэффективных когенерационных технологий (на основе малых генерирующих установок), использование которых позволит в значительной степени повысить рациональность использования энергоресурсов и эффективность ее функционирования, а также недостатки организационно-экономических механизмов функционирующего сегодня ОРЭМ и неоднозначность реформы российской электроэнергетики [125].

Сравнение комбинированного и отдельного производства тепловой и электрической энергии, изображенное на рис. 3.3.1, демонстрирует, что применение систем когенерации заметно увеличивает эффективность использования первичного топлива (общий КПД достигает 80-90%) и, следовательно, снижает количество вредных выбросов в атмосферу.



Рис. 3.3.1. Преимущество комбинированной выработки электроэнергии и тепловой энергии над раздельной

Интересным является расчет, представленный экспертами в [77], демонстрирующий, что реконструкция котельных в РФ на базе когенерационных установок может составить порядка 24 млн. т у.т. в год. Подробные результаты анализа коммерческой и макроэкономической эффективности применения когенерационных установок при реконструкции котельных представлены в работе [77].

Ориентировочное отношение суммарной установленной тепловой мощности к суммарной электрической составляет  $\sim 1,4-1,5$ , что приблизительно соответствует среднестатистическому отношению тепловой и электрической мощности в когенерационных устройствах. По мнению экспертов [33, 41, 186] именно наличие большой тепловой нагрузки ввиду суровых климатических условий на территории РФ определяет столь высокий потенциал развития малой энергетики на базе когенерационных установок.

В 2007-ом году на саммите «Большой восьмерки» в Хайлигендамме рассматривались вопросы по максимальному расширению применения когенерации в национальных энергосистемах. U.S. Energy Information Administration выделили энергосистему РФ как наиболее перспективную с точки зрения развития когенерации, доля которой в производстве электроэнергии в РФ к 2030-ому году может вырасти до 43% [33]. Сравнительные диаграммы, определяющие существующую и прогнозируемую

долю когенерации в национальном производстве электроэнергии, представлены на рис. 3.3.2 и 3.3.3.

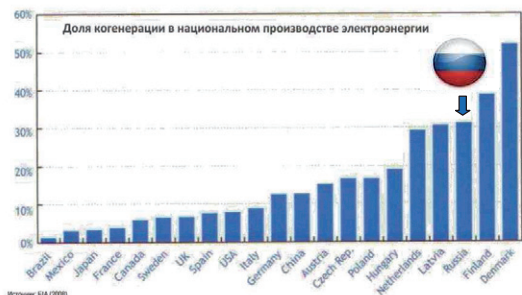


Рис. 3.3.2. Доля когенерации в национальном производстве электроэнергии (Источник: U.S. Energy Information Agency [33])

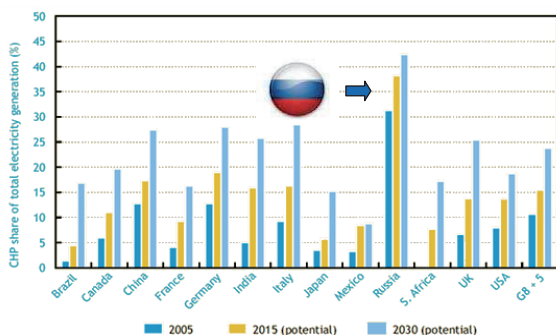


Рис. 3.3.3. Прогнозное значение доли когенерации в национальном производстве электроэнергии (Источник: U.S. Energy Information Agency [33])

Следует отметить, что в последние годы в РФ были предприняты шаги по обеспечению развития когенерации при планировании теплоснабжения городов и регионов: ключевым нормативным актом, закрепившем эту тенденцию стал ФЗ №190 от 27.07.2010 «О теплоснабжении» [201], в котором установлен приоритет когенерационных источников энергии по отношению к котельным установкам при разработке и реализации «Схем теплоснабжения городов и муниципальных образований регионов РФ», которые утверждаются на

перспективу до 2030 года. Также Правительством РФ было принято решение о переходе к планированию научно-технического развития страны на основе «технологических платформ», одной из которых стала технологическая платформа «Малая распределенная энергетика» [41], в рамках которой должна быть осуществлена интеграция усилий энергетиков, энергомашиностроителей, научно-исследовательских организаций, федеральных, региональных и муниципальных органов власти по реализации проектов развития малой энергетике в РФ.

Среди других предпосылок развития распределенной энергетике на основе объектов малой энергетике Г.Э. Попов [156] в отмечает следующие:

- «невозможность подключения к ЕЭС из-за необходимости протяжки слишком длинных ЛЭП и слишком больших потерь на транспортировке электрической энергии»;
- «малая концентрация потребителей на достаточно больших территориях»;
- «низкие характеристики источников энергии (генерации), по сравнению с зарубежными аналогами»;
- «высокая степень износа ЭТО»;
- «неэффективность режимов работы ДГУ из-за существенного недоиспользования установленной мощности станции за счет неравномерного графика потребления»;
- «отсутствие регулярного ТО, в т.ч. замены расходных ресурсов (масла, фильтров и т.п.)»;
- «нерегулируемые цены на дизельное топливо и высокая стоимость его завоза»;
- «трудности логистики энергоресурсов»;
- «экстремальные условия работы энергооборудования – от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ »;
- «низкая платежеспособность потребителей в зоне распределенной

энергетики, растущие объемы неоплаченной энергии»;

- «отсутствие в тарифе на энергию инвестиционной составляющей»;
- «решение социально-экономических проблем за счет перекрестного субсидирования»;
- «неэффективное энергопотребление, определяемое низким качеством жилых, административных, социальных и производственных зданий и построек»;
- «отсутствие координации деятельности многочисленных хозяйственно раздробленных предприятий сферы децентрализованного энергоснабжения в целях их модернизации и развития».

Российский рынок генерирующего оборудования малой энергетики предлагает различные типы генерирующих установок простого цикла на газовом и жидком топливе, основными из которых являются МТУ и ГТУ, ПГУ, ГПУ и ДГУ, а также котельные установки (рис. 3.3.4) [70].

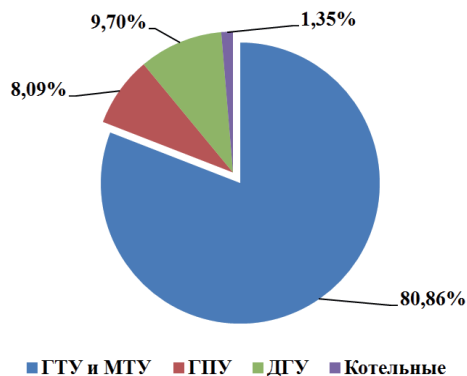


Рис. 3.3.4. Годовой объем строительства объектов малой генерации, %  
(Источник: [134])

Как видно из рис. 3.3.4 на территории РФ нашли широкое применение энергоустановки малой энергетики, которые используются для основного и резервного энергообеспечения буровых платформ и скважин, шахт, в строительстве, ЖКХ, сельском хозяйстве, административных и медицинских

учреждениях, офисных зданиях, торговых центрах и супермаркетах, аэропортах, гостиницах, узлах связи, системах жизнеобеспечения, удаленных дачных поселков и промышленных комплексов (машиностроение, деревообработка, металлургия, пищевая промышленность, нефтегазовый комплекс, электроэнергетика), автономных объектов [73].

Как было показано в подразделе 3.2 ГПУ имеют серьезные преимущества перед конкурентами при их использовании в качестве энергоустановок малой мощности, что подтверждается динамикой заказов энергоустановок на мировом рынке (подраздел 3.2), а также технико-экономическими расчетами авторов в [132], проведенными согласно методике, описанной в подразделе 2.6 данной монографии. При сравнительной технико-экономической оценке ПТУ, ГТУ, ГПУ и ПГУ установленной мощностью 10 МВт по критерию «Интегральный уровень конкурентоспособности» были получены результаты (таблица 3.3.2), демонстрирующие преимущества ГПУ над аналогами.

Таблица 3.3.2

**Результаты расчета конкурентоспособности энергоустановок  
установленной мощностью 10 МВт по критерию  
«Интегральный уровень конкурентоспособности» [132]**

| <b>Интегральный показатель</b> | <b>ГТУ</b>  | <b>ПТУ</b>  | <b>ПГУ</b>  | <b>ГПУ</b>  |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i><b>ITL, о.е.</b></i>        | 0,51        | 0,71        | 0,29        | 0,24        |
| <i><b>ISL, о.е.</b></i>        | 0,27        | 0,53        | 0,77        | 0,20        |
| <i><b>IFL, о.е.</b></i>        | 0,52        | 0,70        | 0,30        | 0,32        |
| <i><b>ILC, о.е.</b></i>        | <b>0,46</b> | <b>0,67</b> | <b>0,40</b> | <b>0,26</b> |

Это является основанием полагать, что данные энергоустановки предпочтительнее аналогов при реализации проектов по строительству и вводу в эксплуатацию малых электростанций (мини-ТЭС и мини-ТЭЦ).

Таким образом, существует необходимость в более детальном изучении российского рынка когенерационных технологий на базе ГПУ, что будет произведено в следующем подразделе.

### 3.4. РОССИЙСКИЙ РЫНОК КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время в РФ реализуется значительное количество инвестиционных проектов [38, 57, 99] по сооружению и вводу в дальнейшую эксплуатацию когенерационных систем малой мощности на основе ГПУ в составе ГПЭС. В связи с высокой степенью востребованности ГПУ в системах энергоснабжения различных российских энергопотребителей [37, 55-57, 73] важной задачей является исследование отечественного рынка производителей ГПУ с целью получения полной, достоверной и актуальной информации о специфике продукции, сопутствующих услуг и иных данных, интересующих потребителей. В ходе анализа необходимо определить следующие факторы:

- основные секторы экономики РФ, где ГПУ представлены наиболее массово;
- удельная стоимость ГПУ (\$/кВт) отечественных и импортных производителей;
- стоимостные структуры ГПУ и ГПЭС на этапах приобретения, проектирования и ввода в эксплуатацию в простом и когенерационном циклах работы;
- структура себестоимости производимой электроэнергии на ГПЭС;
- перечень ведущих изготовителей ГПУ и их рыночная доля;
- характеристика основных направлений маркетинговой политики данных производителей в области реализации продукции и услуг;
- результаты анализа текущей ситуации на российском рынке ГПУ;
- анализ дальнейших перспектив применения газопоршневой технологии в России.

Из структуры применения ГПЭС по секторам экономики РФ, приведенной на рис. 3.4.1, видно, что наибольший удельный вес в структуре заказчиков ГПУ занимают предприятия нефтегазового сектора, чья доля в общем количестве реализованных проектов составляет около 40% [99].

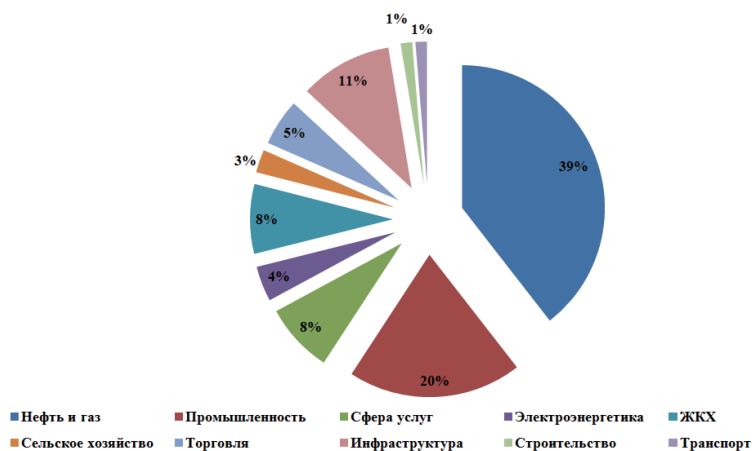


Рис. 3.4.1. Применение ГПЭС по секторам экономики в РФ [99]

Согласно информации, представленной в таблице 3.4.1, на отечественном рынке среди российских изготовителей ГПУ отсутствуют производители генерирующих установок с номинальной электрической мощностью более 4 МВт (подразумевается выпуск только собственных агрегатов без применения двигателей иностранного производства). Поэтому для энергопотребителя, которому необходимы большие мощности, существуют следующие варианты:

- приобретение оборудования необходимой мощности иностранных производителей напрямую или посредством дилеров/дистрибьюторов;
- приобретение «гибридного» оборудования (часть элементов системы (например, двигатель) может быть иностранного производства, а часть (например, генератор) – отечественного) через российских производителей;
- приобретение нескольких установок российского производства, работающих в параллели и генерирующих необходимую мощность.



Таблица 3.4.1

## Основные российские производители ГПУ [37]

| № | Компания                          | Диапазон мощностей, кВт | Двигатель  | Генератор   | Уд стоимость агрегата, \$/кВт** |
|---|-----------------------------------|-------------------------|--|---|---------------------------------|
| 1 | ОАО «Барнаултрансмаш»             | 125-500                 | Собственное производство   | Собственное производство                                  | 500-530                         |
| 2 | ОАО «Волжский дизель им. Маминых» | 60-3859                 | Собственное производство, Caterpillar, Cummins, MTU                                  | Собственное производство, Leroy Somer, Stamford, Marathon | 320-350                         |
| 3 | ОАО «Звезда-Энергетика»           | 220-1750                | Собственное производство, Cummins, MVM (Caterpillar), MTU Onsite Energy              | Собственное производство, Waukesha                        | *                               |
| 4 | ОАО «РУМО»                        | 500-1750                | Собственное производство, Cummins  | Собственное производство, Cummins                         | 590-650                         |
| 5 | ХК ОАО «НГ-Энерго»                | 315-8550                | Собственное производство, MAN, GE Jenbacher, Cummins, Rolls-Royce, MVM (Caterpillar) | Собственное производство, Waukesha                        | *                               |
| 6 | ПП «Генерация»                    | 125-3859                | Собственное производство, Caterpillar, Cummins, CHIDONG                              | Собственное производство, Cummins                         | *                               |

\* Определение ориентировочной удельной стоимости ГПУ данных компаний является достаточно трудной задачей, так как они нацелены на реализацию комплексных проектов, включающих создание не только генерирующей инфраструктуры с использованием различной вариации оборудования иностранных производителей.

\*\* Удельная стоимость агрегата приведена в \$ на состояние лета 2014-го года, то есть до девальвации национальной валюты РФ (средневзвешенный курс 1\$=34 руб.).

Перечень основных зарубежных производителей, имеющих опыт реализации комплексных проектов по строительству, вводу в эксплуатацию и дальнейшему сервисному обслуживанию ГПЭС на территории РФ, представлен в таблице 3.4.2.

Таблица 3.4.2

**Основные производители ГПУ на мировом рынке [37]**

| №  | Страна         | Компания   | Диапазон мощностей при $\cos\varphi=1,0$ , кВт | Удельная стоимость агрегата, \$/кВт** |
|----|----------------|--|--|---------------------------------------|
| 1  | США            | Caterpillar Inc (включая приобретенные FG Wilson, MWM GmbH, Perkins)   | 70-6720  | 530-590                               |
| 2  |                | Cummins Inc  | 20-2000  | 500-530                               |
| 3  |                | Waukesha Engine Dresser Inc  | 65-3480  | 670-710                               |
| 4  | Германия       | MAN Diesel & Turbo SE  | 47-18900                                       | 500-530                               |
| 6  |                | MTU Onsite Energy GmbH (Tognum Group)                                  | 120-2145                                       | 450-500                               |
| 7  | Австрия        | GE Energy Jenbacher gas engines  | 300-9500                                       | 610-710                               |
| 8  | Япония         | Mitsubishi Heavy Industries Ltd.                                       | 305-5750                                       | 500-530                               |
| 9  | Великобритания | Rolls Royce Power Engineering Plc (Power Generation)                   | 1190-8550                                      | 670-740                               |
| 10 | Финляндия      | Wartsila Finland Oy  | 4000-19000                                     | 470-530                               |
| 11 | Словакия       | Elteco a.s. (двигатели – Lombardini, Perkins, Volvo Penta, Iveco, MTU) | 6,9-2700                                       | 440-530                               |
| 12 | Чехия          | TEDOM s.r.o.   | 7-3800   | 470-530                               |
| 13 | Испания        | Guascor S.A.   | 140-1204                                       | 500-530                               |

\*Представленные данные стоит расценивать исключительно как иллюстративные и приблизительные в связи с тем, что доступ к достоверной информации о стоимости ГПУ крайне затруднен из-за того, что иностранные производители не желают размещать информацию о стоимости своего оборудования в открытом доступе. Данная удельная стоимость включает только стоимость «голой» ГПУ (газопоршневой агрегат с необходимыми вспомогательными системами).

\*\* Удельная стоимость агрегата приведена в \$ на состояние лета 2014-го года, то есть до девальвации национальной валюты РФ (средневзвешенный курс 1\$=34 руб.).

Удельная стоимость ГПУ различных производителей, представленная в таблицах 3.4.1 и 3.4.2, указана без учета стоимости теплофикационного оборудования, обеспечивающего функционирование ГПЭС в режиме когенерации, и без учета стоимости всего комплекса работ по вводу ГПЭС в эксплуатацию. Как правило, наличие систем комбинированной выработки электрической и тепловой энергий увеличивает первоначальную стоимость агрегата примерно в 1,2-1,5 раза в зависимости от конфигурации оборудования.

Как видно из структур стоимости ГПУ, предназначенных только для генерации электроэнергии, и когенерационных ГПУ, представленных на рис. 3.4.2 и 3.4.3, наибольшую часть стоимости ГПУ составляет газопоршневой агрегат (двигатель, электрогенератор, общая рама, платформа и связующие

конструкции). В когенерационных ГПУ доля стоимости агрегата уменьшается, но остается по-прежнему доминирующей.

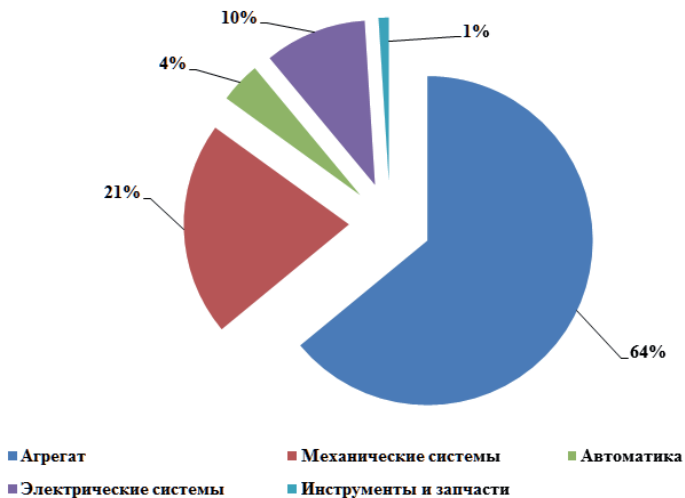


Рис. 3.4.2. Структура стоимости ГПУ, предназначенных для функционирования в простом цикле, % [37]

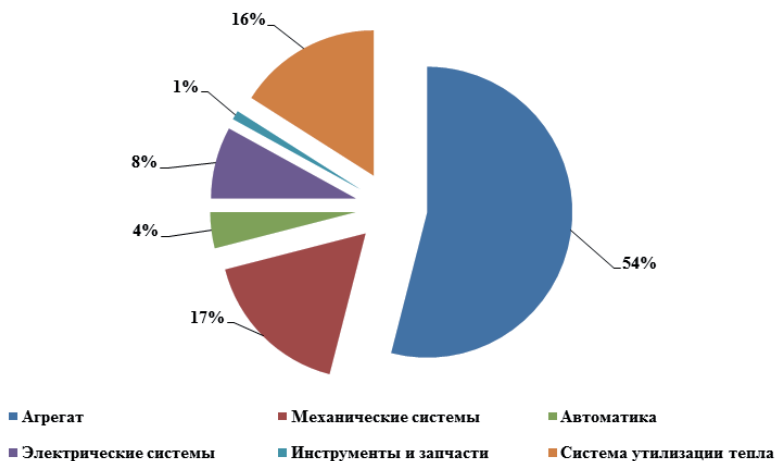


Рис. 3.4.3. Структура стоимости ГПУ, предназначенных для функционирования в когенерационном цикле, % [37]

В большинстве случаев затраты, связанные с реализацией проекта по сооружению и вводу ГПЭС в эксплуатацию, складываются из затрат на ТЭО проекта, ПИР, доставку оборудования, обучение персонала, который будет заниматься эксплуатацией ГПЭС, СМР и ПНР. Исключение данных статей затрат из определения удельной стоимости ГПУ вызвано тем, что проект может быть реализован не только компанией-производителем (см. таблицу 3.4.1), что исказит достоверную информацию о стоимости ГПУ именно у производителя, и тем, что данные затраты связаны непосредственно со спецификой конкретного проекта (например, стоимость доставки одной и той же ГПУ и ее комплектующих одного и того же производителя может варьироваться в зависимости от географии доставки и иных причин).

При рассмотрении же комплексного проекта «под ключ» необходимо определить структуру первоначальных затрат по сооружению и вводу в эксплуатацию когенерационной ГПЭС, включающих вышеперечисленные статьи расходов, а также структуру себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на ГПЭС до первого капитального ремонта.

Как видно из рис. 3.4.4, стоимость газопоршневого агрегата составляет уже менее половины стоимости всего проекта, а стоимость ГПУ (газопоршневой агрегат в совокупности с необходимыми вспомогательными системами) составляет порядка 70% от общей стоимости проекта. Это говорит о существенной доле проектных работ в итоговой стоимости ГПЭС, что диктует потенциальному потребителю необходимость учета данной стоимостной составляющей при первоначальной оценке стоимости всего проекта.

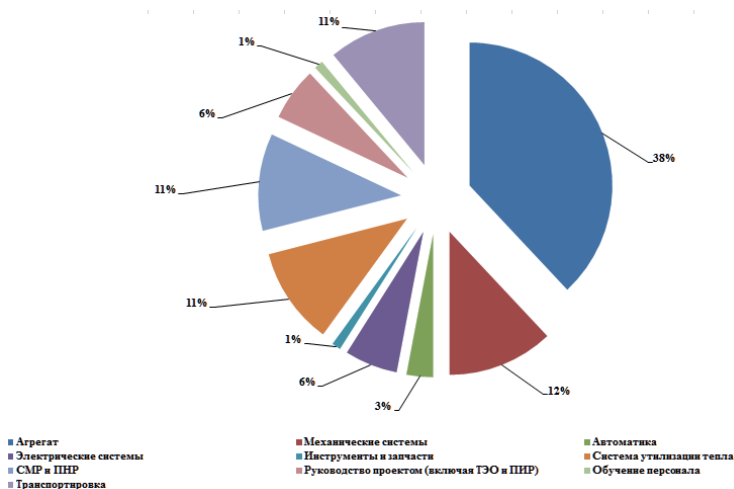


Рис. 3.4.4. Структура первоначальных затрат по сооружению и вводу в эксплуатацию когенерационных ГПЭС, % [37]

Согласно диаграмме на рис. 3.4.5, затраты на потребляемое топливо являются основными в период эксплуатации ГПЭС, что вызвано, как правило, высокой ценой на первичный энергоноситель. Затраты на техническое обслуживание (ТО) и стоимость приобретаемых запчастей также значительны в представленной структуре из-за особенностей эксплуатации и работы ГПЭС (ТО должно осуществляться минимум через каждые 2000 часов работы ГПЭС).

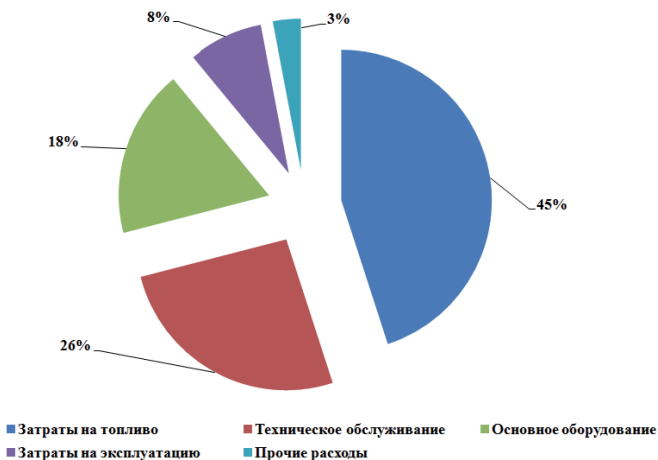


Рис. 3.4.5. Структура себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на ГПУ до капитального ремонта, % (по данным ЗАО «ЭРИДАН» [218])

Стоит отметить, что политика компаний, представленных в таблицах 3.4.1 и 3.4.2, в сфере сбыта своих услуг и продукции, а также в области взаимоотношений с заказчиками, дилерами, подрядчиками и другими контрагентами отличается и имеет основные направления, представленные в таблице 3.4.3.

Таблица 3.4.3

### Характеристика маркетинговой политики производителей ГПУ на территории РФ [37]

| № | Вид сбытовой политики   | Характеристика сбытовой политики  | Пример компании     |
|---|---|---|---------------------|
| 1 | Комплексный подход к реализации проектов и самостоятельный сбыт | <p>Одновременно предлагается широкий ассортимент услуг (проект «под ключ»):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пэкиджирование;</li> <li>• предпроектное обследование;</li> <li>• производство и поставка оборудования;</li> <li>• ТЭО;</li> <li>• финансирование проектов;</li> <li>• выполнение ПИР, СМР и ПНР;</li> <li>• обучение персонала;</li> <li>• сервисное обслуживание.</li> </ul> | Wartsila Finland Oy |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 2 | Представительство инжиниринговыми компаниями | Иностранная компания представлена в РФ различными инжиниринговыми компаниями  | MTU Onsite Energy GmbH представлена в РФ международной инжиниринговой компанией ООО «ВАДО ИНЖИНИРИНГ»                               |
| 3 | Гибкая политика                              | Сбытовая деятельность осуществляется как самостоятельно, так и через нескольких дистрибьюторов                                | GE Energy Jenbacher gas engines   |
| 4 | Сотрудничество с дилерами                    | Компания имеет на территории страны официальных дилеров, через которых осуществляет сбыт своей продукции                      | TEDOM s.r.o. и Caterpillar Inc имеют ряд дилеров в РФ (территория страны поделена между ними), с которыми сотрудничает более 10 лет |
| 5 | Локализация производства                     | Привлечения российских компаний специализирующихся на выпуске автономных источников питания к использованию своих агрегатов   | Cummins Inc, Caterpillar Inc (см. таблицу 3.4.1)  |
| 6 | Сотрудничество с иностранными компаниями     | Данный вид политики характерен для отечественных компаний, которые уступают иностранным конкурентам по уровню своей продукции | См. таблицу 3.4.1   |

Некоторые компании на практике осуществляют сочетание нескольких маркетинговых политик одновременно, например, ряд участников рынка предлагают услуги по аренде генерирующего оборудования, сотрудничая при этом с дилерами и осуществляя комплексные проекты «под ключ».

Рыночная доля компаний-производителей ГПУ в соответствии с данными структуры парка внедренных ГПУ в РФ в 2006-2012 гг. [101] представлена на рис. 3.4.6. По диаграмме видно, что ведущими игроками российского рынка являются GE Energy Jenbacher gas engines, Caterpillar Inc (включая приобретенные FG Wilson и MWM GmbH, чьи мощности оставляют 1,1%), Cummins Inc, ОАО «Звезда-Энергетика» и Wartsila Finland Oy, на долю которых приходится 76,40% совокупной установленной мощности ГПЭС в РФ.

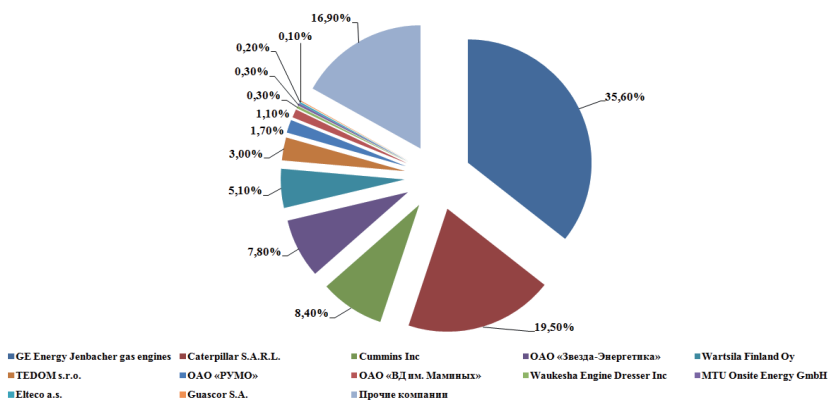


Рис. 3.4.6. Рыночные доли производителей ГПУ в РФ по суммарной установленной мощности ГПЭС, % (составлено авторами на основе источника [101])

Ведущими отечественными компаниями, которые предлагают свои услуги по продаже и строительству ГПЭС, являются ОАО «Звезда-Энергетика» (7,8%), ОАО «РУМО» (1,70%) и ОАО «ВД им. Маминых» (1,1%), на долю которых приходится более 10% российского рынка. Успех ОАО «Звезда-Энергетика» в конкурентной борьбе по сравнению с остальными российскими производителями вызван тем, что данная компания активно и успешно сотрудничает с ведущими иностранными изготовителями ГПУ и отечественными потребителями (ПАО «Газпром», ОАО «НК «Башнефть» и т.д.), предлагая комплексные инженерные решения для ведущих отраслей экономики РФ.

В целом же незначительная доля отечественных компаний в структуре российского рынка ГПУ объясняется тем, что они не ориентированы на интенсивно развивающиеся сегменты рынка (установленная электрическая мощность свыше 1 МВт), а сконцентрированы в диапазоне мощности до 1 МВт, часто используя в своих проектах иностранное оборудование (см. таблицу 3.4.1). К тому же ведущие иностранные компании имеют более широкую линейку производимых ГПУ (это обеспечивает лучшую эксплуатационную



гибкость в глазах потенциального потребителя при рассмотрении возможности реализации проекта), реализуют более эффективную маркетинговую стратегию и предоставляют более качественный сервис, уделяя гораздо больше внимания информационному освещению своей деятельности, повышая узнаваемость своего бренда. С другой стороны, явным преимуществом отечественных производителей является итоговая низкая стоимость проекта по строительству и вводу ГПЭС в эксплуатацию, минимизация политических рисков и то, что некоторые производители могут оказывать ремонтные и иные сервисные услуги только в своих странах, а не на месте непосредственной эксплуатации установок. Производить сравнение отечественных и иностранных ГПУ по качеству эксплуатации затруднительно, так как нет достоверной открытой информации о соответствии фактических интервалов функционирования (до первого капитального ремонта и общий моторесурс ГПУ) заявленным по всем реализованным проектам.

Несмотря на то, что на отечественном рынке, как правило, востребованы небольшие мощности, мировой тренд использования ГПУ движется в сторону увеличения единичной мощности данных агрегатов (ГПУ компании Wartsila Finland Oy на базе двигателя 18V50SG имеет установленную мощность 18,320 МВт, а самая крупная ГПЭС Сангачал, расположенная в Азербайджане, имеет установленную мощность 308 МВт) и увеличения электрического КПД (на данном этапе он достигает 49-50%) [99].

Когенерационные установки на базе ГПУ становятся все более востребованной технологией энергоснабжения предприятий нефтегазового сектора и других отраслей экономики РФ, что обусловлено эффективностью самих ГПЭС и условиями внешней среды:

- постоянный рост тарифов на энергоресурсы, обусловленный, в том числе, высоким значением потерь тепловой (до 70%) и электрической энергий (12%) в системах их передачи и распределения [119];
- трудность техприсоединения к электросетям, плата за которое эквивалентна стоимости проекта по строительству и вводу в эксплуатацию

ГПЭС такой же установленной мощности [105];

- низкое качество потребляемой из сетей электроэнергии [119] (несоответствие параметров электроэнергии ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [72]);

- высокая степень зависимости потребителя от поставщика электроэнергии и надежности функционирования централизованной энергосистемы, имеющей высокий уровень морального и физического износа своей инфраструктуры [119], что неудовлетворительно сказывается на энергобезопасности потребителя;

- наличие в РФ обширных территорий, не охваченных ЕЭС, и, как следствие, технологически изолированных от ЕЭС энергосистем [54, 57, 77, 80, 93, 97, 110, 124, 134, 188];

- необходимость в утилизации попутного нефтяного газа [57, 76].

В связи с выявленным у когенерационных ГПУ потенциалом для обеспечения УР промышленных предприятий и экономики в целом необходимо произвести анализ их конкурентоспособности в сравнении с ранее представленными аналогами.

### **3.5. КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ**

В настоящее время в РФ реализуется значительное количество проектов по сооружению и вводу в дальнейшую эксплуатацию генерирующих систем на основе энергоустановок малой мощности в составе мини-ТЭС и мини-ТЭЦ в существующую инфраструктуру промышленных предприятий (подраздел 3.4) [108]. Наибольший спрос со стороны энергопотребителей (подразделе 3.2) имеют ТЭС на основе ПТУ, ГТУ, МТУ, ПГУ, ДГУ и ГПУ. Технические, массогабаритные, эксплуатационные и экономические показатели этих энергоустановок были рассмотрены в подразделе 3.2. Каждый из перечисленных типов энергоустановок имеют свои преимущества и недостатки, которые вытекают из их технологических, сервисно-эксплуатационных особенностей и условий (в том числе географических, климатических, экономических, выбранного способа эксплуатации и т.д.) реализации конкретного инвестиционного проекта.

Приведенные генерирующие системы характеризуются зависимостью эффективности их применения от номинальной установленной мощности. Так, например, КПД современных высокомошных бинарных ПГУ (свыше 300 МВт) с котлом-утилизатором достигает 60% в конденсационном режиме работы, а КПД маломощных ПГУ составляет порядка 45-50% [123]. При этом КПД сверхмощных ГПУ (свыше 8 МВт) производителей Wartsila и GE Jenbacher находится на уровне аналогичных значений [37]. Отсюда очевидно, что ПГУ становятся менее конкурентоспособными в сравнении с аналогами на небольших мощностях. Это обстоятельство свойственно и другим генерирующим установкам, что в конечном итоге является одним из ключевых факторов, определяющим рациональные диапазоны применения этих систем, спрос на них со стороны энергопотребителей и занимаемую рыночную нишу компании-производителя. Это подтверждается проанализированными и систематизированными авторами статистическими данными по структуре мировых заказов энергоустановок мощностью свыше 500 кВт, которые были

приведены в подразделе 3.2, а также технико-экономическими расчетами авторов в [132], проведенными согласно методике, описанной в подразделе 2.6 данной монографии (таблица 3.3.2).

Рассмотренные выше генерирующие системы при их эксплуатации в качестве основных источников энергоснабжения ориентированы на использование в мощностных диапазонах свыше 500 кВт, где проявляются их достоинства, возрастают ключевые показатели эффективности и снижаются недостатки. Применение ПТУ, ГТУ и ПГУ установленной мощностью менее 500 кВт практически всегда с экономической точки зрения нецелесообразно. Исключением могут служить редкие случаи, например, когда требуется использовать низкосортные сорта топлива для ТЭС (в данном случае применение ПТУ может быть целесообразным).

При этом существует ряд объектов, где существует необходимость в применении мини-ТЭС и мини-ТЭЦ небольшой установленной мощности [124]. Для решения этих задач из известных технологий могут найти востребованность не только вышеупомянутые ГПУ, но и их конкуренты, хорошо зарекомендовавшие себя компактные и экологически чистые МТУ, имеющие более совершенную систему охлаждения и не использующие в технологическом процессе масло и теплоноситель. Следовательно, можно сделать предположение о том, что в диапазоне мощности до 500 кВт мини-ТЭС на основе МТУ являются прямыми конкурентами ГПУ.

Таким образом, задачей данного подраздела являются оценка конкурентоспособности энергоустановок на базе ДВС (ГПУ и ДГУ) и МТУ микромощности (100 кВт) при использовании их в качестве основных источников энергоснабжения в системе энергоснабжения промышленных предприятий.

Для решения этой задачи была использована методика, предложенная авторами в подразделе 2.6, основанная на системном анализе трех ключевых критериев конкурентоспособности энергоустановок, формирующих в итоге интегральный уровень конкурентоспособности (*ILC*).

## **Оценка конкурентоспособности когенерационных энергоустановок мощностью 100 кВт (микроэнергоустановки)**

Для унификации и создания одинаковых конкурентных условий при оценке интегральной конкурентоспособности энергоустановок вводятся следующие исходные данные и допущения:

- для реализации проектов используются собственные инвестиционные средства предприятий;

- ставка дисконтирования ( $i$ ) принимается равной 14%;

- амортизация начисляется линейным итогом;

- горизонт планирования равен 11 годам, так как жизненный цикл всех рассматриваемых технических систем превышает 10 лет, причем в 2016-ом году осуществляется закупка, проектирование и строительство объектов (продолжительность – 1 год), а с 2017-го – полноценная эксплуатация (в течение 10 лет);

- положительный экономический эффект заключается в экономии электроэнергии в результате отключения электрооборудования предприятия от централизованного источника электроэнергии и его питание от собственной генерации предприятия;

- на момент ТО и капремонта (КР) предприятие приобретает электроэнергию из сети;

- затраты на КР и ТО в рассматриваемый период учитываются индивидуально для каждой энергоустановки;

- ТО энергоустановок осуществляется с привлечением сторонних специалистов;

- все установки работают в номинальном режиме работы (моногоenerationном, то есть  $n=1$ ) в естественно-климатических условиях Московской области;

- данные о стоимости энергоустановок (МТУ С200, ГПУ ЯМЗ 200, ГПУ Cummins 200, ДГУ К-200S, ДГУ P250H2) и их комплектующих получены с официальных сайтов, каталогов компаний-производителей и от дилеров;
- тариф на электроэнергию в базовом 2016-ом году составляет 5,03 руб./кВт·ч (1-ая ценовая категория на РРЭМ);
- тариф на природный газ в базовом 2016-ом году составляет 3,426 руб./м<sup>3</sup>;
- тариф на дизельное топливо 30,41 руб./л;
- индексы роста тарифов, инфляции и налоговые ставки определяются в соответствии с Прогнозом Министерства экономического развития РФ.

Технические (ТПК) и сервисные (СПК) ПК рассматриваемых энергоустановок, а также финансовые показатели реализации проекта (ФПК) представлены в таблице 3.5.1, в таблице 3.5.2 приведены коэффициенты значимости для показателей *ITL*, *ISL*, *IFL* и *ILC*.

Таблица 3.5.1

### Основные характеристики энергоустановок

| №                     | ПК   | Модель    |             |                 |            |            |
|-----------------------|--|-----------|-------------|-----------------|------------|------------|
|                       |  | МТУ С200  | ГПУ ЯМЗ 200 | ГПУ Cummins 200 | ДГУ К-200S | ДГУ P250H2 |
| <b>Технические ПК</b> |  |           |             |                 |            |            |
| ТПК <sub>1</sub>      | Электрический КПД номинальный, %   | 34        | 40          | 37              | 30,7       | 36,9       |
| ТПК <sub>2</sub>      | Минимальная длительная нагрузка, %                                       | 0         | 10          | 10              | 10         | 25         |
| ТПК <sub>3</sub>      | Продолжительность ЖЦ, ч  | 120000    | 80000       | 150000          | 128000     | 130000     |
| ТПК <sub>4</sub>      | Срок службы до первого КР, ч   | 60000     | 20000       | 35000           | 32000      | 45000      |
| ТПК <sub>5</sub>      | Экологические показатели по эмиссии NO <sub>x</sub> , мг/лм <sup>3</sup> | 9         | 300         | 500             | 3400       | 3800       |
| ТПК <sub>6</sub>      | Уровень шума, дБА  | 65        | 78          | 68              | 77         | 71         |
| ТПК <sub>7</sub>      | Удельная масса, кг/кВт   | 15,9      | 17,3        | 20              | 17,5       | 15,15      |
| <b>Финансовые ПК</b>  |  |           |             |                 |            |            |
| ФПК <sub>1</sub>      | <i>DTCO</i> , тыс. руб.  | 70022,212 | 46616,65    | 48266,93        | 121566     | 126114,8   |
| ФПК <sub>2</sub>      | <i>NPV</i> , тыс. руб.   | < 0       | 5628,91     | 4276,65         | < 0        | < 0        |
| ФПК <sub>3</sub>      | <i>DPP</i> , лет   | > 10      | 4,42        | 4,01            | > 10       | > 10       |
| <b>Сервисные ПК</b>   |  |           |             |                 |            |            |
| СПК <sub>1</sub>      | Интервалы между ТО, ч  | 8000      | 500         | 500             | 250        | 250        |
| СПК <sub>2</sub>      | Среднегодовое время обслуживания, ч                                      | 16,875    | 224         | 181,2           | 376,667    | 360,4      |
| СПК <sub>3</sub>      | Обслуживающий персонал смены, чел  | 1         | 2           | 2               | 2          | 2          |

Таблица 3.5.2

**Определение коэффициентов значимости для оценки значений показателей *ITL*, *ISL*, *IFL*, *ILC***

| Определение коэффициентов значимости для оценки <i>ITL</i> |   |   |   |   |   |   |    |          |          |
|--|---|---|---|---|---|---|----|----------|----------|
| Наименование показателя                                    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | <i>∑</i> | <i>γ</i> |
| <i>ТПК</i> <sub>1</sub>                                    | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 | 5  | 23       | 0,16     |
| <i>ТПК</i> <sub>2</sub>                                    | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5  | 27       | 0,18     |
| <i>ТПК</i> <sub>3</sub>                                    | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5  | 27       | 0,18     |
| <i>ТПК</i> <sub>4</sub>                                    | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5  | 27       | 0,18     |
| <i>ТПК</i> <sub>5</sub>                                    | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4  | 19       | 0,13     |
| <i>ТПК</i> <sub>6</sub>                                    | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4  | 13       | 0,09     |
| <i>ТПК</i> <sub>7</sub>                                    | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3  | 11       | 0,07     |
| <b>Итого:</b>  |   |   |   |   |   |   |    | 147      | 1,00     |
| Определение коэффициентов значимости для оценки <i>IFL</i> |   |   |   |   |   |   |    |          |          |
| <i>TCO</i>   | 3 |   | 2 |   | 2 |   | 7  | 0,26     |          |
| <i>NPV</i>   | 4 |   | 3 |   | 4 |   | 11 | 0,41     |          |
| <i>DPP</i>   | 4 |   | 2 |   | 3 |   | 9  | 0,33     |          |
| <b>Итого:</b>  |   |   |   |   |   |   |    | 27       | 1,00     |
| Определение коэффициентов значимости для оценки <i>ISL</i> |   |   |   |   |   |   |    |          |          |
| <i>СПК</i> <sub>1</sub>                                    | 3 |   | 4 |   | 4 |   | 11 | 0,41     |          |
| <i>СПК</i> <sub>2</sub>                                    | 2 |   | 3 |   | 4 |   | 9  | 0,33     |          |
| <i>СПК</i> <sub>3</sub>                                    | 2 |   | 2 |   | 3 |   | 7  | 0,26     |          |
| <b>Итого:</b>  |   |   |   |   |   |   |    | 27       | 1,00     |
| Определение коэффициентов значимости для оценки <i>ILC</i> |   |   |   |   |   |   |    |          |          |
| <i>ITL</i>   | 3 |   | 4 |   | 2 |   | 9  | 0,33     |          |
| <i>ISL</i>   | 2 |   | 3 |   | 2 |   | 7  | 0,26     |          |
| <i>IFL</i>   | 4 |   | 4 |   | 3 |   | 11 | 0,41     |          |
| <b>Итого:</b>  |   |   |   |   |   |   |    | 27       | 1,00     |

Весовые коэффициенты были получены на основе экспертного мнения сотрудников Института электротехники и Института электроэнергетики ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ». Согласование мнений экспертов было получено методом Конкордации Кенделла [45].

На основе исходных данных, определенных коэффициентов значимости (таблица 3.5.2) и пп. 2-4 методики из подраздела 2.6 монографии была произведена оценка интегрального уровня конкурентоспособности реализации 5-ти вариантов проекта по внедрению энергоустановок на базе МТУ, ГПУ и ДГУ, результаты которой представлены в таблице 3.5.3. Перевод размерных ПК из таблицы 3.5.1 в безразмерный вид был осуществлен согласно (2.1.1).

Таблица 3.5.3

**Определение значений показателей *ITL*, *ISL*, *IFL*, *ILC***

| Энергоустановка | МТУ<br>С200 | ГПУ<br>ЯМЗ 200 | ГПУ<br>Cummins 200 | ДГУ<br>К-200S | ДГУ<br>P250H2 |
|-----------------|-------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|
| <i>ITL</i>      | 0,165       | 0,572          | 0,302              | 0,580         | 0,469         |
| <i>IFL</i>      | 0,82        | 0,00           | 0,01               | 0,99          | 1,00          |
| <i>ISL</i>      | 0,00        | 0,65           | 0,61               | 1,00          | 0,98          |
| <i>ILC</i>      | 0,39        | 0,36           | 0,26               | 0,85          | 0,82          |

По рассчитанным показателям эффективности реализации проекта можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее эффективным типом энергоустановки в рассматриваемом диапазоне мощности для заданных условий эксплуатации и реализации инвестиционного проекта являются ГПУ, что достигается за счет отличных показателей экономической эффективности их внедрения в инфраструктуру промышленных предприятий из-за относительно невысокой первоначальной стоимости (в сравнении с импортными МТУ) и более низкого удельного расхода природного газа на выработку электроэнергии (как было показано в подразделах 3.1 и 3.4 расходы на ТЭР в течение ЖЦ энергоустановки и ЭТО составляют самую значительную часть в структуре показателя *DTCO*). При этом ГПУ импортного производства Cummins 200 превосходит ГПУ отечественного производства ЯМЗ 200. Таким образом, у отечественных производителей есть потенциал и стимул к повышению конкурентоспособности своей продукции ввиду проводимой государством политики импортозамещения.

2. ДГУ являются самыми низкоэффективными генерирующими системами из представленных. Это обусловлено высокой стоимостью дизельного топлива, быстрым износом деталей и элементов конструкции и сильным загрязнением окружающей среды при их эксплуатации. Как основной источник энергоснабжения они абсолютно неконкурентоспособны, поэтому рациональная область их применения – резервный источник электроснабжения.

3. Представленная в расчетах МТУ компании Capstone уступает ГПУ ввиду меньшей экономичности работы и достаточно высокой первоначальной



стоимости (~в 3-4 раза выше, чем у ГПУ), что обусловлено как большей стоимостью самой технологии, так и девальвацией рубля (так как МТУ компании необходимо приобретать МТУ за рубежом). При этом как видно из таблицы 3.5.3 МТУ превосходят энергоустановки на базе ДВС по техническим и эксплуатационным характеристикам. Следовательно, при увеличении значений весовых коэффициентов показателей *ISL* и *ITL* МТУ могут быть конкурентоспособнее ГПУ. Такой фактор формирования показателя *IFL* как первоначальная высокая стоимость может нивелирован за счет создания высокоэффективных МТУ отечественного производства, что позволит нивелировать влияние девальвации национальной валюты на показатели экономической эффективности реализации инвестиционного проекта.

При этом в [130] продемонстрировано, что в случае применения МТУ в когенерационном режиме (при девальвационном уровне цен, который может быть достигнут при использовании отечественной МТУ) по показателю «Чистая дисконтированная стоимость» наиболее предпочтительным типом энергоустановок являются МТУ ввиду возможности утилизации большего количества тепловой энергии как полезного продукта из-за высокой температуры уходящих газов. При этом их меньшая экономичность при выработке электрической энергии частично компенсируется меньшими затратами на проведение ТО и приобретения запчастей (ввиду более медленного износа деталей из-за отсутствия трущихся элементов в конструкции).

При этом можно констатировать, что, несмотря на высокую первоначальную стоимость и низкий показатель *IFL*, у МТУ имеется значительный потенциал к повышению конкурентоспособности, основанный на:

- крайне низком использовании масла в технологическом процессе (в современных МТУ, в частности компании Capstone, потребление масла вовсе отсутствует благодаря внедрению технологии воздушных подшипников);

- отсутствии использования воды в технологическом процессе (не нужно использовать специальные системы охлаждения теплоносителя как в ПТУ или осуществлять отвод тепла от двигателя при помощи теплоносителя как в ГПУ и ДГУ);

- высокой экологичности (значительно меньшие выбросы оксидов азота и углерода в атмосферу и существенно сниженный уровень шума);

- компактности, улучшенным массогабаритным показателям и возможности установки практически в любых местах;

- большей эффективности и адаптированности при функционировании в режиме когенерации (благодаря высокой температуре уходящих газов существует возможность обеспечивать потребителя не только горячей водой, но и расходовать пар на технологические нужды и нужды отопления);

- возможности эксплуатации МТУ без причинения ей ущерба и снижения срока службы при крайне низком спросе потребителя на мощность (коэффициент загрузки меньше 0,4), вплоть до режима холостого хода;

- перспективных научно-технических разработках, внедрение которых может привести к оптимизации компрессорной части, электромеханической части МТУ и, следовательно, к повышению ее экономичности.

Следовательно, на данном этапе ГПУ является более конкурентоспособными, однако, с течением времени при техническом совершенствовании МТУ и снижении их стоимости конкуренция между этими типами энергоустановок в микромощностном диапазоне будет усиливаться.

### **3.6. КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

В данном подразделе проводится технико-экономический анализ внедрения энергоустановок малой энергетики на базе ВИЭ, относящихся к 6-ому уровню БУ, в инфраструктуру горнодобывающих предприятий Республики Казахстан (РК). На основе результатов технико-экономического обоснования осуществлено сравнение экономической эффективности инвестиционных

проектов по созданию генерирующих мощностей за счет интеграции традиционных энергоисточников с фотоэлектрической станцией (ФЭС), гелиоколлекторной установкой (ГКУ), ветроэнергетической установкой (ВЭУ) и тепловой насосной установкой (ТНУ).

Использование ВИЭ характеризуется преобразованием масштабной низкопотенциальной энергии окружающей среды (солнечное излучение, гидродинамическая энергия малых рек, энергия воздушного потока и т.д.) в механическую, электрическую и тепловую энергию. Данное обстоятельство позволяет выделить соответствующие факторы, влияющие на развитие сферы использования ВИЭ:

*1. Географическое положение.* Возможность производства энергии установками на основе ВИЭ различается в зависимости от их расположения и концентрации.

*2. Площадь.* Экономически оправданное применение ВИЭ для снабжения крупных энергообъектов возможно только при использовании значительной площади в виду малых мощностей одиночных установок на базе ВИЭ [179], что приводит к необходимости строить парки для данных энергоустановок.

*3. Естественно-климатические условия.* Зависимость производимой энергии от естественно-климатических условий для различных типов ВИЭ проявляется по-разному. Например, генерируемая ГКУ и ФЭС энергия варьируется в зависимости от потока солнечного излучения, меняющегося в течение суток, в том числе и из-за погодных условий. Что касается ВЭУ, то согласно (3) их мощность пропорциональна кубу скорости воздушного потока, которая изменяется по значению и направлению в течение малых промежутков времени, что оказывает негативное влияние на режим работы данных установок и систем электроснабжения.

Таким образом, энергообеспечение потребителей только за счет энергоустановок на базе ВИЭ является трудно решаемой задачей, так как их функционирование зависит от вышеперечисленных неконтролируемых человеком факторов. Поэтому их применение становится экономически

целесообразным при интеграции с традиционными источниками энергии [97, 179]. Это предполагает отпуск генерируемой энергии в энергосистему обоими энергоисточниками (могут использоваться различные режимы работы в зависимости от поставленных целей и условий, типов энергоисточников и т.д.).

Данные факторы оказывают существенное влияние не только на реализацию конкретных технических решений, но и на развитие «зеленой энергетики» в РК согласно Закону РК от 13.01.2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями).

С одной стороны, в РК существуют территории, потенциально пригодные для масштабного размещения ВИЭ, но они находятся в труднодоступных географических районах РК. Подобные районы, как правило, характеризуются отсутствием какой-либо инфраструктуры (дорог, ЛЭП и линий связи) и экономической целесообразностью ее развития. Очевидно, что это делает бесперспективной реализацию проектов по строительству энергоустановок на основе ВИЭ с технико-экономической точки зрения. С другой стороны, в РК также существуют потенциально пригодные территории для реализации проектов с ВИЭ как с точки зрения вышеупомянутых 3 факторов, так и с точки зрения наличия развитой инфраструктуры. Стоит выделить Сузакский район (СР) Южно-Казахстанской области (ЮКО), потенциально благоприятный для реализации данных проектов в виду:

- выгодного географического расположения, возможности использования больших площадей и приемлемых естественно-климатических условий;
- наличия источника электроснабжения от магистральных ЛЭП;
- отсутствия необходимости транспортировки электроэнергии на большие расстояния из-за близкого расположения к энергосистеме энергоемких потребителей (предприятий по добыче урана методом скважинного выщелачивания).

Повышение энергоэффективности и обеспечение надежности функционирования горнодобывающих предприятий РК является важной задачей, решение которой позволит обеспечить их устойчивое развитие за счет совершенствования технологической инфраструктуры, оптимизации платежей за энергоресурсы и улучшения экологических показателей. Как было показано выше, одним из перспективных вариантов реализации данного направления развития предприятий является совместное использование ВИЭ с традиционными энергоисточниками. Поэтому актуальным становится определение типа таких установок на основе ВИЭ из перечня общедоступных технологических решений для горнодобывающих предприятий данного региона и оценка их экономической эффективности в реальных условиях эксплуатации.

Таким образом, можно констатировать, что с одной стороны, существует объективная потребность горнодобывающих предприятий РК в повышении энергоэффективности и надежности их функционирования за счет интеграции традиционных источников энергии с ВИЭ, с другой стороны, не определены возможность реализации данных технологий и проектных решений и их экономические эффективность и целесообразность внедрения для горнодобывающих предприятий рассматриваемого региона.

Следовательно, целью данного исследования является проведение сравнительного экономического анализа возможности реализации проектов на основе наиболее потенциально перспективных видов ВИЭ на примере горнодобывающих предприятий СР ЮКО РК для повышения надежности и энергоэффективности их функционирования.

Задачами исследования являются анализ исходных климатических и географических данных этого района, сравнение экономической эффективности реализации проектов по внедрению ВИЭ в эксплуатацию на примере рассматриваемых предприятий с учетом внутренних и внешних факторов и выбор ряда наиболее перспективных технологий ВИЭ с учетом естественно-климатических условий и инфраструктуры СР ЮКО.

Информационную базу исследования в дополнение к научной и инженерной литературе, официальным данным и нормативным документам РК также составляют результаты энергетических обследований рассматриваемых объектов.

Применение находящихся в последнее время все более широкое распространение приливно-отливных станций, малых гидроэлектростанций и иных ВИЭ, не приведенных в данной статье, не реализуемо в рассматриваемом регионе по ряду его климатических и географических особенностей: отсутствие морей, малых рек и т.д. Поэтому потенциально перспективными с технико-экономической и естественно-климатических особенностей СР ЮКО являются общеизвестные технологические решения на основе энергоустановок, использующих ветровой и солнечный потенциалы, а также геотермальные источники энергии (тепловые насосы).

В работе рассматриваются рудники горнодобывающих предприятий, находящиеся в СР ЮКО РК. Местность, на которой они располагаются, характеризуются высокой солнечной активностью (рис. 3.6.1) [20] и поступлением солнечной радиации (рис. 3.6.2) [29], высоким ветровым потенциалом (таблица 3.6.4) [153] и наличием удобного и доступного источника низкопотенциальной теплоты (непересыхающих подземных вод). Это позволяет прогнозировать потенциально высокую эффективность использования установок на данных видах ВИЭ.

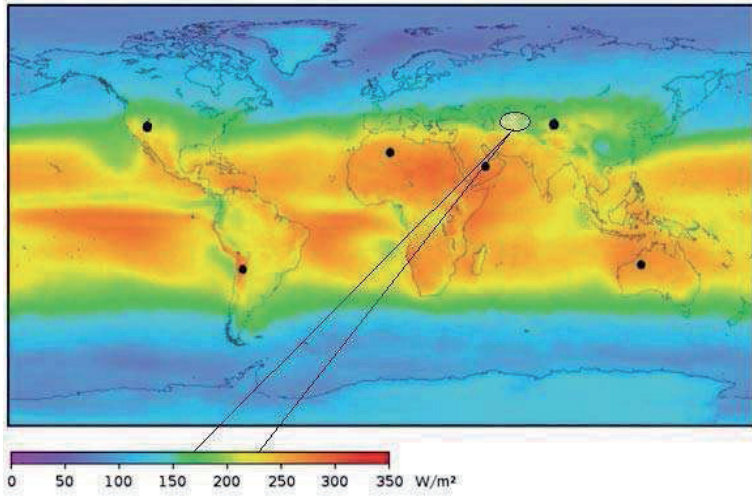


Рис. 3.6.1. Диаграмма распределения солнечной активности в зависимости от географического местоположения (Источник: [20])

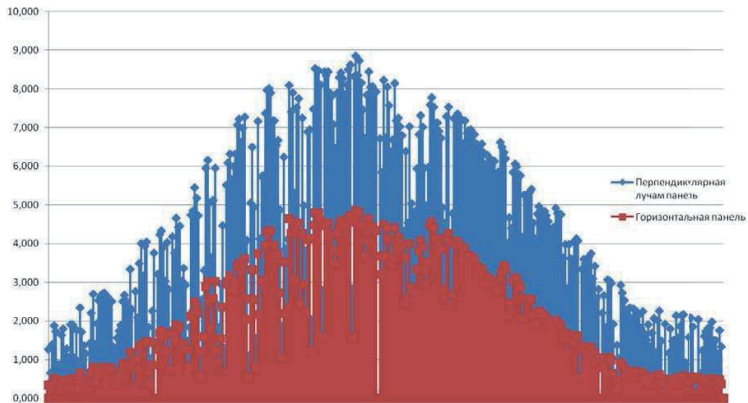


Рис. 3.6.2. График мощности солнечного излучения, попадающего на поверхность перпендикулярную солнечным лучам и горизонтальную в течение года кВт·ч/м<sup>2</sup> (Источник: [29])

В рамках дальнейшего анализа для предприятий, находящихся в СР РК, рассматривается реализация 4-х вариантов проектов на основе технических решений (ФЭС, ГКУ, ВЭУ, ТНУ), представленных в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1

### Перечень установок на базе ВИЭ для реализации мероприятий

| № | Установка | Предприятие                                    | Цель  |
|---|-----------|--|---|
| 1 | ФЭС       | Рудник «Буденовское-2»                         | Снижение доли затрат на электрическую энергию   |
| 2 | ГКУ       | Рудник «Южный Инкай»<br>(ТОО СП «Бетпак Дала») | Уменьшение доли затрат на производство тепловой энергии, используемой в целях горячего водоснабжения (ГВС)  |
| 3 | ВЭУ       | Рудник «Куланды»<br>(АО «СП» Акбастау»)        | Снижение затрат на электроснабжение и получение опыта внедрения и эксплуатации энергообъектов ВИЭ для дальнейшего использования и увеличения доли ВИЭ в энергобалансе предприятия, холдинга и в целом в АО «НАК «Казатомпром» |
| 4 | ТНУ       | Рудник «Южный Инкай»<br>(ТОО СП «Бетпак Дала») | Снизить затраты предприятия на теплоснабжение   |

**Методика оценки технико-экономической эффективности реализации проектов.** Оценка экономической эффективности рассматриваемых вариантов технических решений осуществляется на основе рекомендаций Всемирного Банка и методики ЮНИДО [119]. В работе используются следующие показатели: простой срок окупаемости ( $SPP$ ), дисконтированный срок окупаемости ( $DPP$ ), чистый дисконтированный доход ( $NPV$ ), дисконтированный индекс прибыльности ( $DPI$ ), внутренняя норма доходности ( $IRR$ ), дисконтированная совокупная стоимость владения ( $DTCO$ ) [119]. Методика, описанная авторами и примененная для практических расчетов в подразделе 3.6, не используется для оценки эффективности различных типов ВИЭ, так как эти энергоустановки являются слишком разными по принципу действия, с другой стороны, так как они используют возобновляемые ресурсы, то достаточным будет проведение оценки экономической эффективности инвестиционных проектов.

Для унификации и создания одинаковых конкурентных условий при оценке инвестиционных проектов вводятся следующие исходные данные и допущения для финансовой модели:



- для реализации проектов используются собственные инвестиционные средства предприятий, все цены указываются в евро;
- ставка дисконтирования ( $i$ ) принимается равной 11%;
- амортизация начисляется линейным итогом;
- горизонт планирования равен 16 годам, так как жизненный цикл всех рассматриваемых технических систем превышает 15 лет [65, 95, 184, 209], причем в 2015-ом году осуществляется закупка, проектирование и строительство объектов (продолжительность – 1 год), а с 2016-го – полноценная эксплуатация (в течение 15 лет);
- так как срок службы данных энергоустановок до капитального ремонта превышает 15 лет [65, 95, 184, 209], то соответственно затраты на капремонт в рассматриваемый период (2015-2030 гг.) не учитываются;
- техническое обслуживание объектов осуществляется собственными инженерными службами предприятия;
- все установки работают в номинальном режиме работы с заданными естественно-климатическими условиями;
- данные о стоимости установок и их комплектующих получены с официальных сайтов, каталогов компаний-производителей и от продавцов;
- курсы валют учитывались на 20.08.2015 по данным Казахстанской фондовой биржи: 1 €=284,23 тенге=75 руб., 1 \$=255,26 тенге=67,35 руб.;
- тариф на электроэнергию в базовом 2015-ом году составляет 25 тенге/кВт·ч (~0,088 евро/кВт·ч);
- если цена установок и комплектующих указана в российских рублях, то перевод российской национальной валюты осуществлялся по курсу 1 евро=65 руб. (на конец июля 2015-го года);
- теплоснабжение предприятий 2 и 4 из таблицы 3.6.1 осуществляется за счет котельных, работающих на дизельном топливе (ДТ), которое приобретается по тарифу 90000 тенге/т (~316,65 евро/т), доставляется за 50000 тенге/т (~175,91 евро/т) и сжигается в котельной с КПД  $\eta=90\%$ ;

- индексы роста тарифов, инфляции и налоговые ставки определяются в соответствии с Прогнозом социально-экономического развития РК на 2015–2019 годы, одобренным на заседании Правительства РК 27.08.2014 (протокол № 37) с учетом изменений от 04.11.2014 и 14.11.2014 года (протоколы № 48 и № 50);

- перевод одних единиц измерения энергии в другие, в том числе в тонны условного топлива (т у.т.), осуществлялся согласно [46, 219]:

- коэффициент перевода тепловой энергии (Гкал в т у.т.):  $K_{тв}$ =0,143;

- коэффициент перевода электроэнергии (МВт·ч в т у.т.):  $K_{эв}$ =0,123;

- коэффициент перевода ДТ (т в т у.т.):  $K_{дт}$ =1,45.

**Вариант 1 (ФЭС).** ФЭС, планируемая к внедрению на открытой местности с жесткой установкой на специализированных рамных конструкциях, не содержит накопителей электроэнергии и должна генерировать в период активного солнечного излучения 10 кВт·ч в час в сеть хозяйственно-бытового корпуса (ХБК) предприятия (общая установленная мощность ХБК – 286,2 кВт). Техническое решение предусматривает наличие в ФЭС 40 солнечных фотопанелей Trina Solar [32] и инверторной системы на базе 4-х инверторов «Чистый синус», синхронизирующейся с электрической сетью предприятия.

Экономия электроэнергии в натуральном выражении  $W_{ФЭСэ}$  (тыс. кВт·ч) в результате снижения электропотребления от централизованного энергоисточника за 1 календарный год составит:

$$W_{ФЭСэ} = P_{ФЭС} \cdot T_{ФЭСсутки} \cdot N / 1000, \quad (3.6.1)$$

где  $P_{ФЭС}$  (кВт) – номинальная мощность ФЭС;

$T_{ФЭСсутки}$  = 12 ч (согласно рис. 3.6.1) – среднее время работы ФЭС в сутки;

$N$  (шт.) – количество календарных дней в году.

В таблице 3.6.2 приведены данные о стоимости комплекта оборудования и сопутствующие затраты по вводу в эксплуатацию ФЭС, а также результаты расчета согласно (3.7.1).

Таблица 3.6.2

**Данные о стоимости ФЭС и годовой экономии от ее внедрения**

| <b>Стоимость ФЭС [32]</b>                                     |  |        |               |
|---|--|--------|---------------|
| 1   | Trina Solar 250 W Solar Panel (солнечные панели с углом наклона 45°), тыс. € | 40 шт. | 8,489         |
| 2   | Shore Power Cord 25 м (кабель), тыс. €                                       | 4 шт.  | 0,704         |
| 3   | DC Disconnect Box (разъединительные боксы), тыс. €                           | 4 шт.  | 0,646         |
| 4   | Surge Protection (защита), тыс. €  | 1 шт.  | 0,192         |
| 5   | ИС 48-3000 «Чистый синус» (инвертор 3-х фазный, 3 кВт, 50Гц), тыс. €         | 4 шт.  | 1,435         |
| 6   | Solar panel frames (установочные рамки), тыс. €                              | 40 шт. | 1,200         |
| 7   | Строительно-монтажные работы (СМР) и материалы, тыс. €                       |        | 3,600         |
| <b>Итоговая стоимость ФЭС <math>S_{ФЭС}</math>, тыс. €</b>    |  |        | <b>16,266</b> |
| <b>Экономия от внедрения ФЭС</b>                              |  |        |               |
| Годовая экономия электрической энергии $W_{ФЭС}$ , тыс. кВт·ч |  |        | 43,800        |

**Вариант 2 (ГКУ).** Энергетический потенциал солнечного излучения можно использовать также на нужды горячего водоснабжения (ГВС) посредством гелиоколлекторов. Для климатических условий СР предпочтительнее использовать плоские солнечные ГКУ (абсорбер, прозрачное покрытие и термоизолирующий слой) ввиду удобства их очистки от загрязнения.

По результатам энергетического обследования было определено, что 130 сотрудников рудника за смену (в сутки) обязаны по требованиям безопасности после окончания работы снять и убрать специальную одежду в шкаф, вымыть руки и лицо с мылом, принять душ. Таким образом, для гарантированного обеспечения ГВС в объеме 6,5-10 м<sup>3</sup> необходимо смонтировать солнечные коллекторы auroTHERM VPK 145 H (VFK 135 D) компании Vaillant [151] в количестве 130 штук общей площадью 326 м<sup>2</sup>. Монтаж планируется производить на крыше административно-бытового комплекса и на площадках в непосредственной близости от него.

Для расчета тепловой энергии, выделяемой ГКУ на нужды ГВС, использовалась информация по ежедневной солнечной активности в районе расположения рудника, которая представлена на рис. 3.6.2. В соответствии с данной диаграммой составлены результаты годового моделирования работы 1-ой ГКУ, рассчитанной на нагрев воды для 2-х человек, и приведены данные об

общей стоимости комплекта оборудования ГКУ для обеспечения 130 сотрудников ГВС (таблица 3.6.3).

Так как теплоснабжение предприятия осуществляется от собственной котельной, работающей на ДТ, то в результате внедрения ГКУ будет достигаться экономия ДТ ( $W_{ГКУДТ}$ ) как первичного топлива согласно (3.7.2):

$$W_{ГКУДТ} = (W_{ГКУГТ} / \eta) \cdot K_{э} / K_{ДТ}, \quad (3.7.2)$$

где  $W_{ГКУГТ}$  (тыс. кВт·ч) – годовая экономия тепловой энергии в системе ГВС (после выхода из котла) за счет использования ГКУ.

Таблица 3.6.3

### Данные о стоимости ГКУ и годовой экономии от ее внедрения

| Результаты моделирования для 1-ой ГКУ                              |  |         |               |
|--|--|---------|---------------|
| Установленная мощность коллекторов, кВт                            |  | 3,51    |               |
| Установленная площадь коллекторов (брутто), м <sup>2</sup>         |  | 5,02    |               |
| Излучение на поверхности коллекторов, МВт·ч / кВт·ч/м <sup>2</sup> |  | 7,75    | 773,04        |
| Энергия, отданная в гелиоконтур: кВт·ч / кВт·ч/м <sup>2</sup>      |  | 3357,85 | 334,45        |
| Энергия, переданная гелиоконуром, кВт·ч / кВт·ч/м <sup>2</sup>     |  | 2811    | 279,98        |
| Энергия, затраченная на приготовление горячей воды, кВт·ч          |  | 3211    |               |
| Энергия солнца, затраченная на ГВС (с учетом потерь), кВт·ч        |  | 2374    |               |
| Энергия от дополнительного источника тепла (ТЭН), кВт·ч            |  | 837     |               |
| Экономия в пересчете на электрическую энергию, кВт·ч               |  | 2374    |               |
| Доля покрытия затрат на ГВС, %                                     |  | 74      |               |
| Стоимость ГКУ [151]  |  |         |               |
| 1  | Комплект ГКУ Vaillant, состоящий из плоского солнечного коллектора autoTHERM VPK 145 H с системой управления autoMANIC 620/3 для наклонной крыши, тыс. € | 65 шт.  | 58,647        |
| 2  | СМР и материалы, тыс. €  |         | 13,000        |
| <b>Итоговая стоимость ГКУ <math>S_{ГКУ}</math>, тыс. €</b>         |  |         | <b>71,647</b> |
| Экономия от внедрения ГКУ  |  |         |               |
| Годовая экономия тепловой энергии $W_{ГКУГТ}$ , тыс. кВт·ч         |  |         | 154,310       |
| Годовая экономия ДТ $W_{ГКУДТ}$ с учетом КПД котельной, т          |  |         | 14,544        |

**Вариант 3 (ВЭУ).** В рассматриваемом варианте проекта предполагается, что ВЭУ будет вырабатывать электроэнергию параллельно с сетью во избежание проблем с перебоями электроснабжения и дефицита мощности. Такая схема реализуется без использования аккумуляторов (за исключением аккумуляторов, необходимых для работы автоматики) с инвертором, имеющим функцию синхронизации.

Объектом электроснабжения был выбран вахтовый поселок на руднике предприятия на 380 мест со следующими расчетными значениями активной,

реактивной и полной электрических нагрузок:  $P_p=491,3$  кВт,  $Q_p=300,7$  кВар и  $S_p=576$  кВА. Электроснабжение осуществляется от ГПП 110/10 кВ «Буденовское» (поселок запитан от трансформаторной подстанции ТП-1А мощностью 630 кВА).

Расчет электрической мощности генераторов ВЭУ  $P_{ВЭУ}$  (кВт) проводился по следующей формуле:

$$P_{ВЭУ}=\xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,45 \cdot V_{ветра}^3 \cdot \rho \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген} / 1000 \quad (3.6.3)$$

где  $\xi$  (о.е.) – коэффициент использования энергии ветра ( $\xi_{МАХ}=0,4 \div 0,5$ );

$R$  (м) – радиус ротора;

$V_{ветра}$  (м/с) – скорость воздушного потока;

$\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) – плотность воздуха;

$\eta_{ред}$  (о.е.) – КПД редуктора;

$\eta_{ген}$  (о.е.) – КПД генератора.

По произведенным расчетам согласно (3.6.3) для оценки эффективности данного варианта была подобрана ВЭУ Nordtank-150 [63] номинальной мощностью 150 кВт (см. таблицы 3.6.4 и 3.6.5). Для подробного анализа расчет скорости ветра велся на высоте 10-12 м над земной поверхностью (148-150 м над уровнем моря).

Моделирование экономии электроэнергии в натуральном выражении в результате снижения электропотребления от централизованного энергоисточника за 1 календарный год (таблицы 3.6.4 и 3.6.5) осуществлялось на основе зависимости  $W_{ВЭУ}=f(V_{ветра})$ , которая были получена:

- по фактическим метеоданным (количество часов, соответствующее каждому целому значению из диапазона  $V_{ВЭУ}=0 \dots 19$  м/с) с метеостанции Злиха (таблица 3.7.4) за 2014-ый год [153];

- по данным компании-производителя ВЭУ (зависимости вырабатываемой мощности от скорости ветра  $P_{ВЭУ}=f(V_{ветра})$  для ветрового генератора) [30].

Таблица 3.6.4

## Зависимость выработки электроэнергии на ВЭУ Nordtank-150 от скорости ветра

(составлено авторами на основе [30, 63])

| Скорость ветра $V_{\text{ветра}}$ , м/с | Мощность генератора $P_{\text{ВЭУ}}(V_{\text{ветра}})$ , кВт | Количество часов работы ВЭУ, ч | Выработка электроэнергии, кВт·ч |
|---|--|--------------------------------|---------------------------------|
| 4                                       | 2,4  | 1134                           | 2721,6                          |
| 5                                       | 13,4   | 306                            | 4100,4                          |
| 6                                       | 30,4   | 723                            | 21979,2                         |
| 7                                       | 49,3   | 135                            | 6655,5                          |
| 8                                       | 70,9   | 294                            | 20844,6                         |
| 9                                       | 93,9   | 24                             | 2253,6                          |
| 10                                      | 116,3  | 165                            | 19189,5                         |
| 11                                      | 136,7  | 9                              | 1230,3                          |
| 12                                      | 153,9  | 33                             | 5078,7                          |
| 13                                      | 164,5  | 0                              | 0                               |
| 14                                      | 168  | 0                              | 0                               |
| 15                                      | 167,4  | 0                              | 0                               |
| 16                                      | 165,1  | 0                              | 0                               |
| 17                                      | 162,4  | 0                              | 0                               |
| 18                                      | 160,9  | 0                              | 0                               |
| 19                                      | 160  | 0                              | 0                               |
| Итого                                   | <b>74,133</b>  | <b>2823</b>                    | <b>84053,400</b>                |

В таблице 3.6.5 приведены данные о стоимости комплекта оборудования и сопутствующие затраты по вводу в эксплуатацию ВЭУ Nordtank-150, а также некоторые ее технические характеристики.

Таблица 3.6.5

### Данные о стоимости ВЭУ и годовой экономии от ее внедрения

| Технические характеристики ВЭУ Nordtank-150 [30]                  |  | Значение      |
|---|--|---------------|
| 1   | Высота мачты $H_{\text{мачты}}$ , м  | 24,5          |
| 2   | Высота измерения метеоданных в метрах над у. м. $H_{\text{метеоданных}}$ , м | 150           |
| 3   | Номинальная скорость ветра ВЭУ $V_{\text{ветра-ном}}$ , м/с                  | 12            |
| 4   | Среднее количество часов работы в год, ч                                     | 3228          |
| 5   | Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ <sub>ВЭУ</sub> ), %   | 6,4           |
| Стоимость ВЭУ [63]  |  |               |
| 1   | Стоимость ВЭУ Nordtank-150, тыс. €   | 33,931        |
| 2   | Контроллер ENERGYWIND 10кВт (48В) (15 шт.)                                   | 3,000         |
| 3   | Мачтовый комплект  | 1,5           |
| 4   | Инвертор МАП-Hybrid 54кВт (3 шт.)  | 19,980        |
| 5   | СМР по установке ВЭУ, тыс. €   | 11,500        |
| <b>Итоговая стоимость ГКУ <math>S_{\text{ВЭУ}}</math>, тыс. €</b> |  | <b>69,911</b> |
| Экономия от внедрения ВЭУ   |  |               |
| Годовая выработка электроэнергии $W_{\text{ВЭУ}}$ , тыс. кВт·ч    |  | 84,0534       |

**Вариант 4 (ТНУ).** ТНУ функционирует за счет преобразование низкопотенциальной тепловой энергии. Поэтому основным фактором, который может обеспечить высокую эффективность применения ТНУ, является наличие

удобного и доступного источника низкопотенциальной теплоты. К достоинствам применения ТНУ следует отнести то, что они могут быть использованы для обратного переноса теплоты [65, 179] и находятся на более высоком уровне технического развития систем отопления, являясь высоко автоматизированными устройствами.

Использование теплоты пересыхающих подземных вод является наиболее надежным и часто используемым источником низкопотенциальной теплоты для применения ТНУ, который является перспективной и эффективной технологией для применения [65].

Для использования теплоты грунта в реализуемом проекте по установке ТНУ предлагается пробурить 14 скважин глубиной 75-76 м в каждой из них, установить обсадную трубу и поместить закольцованные металлопластиковые трубы (грунтовые зонды) по две петли в каждой внутренним диаметром 50 мм – всего 28 контуров по 150 метров.

Далее производится расчет возможности отопления жилого комплекса (отапливаемая площадь составляет 5140 м<sup>2</sup>, расчетная часовая тепловая нагрузка  $Q_{\text{н}}=403,1$  кВт) за счет применения ТНУ. Для обогрева здания выбран тепловой насос на базе чиллера AERMEC NXW 1400 [2] мощностью  $Q_o=419$  кВт (ближайший больший типоразмер), затрачивающий на отопление  $P_{\text{фреон}}=93,2$  кВт (стоимость электроэнергии, потребляемой ТНУ учитывалась в строке затрат при разработке финансовой модели проекта). Теплосъем с поверхностного теплообменника равняется  $q_{\text{ст}}=0,030$  кВт/м для сухого грунта и  $q_{\text{пв}}=0,100$  кВт/м для подземных вод. Необходимые расчеты производятся по нижепредставленным формулам (3.7.5)-(3.7.11), результаты этих расчетов вместе с данными о первоначальных затратах на реализацию проекта приведены в таблице 3.6.6.

Суммарная длина труб  $L(\text{м})$  определяется как отношение требуемой тепловой мощности коллектора  $Q_o$  к теплосъему с поверхности теплообменника  $q_{\text{пв}}$ :

$$L=Q_o/q_{\text{пв}}. \quad (3.6.5)$$

Общий расход фреона по следующей формуле:

$$V_s = Q_0 \cdot 3600 / (\rho_{\text{фреон}} \cdot c_{\text{фреон}} \cdot \Delta T_{\text{фреон}}), \quad (3.6.6)$$

$\rho_{\text{фреон}} = 1,05 \text{ м}^3/\text{кг}$  – плотность фреона;

$c_{\text{фреон}} = 3700 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$  – теплоемкость фреона;

$\Delta T_{\text{фреон}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  – принятая разность температур между подающей и возвратной линиями фреона.

Скорость потока труб  $V$  (м/с) определяются следующим образом:

$$V = V_s / (S_{\text{трубы}} \cdot 3600), \quad (3.6.7)$$

где  $S_{\text{трубы}} = 0,054 \text{ м}^2$  – площадь сечения трубы.

Тогда годовая экономия тепловой энергии от внедрения ТНУ  $W_{\text{ТНУ}}$  (тыс. кВт·ч) в натуральном выражении и электроэнергия  $W_{\text{фреон}}$  (тыс. кВт·ч), затрачиваемая ТНУ для выработки тепловой энергии, будут определяться следующим образом:

$$W_{\text{ТНУтэ}} = Q_0 \cdot t_{\text{оп}} \cdot 24 / 1000, \quad (3.6.8)$$

$$W_{\text{фреонээ}} = P_{\text{фреон}} \cdot t_{\text{оп}} \cdot 24 / 1000, \quad (3.6.9)$$

где  $t_{\text{оп}} = 175$  дней – продолжительность отопительного периода в днях;

24 – число часов в сутках.

В зависимости от температуры, необходимой для отопления помещений ( $55 \text{ }^\circ\text{C}$  или  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ ), производится определение экономии ДТ как первичного топлива в результате полного перехода на ТНУ ( $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ) или в результате догрева тепловым насосом теплоносителя на входе в котел (ТНУ греет теплоноситель до  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ , и он поступает в котел, который догревает его до  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ ), что приводит к снижению ДТ на выработку тепловой энергии.

В первом случае (принимая значение  $W_{\text{ТНУтэ}}$  условно равным годовому теплопотреблению для заданного значения тепловой нагрузки  $Q_n$ ) годовая экономия ДТ  $W_{\text{ТНУДТ-55}}$  (т) за отопительный период определяется по формуле (10):

$$W_{\text{ТНУДТ-55}} = (W_{\text{ТНУтэ}} / \eta) \cdot K_{эз} / K_{\text{ДТ}}, \quad (3.6.10)$$

Во втором случае годовая экономия ДТ  $W_{\text{ТНУДТ-75}}$  (т) за отопительный период производится по формуле (11):



$$W_{\text{ТНУДТ-75}} = [(Q_{\text{н}} \cdot t_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot K_{\text{эз}}) / (1000 \cdot \eta \cdot K_{\text{ДТ}})] \cdot (1 - 1/\Delta K), \quad (3.6.11)$$

где  $\Delta K$  (о.е.) – безразмерный коэффициент, численно равный отношению затрачиваемого котлом ДТ без предварительного нагрева теплоносителя к затрачиваемому ДТ при нагреве теплоносителя до 55 °С тепловым насосом.

Таблица 3.6.6

### Данные о стоимости ТНУ и годовой экономии от ее внедрения

| Технические показатели ТНУ [2]   |   |       |                |
|--|---|-------|----------------|
| 1  | Требуемая тепловая мощность коллектора $Q_{\text{от}}$ , кВт                          |       | 419            |
| 2  | Суммарная длина труб $L$ , м  |       | 4190           |
| 3  | Общий расход фреона $V_{\text{ф}}$ , м <sup>3</sup> /ч                                |       | 38,826         |
| 4  | Скорость потока трубы $V$ , м/с   |       | 0,20           |
| 5  | Электропотребление ТНУ для выработки тепловой энергии $W_{\text{фреон}}$ , тыс. кВт·ч |       | 391,44         |
| Стоимость ТНУ [2]  |   |       |                |
| 1  | ТНУ AERMEC NXW 1400, тыс. €   | 1 шт. | 59,810         |
| 2  | Контейнер для ТНУ, тыс. €   | 1 шт. | 22,700         |
| 3  | Циркуляционный насос Grundfos UPS 25-40 180 мощностью 45 Вт, тыс. €                   | 1 шт. | 0,285          |
| 4  | Расходы на бурение и обсадную колонну, тыс. €   |       | 42,880         |
| 7  | Строительно-монтажные работы (СМР), тыс. €  |       | 22,378         |
| <b>Итоговая стоимость ТНУ <math>S_{\text{ТНУ}}</math>, тыс. €</b>  |   |       | <b>148,053</b> |
| Экономия от внедрения ТНУ  |   |       |                |
| Энергия, выдаваемая ТНУ, $W_{\text{ТНУГ}}$ , тыс. кВт·ч  |   |       | 1759,80        |
| Годовая экономия ДТ $W_{\text{ТНУДТ-55}}$ при температуре теплоносителя 55 °С, т   |   |       | 165,867        |
| Годовая экономия ДТ $W_{\text{ТНУДТ-75}}$ при температуре теплоносителя 75 °С в результате снижения расхода ДТ на подогрев воды, т |   |       | 113,980        |

**Результаты расчетов.** На основе исходных данных и вышепредставленной методики была произведена оценка экономической эффективности реализации 4-х вариантов проекта по внедрению энергоустановок на базе ВИЭ, результаты которой приведены в таблице 3.6.7.

Таблица 3.6.7

### Показатели экономической эффективности реализации проектов

| Вариант           | Первоначальные затраты, тыс. евро | Годовая экономия энергоресурса в натуральном выражении | DTCO, тыс. евро | NPV, тыс. евро | SPP, лет | DPI, о.е. | IRR, % |
|-------------------|-----------------------------------|--|-----------------|----------------|----------|-----------|--------|
|                   |                                   |  |                 |                | DPP, лет |           |        |
| Вариант 1 (ФЭС)   | 16,266                            | 43,800 тыс. кВт·ч                                      | 23,071          | 21,363         | 3,91     | 1,31      | 14,51% |
|                   |                                   |  |                 |                | 6,57     |           |        |
| Вариант 2 (ГКУ)   | 71,647                            | 14,544 т   | 86,551          | -3,966         | 9,26     | -0,06     | -0,75% |
|                   |                                   |  |                 |                | >16      |           |        |
| Вариант 3 (ВЭУ)   | 69,911                            | 84,0534 тыс. кВт·ч                                     | 83,305          | 1,966          | 8,75     | 0,03      | 0,38%  |
|                   |                                   |  |                 |                | 15,48    |           |        |
| Вариант 4.1 (ТНУ) | 148,053                           | 165,867 т  | 639,859         | 302,755        | 2,95     | 2,04      | 21,25% |
|                   |                                   |  |                 |                | 5,15     |           |        |
| Вариант 4.2 (ТНУ) | 148,053                           | 113,98 т   | 595,628         | 52,113         | 6,54     | 0,35      | 4,38%  |
|                   |                                   |  |                 |                | 11,36    |           |        |

Таким образом, имеется возможным сделать следующие заключения:

1. Применение ФЭС в качестве дополнительного источника электроснабжения и ТНУ в качестве основного источника теплоснабжения (при нагреве теплоносителя до 55 °С) являются рекомендуемыми к внедрению с экономической точки зрения ( $NPI > 0$ ,  $DPP < 7$  лет,  $DPI > 1$ ,  $IRR > i$ ). В конкретном рассматриваемом случае данное обстоятельство вызвано благоприятными климатическими и географическими условиями, высокими тарифами на энергоносители и относительно низкой стоимостью этих энергоустановок в сравнении с конкурентами.

2. Остальные проекты (Варианты 2, 3 и 4.2) не рекомендуются к внедрению с экономической точки зрения.

Для ВЭУ данное обстоятельство обусловлено тем, что необходимое значение скорости ветра для эффективной работы энергоустановки ( $V_{ВЭУном} \geq 12$  м/с – таблица 3.6.4) наблюдается в недостаточно долгие промежутки времени (в итоге показатель  $КИУМ_{ВЭУ}$  не превышает 7%). Это уменьшает значение выдаваемой мощности и соответственно электроэнергии, снижая тем самым положительный эффект от реализации проекта. Другой причиной экономической неэффективности ВЭУ является потребность данных установок в дорогостоящем дополнительном оборудовании (контроллеры, инверторы и аккумуляторные батареи).

Для ГКУ данное обстоятельство обусловлено тем, что энергоустановка обеспечивает недостаточную экономию тепловой энергии в перерасчете на ДТ, поэтому затраты на мероприятие не окупаются с течением времени.

На показатели экономической эффективности проекта по внедрению ТНУ в качестве подогревателя теплоносителя на входе в котел (Вариант 4.2) негативно влияет необходимость потребления электроэнергии для функционирования ТНУ. Предлагаемое техническое решение приводит к усложнению инфраструктуры теплоснабжения предприятия и не обеспечивает автономность в энергоснабжении без использования котла, поэтому ТНУ лучше

использовать согласно Варианту 4.1 в относительно теплых регионах или на нужды ГВС.

3. Результаты расчетов справедливы для конкретных предприятий, исходных данных, условий и допущений, приведенных в начале подраздела. В виду объемности работы в данном подразделе не приведен анализ чувствительности рассматриваемых проектов к изменению вышеописанных условий, факторов и допущений. Однако данная корреляция наблюдается, ее степень также зависит от большого количества параметров проектов. Например, негативное влияние на экономическую эффективность всех рассматриваемых проектов оказала девальвация национальной казахстанской валюты, которая произошло в конце августа 2015-го года, так как все оборудование для нужд ВИЭ поставляется от иностранных производителей.

4. Результаты полученных расчетов могут быть полезны и приняты во внимание руководством российских промышленных предприятий в регионах со схожими географическими, климатическими и инфраструктурными условиями (например, в регионах ЮФО) при оценке целесообразности реализации аналогичных инвестиционных проектов, направленных на повышение энергоэффективности и обеспечение надежности функционирования данных предприятий.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

В данном разделе монографии произведено обоснование необходимости внедрения результативной вертикально интегрированной СЭнМ в систему управления ЭСК России на основе МС ISO 50001:2011 с целью обеспечения энергоэффективности, надежности, безопасности и устойчивого развития ЭСК и электроэнергетики РФ. Показано, что поставщикам энергоресурсов и энергоснабжающим организациям следует активно развивать клиентоориентированный подход с оптимизацией финансово-договорных отношений, формируя тем самым необходимые условия для взаимовыгодного сотрудничества с целью достижения общего результата в рамках

государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Осуществлен анализ стимулирования энергосбережения и повышения энергоэффективности российских промышленных предприятий на основе получения ими ИНК и льгот при выплате налогов, регламентируемых Постановлением Правительства РФ №600 от 17.06.2015. Выделены и обоснованы основные недостатки данного акта, произведена его сравнительная характеристика с указанием исправленных и существующих ошибок. Для подтверждения результативности и эффективности данного нормативно-правового акта произведен сравнительный расчет показателя «Дисконтированная совокупная стоимость владения» для энергоэффективного и неэнергоэффективного ЭТО (согласно критериям, изложенным в Постановлении РФ №600 от 17.06.2015). На основе фактических результатов расчета продемонстрировано, что несмотря на более низкие первоначальные затраты при приобретении неэнергоэффективного ЭТО, в дальнейшем его дисконтированная совокупная стоимость владения окажется больше, чем у энергоэффективного. Были выявлены причины, формирующие интегральный положительный эффект: энергоэффективное ЭТО имеет меньшие эксплуатационные расходы, более совершенные технические и эксплуатационные характеристики, возможность оптимизации налоговых платежей при его внедрении в инфраструктуру промышленного предприятия.

Произведено исследование мирового рынка малого генерирующего оборудования на органическом топливе, осуществлено сравнение наиболее эффективных энергоустановок малой энергетики, оценены состояние и перспективы развития малой энергетики РФ, в том числе на основе эффективного когенерационного оборудования, осуществлен анализ российского рынка ГПУ как перспективной когенерационной технологии для систем энергоснабжения промышленных предприятий, в результате чего были получены нижепредставленные результаты:

- описаны современное состояние малой энергетики РФ с указанием перечня основных законодательных актов, тенденции ее дальнейшего развития и потенциала применения когенерационных технологий на ее территории;

- перечислены препятствия, оказывающие сдерживающее влияние на развитие малой энергетики в РФ, разрешение которых может обеспечить УР регионов и отраслей промышленности РФ;

- перечислены, факторы, способные благотворно влиять на эффективное развитие малой энергетики РФ;

- осуществлено сравнение основных типов малых генерирующих энергоустановок, работающих на органическом топливе, выявлено преимущество ГПУ как энергоустановок малой энергетики;

- приведены результаты анализа мирового рынка энергоустановок для ТЭС по регионам, мощностным диапазонам и способам эксплуатации генерирующих систем, определен ряд основных производителей энергоустановок, условия их рационального применения, проанализирована структура и динамика спроса на энергоустановки в региональном и мощностном разрезах;

- приведена характеристика российского рынка ГПУ с идентификацией основных производителей, на долю которых приходится  $\frac{3}{4}$  всего рынка, названы причины доминирования иностранных производителей над отечественными производителями на российском рынке ГПУ;

- сделан вывод о перспективе применения когенерационных технологий на базе ГПУ для нужд различных секторов экономики РФ, приведены основные тенденции мирового рынка ГПУ, заключающиеся в увеличении единичной мощности газопоршневых агрегатов с увеличением их КПД;

- приведена структура стоимости ГПУ и ГПЭС на различных этапах жизненного цикла, что поможет потенциальному потребителю быть осведомленным о примерном порядке капиталовложений на различных стадиях реализации проекта, охарактеризованы основные направления маркетинговой политики основных производителей ГПУ на территории РФ;

- на основе авторской методики (подраздел 2.6) по критерию «Интегральный уровень энергоэффективности» произведено сравнение конкурентоспособности различных энергоустановок малой мощности и микромощности, выявлены наиболее эффективные генерирующие системы, сделаны выводы об их эффективности.

Выполнен анализ исходных климатических и географических данных СР ЮКО РК и проведен расчет энергосберегающих мероприятий, реализуемых на базе интеграции ВИЭ с традиционными источниками энергии. Определены показатели экономической эффективности данных мероприятий как инвестиционных проектов на основе рекомендаций Всемирного Банка и методики ЮНИДО [119] с учетом заданных допущений, условий и исходной информации. Выявлена перспективность и экономическая целесообразность реализации проектов на основе ФЭС и ТНУ. Результаты представленных расчетов могут учитываться при формировании рекомендаций по инвестиционной деятельности для горнодобывающих и иных промышленных предприятий РФ и стран СНГ. Это позволит предприятиям анализировать возможность и эффективность выполнения поставленных перед ними целей в области энергоэффективности за счет применения ВИЭ как технологии 6-го БУ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проводимого исследования получены следующие существенные новые научные результаты:

1. Предложена методологическая основа концепции УР для количественной оценки индекса (интегрального индикатора) УР организации, анализа и прогнозирования УР организаций. В качестве индекса УР организации предлагается использовать ее интегральный уровень БУ. Методологическая основа базируется на синтезе положений и принципов СКП и концепции БУ. Введен в употребление в научной среде термин «инновационный бизнес-объект», произведено его описание: охарактеризованы его свойства, внешняя и внутренняя среды, необходимые и достаточные условия устойчивости, а также признаки и критерии УР.

2. Доказано, что критерий «Энергоэффективность» является характеристикой БУ организаций ТЭК, а внедрение результативных организационно-экономических механизмов по управлению энергоэффективностью и дальнейшее построение интегрированных систем управления на базе МС способно обеспечить УР организации. Продемонстрировано, что для оценки уровня БУ организации необходимо учитывать не только структурные показатели (инфраструктура, менеджмент, человеческие ресурсы), выражаемые в интегральном безразмерном виде, но и параметрические показатели (выражаемые в тех же единицах измерениях), непрерывное улучшение которых в рамках текущего БУ соответствует УР организации в рамках текущего уровня БУ.

3. Разработан универсальный алгоритм проектирования результативной СЭнМ устойчиво развивающейся организации на основе ведущей мировой практики в области управления энергоэффективностью. Предлагаемый алгоритм базируется на 10 базовых принципах энергоменеджмента и сформулированных необходимых (разработка и внедрение перечня документации, содержащегося в требованиях МС ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use») и достаточных

условиях (разработка и внедрение перечня документации, который не содержится в данном МС) построения результативно функционирующей СЭнМ. Внедрение данного механизма в систему управления организацией способствует обеспечению ее УР. Показано, что результативно функционирующие СЭнМ организаций относятся к 5-ому уровню БУ, а интегрированные системы управления на основе ряда МС, включающие результативные СЭнМ, относятся к 6-ому уровню БУ.

4. Разработаны методические указания по эффективному построению системы ИЭЭ в рамках реализации достаточных условий создания результативно функционирующей СЭнМ устойчиво развивающейся организации. Предлагаемая система ИЭЭ отличается от предшествующих наличием необходимых и достаточных условий, критериев эффективности, корректирующих инструментов на основе ведущих практических рекомендаций, подхода к анализу уровня энергоэффективности организации и непрерывной оценки ее адекватности, корректности и точности. При этом установлена взаимосвязь интегрального ИЭЭ организации с индексом ее УР.

5. Предложен усовершенствованный метод комплексной оценки конкурентоспособности ЭТО на этапе параметрического синтеза по показателю «Интегральный уровень конкурентоспособности» с учетом нормативно-правовых актов РФ в области повышения энергоэффективности. Основными ее отличиями от предшествующих являются комплексность, безразмерность, однозначность и непротиворечивость итогового показателя, интегральность (одновременный учет интегрального финансового уровня ЭТО (*IFL*), интегрального технического уровня ЭТО (*ITL*) и интегрального сервисного уровня (данный показатель был разработан и добавлен в структуру итогового показателя *ILC*) ЭТО (*ISL*)) и возможность учета влияния реализации инвестиционного проекта на УР организации.

6. Предложены меры стимулирования централизованных энергопотребителей с учетом процессов взаимодействия с внешними контрагентами (энергосбытовые, электросетевые, генерирующие,



инфраструктурные организации электроэнергетики) к внедрению энергосберегающих технологий, энергоэффективного ЭТО и результативных систем управления энергоэффективностью. Осуществлен анализ современных систем автономного энергоснабжения для промышленных предприятий на базе малых генерирующих установок, произведена оценка их эффективности и конкурентоспособности для нужд малой энергетики РФ (на основе анализа текущего и прогнозируемого состояния малой энергетики РФ, маркетинговых исследований и технико-экономических расчетов по показателю «Интегральный уровень конкурентоспособности»). Подтверждена возможность использования когенерационных ГПЭС и ГПЭС простого цикла для обеспечения УР промышленных предприятий. Сделаны практические рекомендации, основанные на результатах оценки эффективности инвестиционных проектов, по возможности внедрения ВИЭ в инфраструктуру промышленных предприятий с целью обеспечения энергоэффективности, надежности и устойчивости их функционирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Наше общее будущее»: Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР): Пер. с англ. / Под ред. и с послесл. С.А. Евтеева и Р.А. Перелета. – М.: Прогресс, 1989.
2. AERMEC NXW 1400 R410A [Электронный ресурс] / КлимВент. Официальный дилер в России: AERMEC, DAIKIN, DIMPLEX, FUJITSU, HISENSE, MITSUBISHI, SHIVAKI. – Режим доступа: [http://climvent.ru/tovar/AERMEC\\_19\\_NXW\\_0500\\_53](http://climvent.ru/tovar/AERMEC_19_NXW_0500_53) (дата обращения: 14.08.2015).
3. Bloomberg A Renewables Revolution Is Toppling the Dominance of Fossil Fuels in U.S. Power [Electronic Source] / Bloomberg Business. – Mode of access: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-02-04/renewables-top-fossil-fuels-as-biggest-source-of-new-u-s-power> (date of access: 29.02.2016).
4. Capehart B.L. Guide to energy management 7th ed. / Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy. – Lilburn: The Fairmont Press, 2012. – 660 p.
5. Cohen J. Evolving the Alien: The Science of Extraterrestrial Life / J. Cohen, I. Stewart. – Ebury Press. – 2002. – 1-е издание. – С. 388. – ISBN-13: 978-0091879273.
6. Diesel & Gas Turbine Worldwide. 38<sup>th</sup> Power Generation Order Survey, 2014. Growth For All Reported Driver Types [Electronic source] / Diesel & Gas Turbine Worldwide. – Access mode: <http://www.diesलगasturbine.com/Market-Surveys/> (date of access: 22.05.2016).
7. Doty S. Energy Management Handbook Seventh Edition / Steven Doty and Wayne C. Turner. – Lilburn: The Fairmont Press, 2009. – 865 p.
8. Eccleston C.H. Inside Energy. Developing and Managing an ISO 50001 Energy Management System / CRC Press. – NW, 2012. – 313 p.
9. Energy management and conservation handbook / Edited by Frank Kreith, D. Yogi Goswami / CRC Press. – NW, 2008. – 443 p.
10. EVO 10000-1:2012 «International Performance Measurement and Verification Protocol. Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings» / Efficiency Valuation Organization. – Toronto, Canada, 2012. – 143 p.
11. Gas Turbine World 2014 – GTW. Handbook, 2014, Vol 3.
12. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications / Hartmut Bossel, Indicators for Sustainable Development: guidelines and methodologies/ JoAnne DiSano.
13. ISO 14001:2004 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по использованию».
14. ISO 14004:2004 «Системы экологического менеджмента. Общие руководящие указания по принципам, системам и способам поддержки».
15. ISO 19011:2002 «Рекомендации по аудиту СМК и/или охране окружающей среды».
16. ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – Geneva, Switzerland, 2011. – 22 p. – Mode of access: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=51297](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=51297) (date of access: 18.05.2015).
17. ISO 55000:2014 «Менеджмент активов. Обзор, принципы и технология».
18. ISO 9001:2008 «Система менеджмента качества. Требования».
19. ISO 9004:2008 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности».
20. Matthias Loster. Total Primary Energy Supply — From Sunlight 2010 [Electronic source] / Homepage of Matthias Loster. – Access mode: [http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area/](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/) (date of access: 04.08.2015).
21. Mikheev D.V. Analysis of an innovative approach to designing the design of highly efficient autonomous power supply systems / D.V. Mikheev, Y.I. Tulchinskaya / Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 2nd International Academic Conference. March 8-10,

2013, St. Louis, USA. Publishing House «Science & Innovation Center», 2013. – pp. 160-169. – ISBN 978-0-615-67099-7.

22. Mikheev D.V. Organizational and technical toolset to assess the competitiveness of gas engine power plants of the medium power band on the Russian market / D.V. Mikheev, I.S. Shabalin / Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 4th International Academic Conference. November 29-30, 2013, St. Louis, USA. Publishing House «Science & Innovation Center», 2013. – pp. 279-285. – ISBN 978-0-615-67125-3.

23. OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности. Требования».

24. OHSAS 18002:2000 «Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности. Руководящие указания по выполнению OHSAS 18001».

25. Power generation. Gas power plants [Electronic source] / Wärtsilä. – Access mode: <http://www.wartsila.com/power-plants> (date of access: 18.05.2015).

26. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency / European Commission. – Brussels, 2009. – 430 p.

27. Rio+20 Earth Summit: campaigners decry final document / The Guardian [Electronic Source]. – Access mode: <http://www.theguardian.com/environment/2012/jun/23/rio-20-earth-summit-document> (date of access: 18.05.2015).

28. SA 8000:2001 «Социальная ответственность».

29. Surface meteorology and Solar Energy [Electronic source] / NASA. Atmospheric Science Data Center. – Access mode: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?s01#s01> (data of access: 14.08.2015).

30. TECHNICAL DATA SERIES: Nordtank 150 kW [Electronic source] / J.P. Saylor & Associates, Consultants Ltd.. – Access mode: [http://windturbinewarehouse.com/pdfs/nordtank/Nordtank\\_150\\_SAC\\_DSM\\_4\\_20\\_07-unenc.pdf](http://windturbinewarehouse.com/pdfs/nordtank/Nordtank_150_SAC_DSM_4_20_07-unenc.pdf) (date of access: 14.08.2015).

31. Thumann A. Handbook of Energy Audits / Albert Thumann, William J. Younger / CRC Press. – NW, 2008. – 476 p.

32. Trina Solar 250W Polycrystalline Solar Panel TSM-250PA05 (Black) [Electronic source] / [pvpower.com](http://pvpower.com) solar power simplified. Direct Solar PV Distribution in North Amerika. – Access mode: <http://www.pvpower.com/trina-250w-solar-panel-polycrystalline.aspx> (date of access: 14.08.2015).

33. U.S. Energy Information Administration [Electronic source] / U.S. Energy Information Administration. – Access mode: <http://www.eia.gov> (date of access: 18.05.2015).

34. UN GLOBAL COMPACT LEADERS SUMMIT Making Global Goals Local Business [Electronic Source] / United Nations Global Compact. – Mode of access: <https://www.unglobalcompact.org> (date of access: 13.05.2016).

35. Авербух В.М. Шестой технологический уклад и перспективы России (Краткий обзор) / В.М. Авербух. – Вестник Ставропольского государственного университета. – Ставрополь, 2010. – №71. – С. 159-166.

36. Администратор Торговой Системы АТС [Электронный ресурс] / ОАО «Администратор Торговой Системы оптового рынка электроэнергетики». – Режим доступа: <http://www.atsenergo.ru/> (дата обращения: 08.02.2016).

37. Алексахина Л.И. Анализ российского рынка когенерационных технологий на базе газопоршневых установок / Л.И. Алексахина, Д.С. Курочкин, Д.В. Михеев, И.С. Шабалин. – Транспортное дело России. – Москва, 2013. – №6 (109). – ч. 2. – С. 197-201. – ISSN 2072-8689.

38. Алексахина Л.И. Структура технико-экономического обоснования инновационных проектов в сфере повышения энергоэффективности промышленных предприятий / Л.И. Алексахина, Д.С. Курочкин, Д.В. Михеев. – Транспортное дело России. – Москва, 2013. – №6 (109). – ч. 2. – С. 202-205. – ISSN 2072-8689.

39. Анискин Ю.П. Управление инвестициями: учебное пособие, 3-е издание, стереотипное / Ю.П. Анискин. – М.: Издательство Омега-Л, 2007. – 192 с. – ISBN 5-365-00437-X.
40. Ануфриев В.П. Низкоуглеродная экономика, энергоэффективность, устойчивое развитие / В.П. Ануфриев, А.П. Кулигин. – Дискуссия. – 2011. – №10. – С. 14-19. – ISSN 2077-7639.
41. АПБЭ – Технологическая платформа «Малая распределенная энергетика» [Электронный ресурс] / ЗАО «АПБЭ». – Режим доступа: [http://www.e-arbe.ru/distributed\\_energy](http://www.e-arbe.ru/distributed_energy) (дата обращения 18.09.2013).
42. Аргюхов В.В. Общая теория систем: Самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. Изд. стереотип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 224 с. – ISBN 978-5-397-04294-9.
43. Ассоциация НП СОВЕТ РЫНКА [Электронный ресурс] / Ассоциация «НП Совет рынка». – Режим доступа: <http://www.np-sr.ru/> (дата обращения: 08.02.2016).
44. АСУТП ПГУ-410 Краснодарской ТЭЦ на базе ПТК «Торнадо» [Электронный ресурс] / ЗАО «Модульные Системы Торнадо». – Режим доступа: <http://tornado.nsk.ru/news/1> (дата обращения: 14.08.2015).
45. Ахметшин А.Ф. Оценка эффективности работы предприятия методом структурного моделирования / А.Ф. Ахметшин, Т.Я. Данелян. – Наука и бизнес: пути развития. – 2015. – №2(44). – С. 75-80. – ISSN 2221-5182.
46. Бабичев А.П. Физические величины: справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
47. Банк России сохранил ключевую ставку на уровне 11,00% годовых [Электронный ресурс] / Пресс-служба Банка России. – Режим доступа: [http://www.cbr.ru/press/pr.aspx?file=18032016\\_133000keyrate2016-03-18T13\\_21\\_21.htm](http://www.cbr.ru/press/pr.aspx?file=18032016_133000keyrate2016-03-18T13_21_21.htm) (дата обращения: 25.04.2016).
48. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности в российской промышленности. Москва, 2013 [Электронный ресурс] // Центр по энергоэффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ). – Режим доступа: [http://www.cenef.ru/file/UK\\_I\\_01.pdf](http://www.cenef.ru/file/UK_I_01.pdf) (дата обращения: 13.05.2015).
49. Бирюлин Д.П. Бизнес-планирование. Разработка, реализация и контроль выполнения бизнес-плана / Д.П. Бирюлин, Нац. исслед. ун-т «МЭИ». – М.: Изд. дом МЭИ, 2012. – 88 с.
50. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты) / Под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Макеенко — М.: ЦПРП, 2001. — 220 с.
51. Бобылев С.Н. Устойчивое развитие: Методология и методики измерения: учеб. пособие / С.Н. Бобылев, Н.В. Зубаревич, С.В. Соловьева, Ю.С. Власов; под ред. С.Н. Бобылева. – М.: Экономика, 2011. – 358 с.
52. Бобылев С.Н. Экономика устойчивого развития: учебное пособие / С.Н. Бобылев, Э.В. Гирусов, Р.А. Перелет. – Москва, изд-во Ступени, 2004. – 303 с. – ISBN 5-94713-046-7.
53. Бобылев С.Н. Энергоэффективность и устойчивое развитие / С.Н. Бобылев, А.А. Аверченков, С.В. Соловьева, П.А. Кирюшин. – М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010. – 148 с.
54. Брусицын А.Н. Возможности инновационного развития изолированных энергосистем на базе энергоресурсосберегающих технологий (на примере энергосистемы Камчатки): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Москва, ГОУ ВПО Московский энергетический институт (технический университет)]. – Москва, 2010.
55. Буров В.Д. Анализ ГПЭС для энергообеспечения различных категорий потребителей // В.Д. Буров, А.А. Дудолин, В.В. Макаревич, Е.В. Макаревич // Материалы XVI международной научно-технической конференции студентов и аспирантов

«Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: Тез. докл.: Москва. 2010. Т. 3. с. 204-205.

56. Буров В.Д. Анализ применения газопоршневых установок для энергоснабжения различных категорий потребителей // В.Д. Буров, А.А. Дудолин, В.В. Макаревич, Е.В. Макаревич // Материалы VII международной научно-технической конференции «Повышение эффективности производства электроэнергии». – Новочеркасск, 2009. – С. 58-63.

57. Буров В.Д. Потенциал применения газопоршневых двигателей зарубежных производителей на территории РФ / В.Д. Буров, А.А. Дудолин, В.В. Макаревич, Е.В. Макаревич. – «Турбины и дизели» – 2009. – №3. – С. 30-35.

58. Быстрицкий Г.Ф. Автономные и когенерационные установки энергоснабжения (справочные материалы) / Г.Ф. Быстрицкий, Е.А. Бородич. – М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик». – 2014.

59. Быстрицкий Г.Ф. Автономные электрогенераторные установки когенерационного типа для предприятий и организаций / Г.Ф. Быстрицкий, Е.А. Бородич, О.С. Завьялова. – Главный энергетик. – 2014. – № 7. – С. 12-23. – ISSN 2074-7489.

60. Васильева Н. Энергоэффективность систем электроснабжения предприятий / Н. Васильева, Д. Павлюченко, А. Могиленко. – LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2013. – С. 92. – ISBN 978-3-659-30916-8.

61. Введен в эксплуатацию новый энергоблок ТЭЦ-16 ОАО «Мосэнерго» [Электронный ресурс] / Издательский дом «Газотурбинные технологии». – Режим доступа: <http://www.gtt.ru/content/view/1390/1> (дата обращения: 14.08.2015).

62. Ввод в эксплуатацию парогазового энергоблока (ПГУ-420), Череповецкая ГРЭС, 420 МВт [Электронный ресурс] / ОАО «ОГК-2». – Режим доступа: <http://www.ogk2.ru/rus/investment/objects/modcher.php> (дата обращения: 14.08.2015).

63. Ветрогенератор Nordtank-150 [Электронный ресурс] / SroyVitrina. – Режим доступа: <http://www.stroyvitrina.ru/items/vetrogenerator-nordtank-150-210921> (дата обращения: 14.08.2015).

64. Галева А.Р. Энергоэффективность – основа устойчивого развития экономики страны / А.Р. Галева, О.В. Газизова. – Вестник Казанского технологического университета. – 2014 – №8. – С. 372-376.

65. Геотермальный тепловой насос [Электронный ресурс] / ООО «Балтик-Комфорт». – Режим доступа: <http://teplovoj-nasos.baltcomfort.ru/informatsiya/geotermalnyj-teplovoj-nasos.html> (дата обращения: 14.08.2015).

66. Глазьев С.Ю. Новый технологический уклад в современной мировой экономике // С.Ю. Глазьев. – Международная экономика. – 2010. – №5. – С. 5-27.

67. Глазьев С.Ю. Россия еще может успеть войти в новый технологический уклад [Электронный ресурс] / «БизнесОнлайн» Деловая электронная газета Татарстана. – Режим доступа: <http://www.business-gazeta.ru/article/66460/> (дата обращения: 13.05.2016).

68. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С.Ю. Глазьев. – М.: ВладДар, 1993. – 310 с.

69. Годовые данные по ВВП [Электронный ресурс] / Российский сайт Федеральной службы государственной статистики. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/) (дата обращения: 10.03.2016).

70. ГОСТ 20375-83 «Межгосударственный стандарт: электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Термины и определения» утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17.06.1983, № 2588 [Электронный ресурс] / Каталог ГОСТов. – Режим доступа: <http://gostbase.ru/gost/20375-83> (дата обращения: 13.05.2015).

71. ГОСТ 31532-2012 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения» / Каталог ГОСТов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gostbase.ru/gost/31532-2012> (дата обращения: 13.05.2015).

72. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [Электронный ресурс] / Открытая база ГОСТов. – Режим доступа: [http://standart.gost.ru/g/ГОСТ\\_32144-2013](http://standart.gost.ru/g/ГОСТ_32144-2013) (дата обращения: 13.05.2015).

73. Группа компаний МКС. Газопоршневая электростанция [Электронный ресурс] / Группа компаний МКС. – Режим доступа: <http://www.mks-group.ru/electrical/gaspiston/info> (дата обращения: 13.05.2015).

74. Данилов Н.И. Основы энергосбережения: учебник / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под ред. Н.И. Данилова. – Екатеринбург: ГУ СО «Институт Энергосбережения», 2008. – 526 с. – ISBN 978-5-85383-368-5.

75. Данченко О.В. Энергоэффективность как детерминанта устойчивого развития нефтегазового комплекса / О.В. Данченко. – Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2014. – №4 (70). – С. 61-71. – ISSN 1815-834X.

76. Демин Е.А. Выбор привода для электростанций, использующих попутный нефтяной газ / Е.А. Демин, А.В. Олимпиев, Д.А. Пономарев, В.И. Михайлов. – «Турбины и дизели» – 2006. – №2. – с. 10-13.

77. Дильман М.Д., Филиппов С.П., Ионов М.С. Проблемы и перспективы использования когенерационных установок при реконструкции систем теплоснабжения [Электронный ресурс] / Институт Энергетических Исследований Российской Академии Наук. – Режим доступа: [http://www.eriras.ru/files/dilman-problemjenu\\_i\\_pjerspektj\\_kogjen\\_ustanovok.pdf](http://www.eriras.ru/files/dilman-problemjenu_i_pjerspektj_kogjen_ustanovok.pdf) (дата обращения: 13.05.2015).

78. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации 2013. Устойчивое развитие: вызовы Рио [Электронный ресурс] / UNDP in the Russian Federation. – Режим доступа: <http://www.undp.ru/documents/NHDR-2013.pdf> (дата обращения: 13.05.2016).

79. Доклад об экономике России № 33 апрель 2015 г. [Электронный ресурс] / World Bank Group. – Режим доступа: <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/eca/russia/rer33-rus.pdf> (дата обращения: 19.05.2016).

80. Дьяков А.Ф. Малая энергетика России: Проблемы и перспективы / А.Ф. Дьяков. – М.: Энергопрогресс, 2003. – 128 с.

81. Европейский Банк Реконструкции и Развития [Электронный ресурс] / ЕББР. – Режим доступа: <http://www.ebrd.com/ru/home.html> (дата обращения: 08.02.2016).

82. Ермакова Е.В. Энергоэффективность и устойчивое развитие. Европейский опыт / Е.В. Ермакова, К. Куритту, К.В. Вдовенко. – Академия энергетики. – 2010. – №5 (37). – С. 16-19. – ISSN 1813-7881.

83. Ерофеев П.Ю. Особенности концепции устойчивого развития / П.Ю. Ерофеев. – Экономическое возрождение России. — 2007. — № 3(13). — С. 20-29.

84. Ефимов А.В. Формирование механизмов устойчивого развития предприятий и бизнес-групп промышленности на основе управления корпоративными знаниями: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Москва, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военный университет» Минобороны Российской Федерации (ВУМО)]. – Москва, 2014. – 24 с.

85. Жуков В.В. Координация уровней токов короткого замыкания в схемах электроснабжения предприятий при создании собственной генерации / В.В. Жуков, В.Д. Кузнецов. – Энергетик. – 2015. – №9. – С. 37-39. – ISSN 0013-7278.

86. Жуков В.В. Проблемы распределенной генерации в тематике докладов сессии СИГРЭ 2016 г. / В.В. Жуков, В.Ф. Минин. – Промышленная энергетика. – 2015. – №11. – С. 52-58. – ISSN 0033-1155.

87. Жуков В.В. Электрическая часть электростанций с газотурбинными и парогазовыми установками / В.В. Жуков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 519 с. – ISBN 978-5-383-00936-9.

88. Загретдинов И.Ш. Результаты и проблемы строительства мощных парогазовых энергоблоков: презентация [Электронный ресурс] / И.Ш. Загретдинов, В.В. Тропин. – М., 2013. – 38 с. – Режим доступа: <http://polit.ru/media/files/2013/05/17/Tropin.pdf> (дата обращения: 13.05.2016).
89. Законодательство [Электронный ресурс] / Министерство энергетики РФ. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/documents/zakon> (дата обращения: 16.04.2016).
90. Затраты на покупку потерь в сетях [Электронный ресурс] / ПАО «Федеральная Сетевая Компания Единой Энергетической Системы». – Режим доступа: [http://www.fsk-ees.ru/about/management\\_and\\_control/test/2014\\_zatraty\\_na\\_pokupku\\_poteri\\_v\\_setyah\\_FSK.pdf](http://www.fsk-ees.ru/about/management_and_control/test/2014_zatraty_na_pokupku_poteri_v_setyah_FSK.pdf) (дата обращения: 26.02.2016).
91. Зеленохат Н.И. Инновационные предпосылки для интеллектуализации ЕЭС России / Н.И. Зеленохат. – Известия Академии электротехнических наук РФ. – 2013. – №1-2. – С. 3-17. – ISSN 2075-2083.
92. Зуев Ю.Ю. Основы создания конкурентоспособной техники и выработки эффективных решений / Ю.Ю. Зуев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 408 с. – ISBN: 5-903072-05-4.
93. Иванова И.Ю., Петров Н.А., Тугузова Т.Ф. Системная оценка эффективности вариантов энерго-, топливоснабжения децентрализованных потребителей: методические подходы и результаты исследований [Электронный ресурс] / Институт Энергетических Исследований Российской Академии Наук. – Режим доступа: [http://www.eriras.ru/files/ivanova-enjergosnabzhjenije\\_djecjentr\\_potrjeb.pdf](http://www.eriras.ru/files/ivanova-enjergosnabzhjenije_djecjentr_potrjeb.pdf) (дата обращения: 13.05.2015).
94. Ивановские ПГУ [Электронный ресурс] / ОАО «Интер ПАО Электрогенерация». – Режим доступа: <http://www.igao-generation.ru/stations/ivanovorg> (дата обращения: 14.08.2015).
95. Игнатьев С.Г. Ветроэнергетика / С.Г. Игнатьев. – Зауральский научный вестник. – №2(4). – С. 138-142. – ISSN 2077-5997.
96. Ильин Е.Т., Андришин К.А. Распределенная энергетика – как средство понижения цены на электроэнергию у потребителя // Материалы VIII ежегодной Международной научно-практической Конференции «Повышение эффективности энергетического оборудования – 2013». – Санкт-Петербург, 2013. – С. 61-70.
97. Ильковский К.К. Инновационные механизмы развития малой энергетики энергоизолированных районов: на примере Республики Саха (Якутия): автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Москва, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»]. – Москва, 2012. – 48 с.
98. Импортозамещение должно отвечать нуждам госкомпаний [Электронный ресурс] / Ведомости. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2015/05/13/importozameschenie-dolzno-sootvetstvovat-nuzhdam-goskompanii> (дата обращения: 19.05.2016).
99. Исследовательская компания Abercade. Аналитика. Энергетика. Рынок газопоршневых и двухтопливных установок в России [Электронный ресурс] / Исследовательская компания Abercade. – Режим доступа: <http://www.abercade.ru/research/analysis/1662.html> (дата обращения: 13.05.2015).
100. Исследовательская компания Abercade. Маркетинговые отчеты. Энергетика. Рынок электрогенерирующего оборудования для малой энергетики в России в 2010-2011 годах / Исследовательская компания Abercade [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abercade.ru/research/reports/9716.html> (дата обращения: 13.05.2015).
101. Исследовательская компания Abercade. Отраслевые новости Альтернативная энергетика. Рейтинг игроков рынка газопоршневых установок в России в 2012 году [Электронный ресурс] / Исследовательская компания Abercade – Режим доступа: <http://www.abercade.ru/research/industrynews/10489.html> (дата обращения: 13.05.2015).

102. Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования ТЭК в 2015 году. Задачи на среднесрочную перспективу [Электронный ресурс] / Министерство энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/4436> (дата обращения 10.03.2016).
103. Кардашев Н.С. Космология и цивилизации / Древняя астрономия: небо и человек, 1997.
104. Кардашев Н.С. Передача информации внеземными цивилизациями / Н.С. Кардашев. – *Астрономический журнал*. – 1964.
105. Красник В.В. Вся неправда о подключении к электросетям / В.В. Красник. – М., ЭНАС, 2009. – 144 с. – (Рынок электроэнергии). – ISBN 978-5-93196-966-4.
106. Кудрин Б.И. Третья научная картина мира как теоретическая основа электрификации России до 2040 г. / Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. Сто шестьдесят шестое заседание постоянно действующего открытого семинара «Экономические проблемы отраслей ТЭК (Семинар А.С. Некрасова)». – Москва, 2016.
107. Кузин Ф.А. Кандидатская диссертация. Методика написания, правила оформления и порядок защиты: Практическое пособие для аспирантов и соискателей ученой степени / Под. ред. Абрамова В.А. – 11-е изд., доп. – М.: Ось-89, 2011. – 224 с. – ISBN 978-5-9957-0325-9.
108. Курочкин Д.С. Методический подход к определению уровня конкурентоспособности газопоршневых энергоустановок для различных условий эксплуатации предприятий / Д.С. Курочкин, Д.В. Михеев. – *Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки»*. – Новочеркасск, 2014. – №4. – с. 4-10. – ISSN 2075-2067.
109. Курочкин Д.С. Построение интегративной управленческой модели для повышения энергоэффективности систем электроснабжения производственных предприятий / Д.С. Курочкин, Д.В. Михеев // Федоровские чтения – 2103. XLIII Международная научно-практическая конференция (Москва, 6-8 ноября 2013 г.) / под общ. ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матиониной. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – С. 37-38. – ISBN 978-5-383-00878-2.
110. Леонтьев Г.К. Малая энергетика в разных ракурсах / Г.К. Леонтьев. – *Мировая энергетика*, 2009. – №6. – С. 36-39.
111. Лифиц И.М. Формирование и оценка конкурентоспособности товаров и услуг: учеб. пос. / И.М. Лифиц. – М.: Юрайт-Издат, 2004. – 367 с.
112. Лозенко В.К. Базовые принципы систем энергетического менеджмента — МС ISO 50001:2011 / В.К. Лозенко, М.К. Агеев, Д.Т. Муборакшоева. – *Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки»*. – 2014. – №1. – С. 5-16. – ISSN 2075-2067.
113. Лозенко В.К. Комплексный алгоритм проектирования и внедрения результативно функционирующей системы энергоменеджмента организации / В.К. Лозенко, Е.Ф. Кустов, М.К. Агеев, Д.В. Михеев. – *Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки»*. – 2015. – №5. – С. 5-13. – ISSN 2075-2067.
114. Лозенко В.К. Необходимые и достаточные условия построения результативной системы энергетического менеджмента / В.К. Лозенко, М.К. Агеев, Д.В. Михеев. – *Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки»*. – 2015. – №6. – С. 5-19. – ISSN 2075-2067.
115. Лозенко В.К. Определение базовых принципов энергоменеджмента для построения эффективной системы энергоменеджмента организации / В.К. Лозенко, М.К. Агеев, Д.В. Михеев / «Актуальные вопросы экономических наук»: сборник материалов XXXIX Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, Издательство ЦРНС, 2014. – С. 36–41. – ISBN 978-5-00068-138-1.
116. Лозенко В.К. Построение системы индикаторов энергоэффективности организации и практика их расчета по критериям Постановлений Правительства РФ / В.К. Лозенко, Д.В. Михеев. – *Транспортное дело России*. – Москва, 2015. – №3. – С. 124-129. – ISSN 2072-8689.



117. Лозенко В.К. Практика расчетов индикаторов энергоэффективности технологического оборудования по критериям Постановлений Правительства РФ №308 и №562 / В.К. Лозенко, Д.В. Михеев / «Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития»: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, Издательство ЦРНС, 2015. – С. 155–159. – ISBN 978-5-00068-268-5.

118. Лозенко В.К. Развитие организационных механизмов – ключевой фактор инновационного прогресса в управлении энергоэффективностью / В.К. Лозенко, М.К. Агеев // Журнал «Контроллинг». – 2012. – №1 (43). – С. 55-61. – ISSN 1998-6157.

119. Лозенко В.К. Система энергетического менеджмента в электросетевом комплексе / В.К. Лозенко, А.Е. Муоров, В.Э. Воротицкий, М.К. Агеев, М.А. Булатенко, Д.В. Михеев. – Красноярск: ООО ИПК «Платина», 2014. – 212 с. – ISBN 978-5-98624-128-9.

120. Лозенко В.К. Современные концепции управления документами организации / В.К. Лозенко, В.В. Зайцев. – Вестник МЭИ – Москва, 2006. – №6. – с. 157-166. – ISSN1993-6982.

121. Лозенко В.К. Условия построения результативно функционирующей системы энергетического менеджмента предприятия / В.К. Лозенко, М.К. Агеев, Д.В. Михеев / Менеджмент, маркетинг, логистика: теория и практика. Сборник материалов международной научной конференции. Россия, г. Москва, 28-30 октября 2014 г. [Электронный ресурс] / под ред. проф. В.Д. Васильева. – Электрон. текст. дан. – Киров: МЦНИП, 2014. – С. 12-15. – 1 электрон. опт. диск. (CD-ROM). – ISBN 978-5-00090-040-6.

122. Лозенко В.К. Эволюция бизнессценариев и бизнесукладов в экономике / В.К. Лозенко. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 181 с. – ISBN 978-3-659-98721-2.

123. Лозенко В.К. Эволюция ключевого показателя эффективности мощных парогазовых установок / В.К. Лозенко, Д.В. Михеев, П.И. Оклея, А.Н. Роголев. – Микроэкономика. – 2015. – №4. – С. 58-61. – ISSN 1817-1591.

124. Макаревич Е.В. Разработка методики выбора газопоршневых установок для энергоснабжения потребителей: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.01 [место защиты: Москва, Национальный исследовательский университет «МЭИ»]. – Москва, 2012. – 21 с.

125. Максимов Б.К. Электроэнергетика России: реформы надо продолжать / Б.К. Максимов, В.В. Молодков. – Вестник МЭИ. – №5 – С. 50-57. – ISSN1993-6982.

126. Малинецкий Г.Г. Проектирование будущего. Роль нанотехнологий в новой реальности [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «ИНТЕЛПРОС — Интеллектуальная Россия». – Режим доступа: [http://www.intelros.ru/intelros/reiting/rejting\\_09/material\\_sofiy/4946-malineckij-gg-proektirovanie-budushhego-rol-nanotexnologij-v-novoj-realnosti.html](http://www.intelros.ru/intelros/reiting/rejting_09/material_sofiy/4946-malineckij-gg-proektirovanie-budushhego-rol-nanotexnologij-v-novoj-realnosti.html) (дата обращения: 13.05.2015).

127. Мельник Л.Г. Основы устойчивого развития: Учеб. пособие / Под общ. ред. д.э.н., проф. Л.Г. Мельника. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2005. – 654 с.

128. Мещерякова Т.С. Анализ энергозатрат промышленных предприятий в современных условиях / Т.С. Мещерякова. – Москва, НП АВОК, «Энергосбережение». – 2015. – №4. – С. 36. – ISBN 978-5-98267-092-2.

129. Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / Под ред. В.В. Бушуева (ИЭС), В.А. Каламанова (МЦУЭР). – М.: ИД «Энергия», 2011. – 360 с. – ISBN 978-5-98908-048-9.

130. Михеев Д.В. Выбор привода электрического генератора для мини-ТЭЦ по критерию «Минимальная стоимость совокупного владения» / Д.В. Михеев, Г.Э. Попов / «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: Девятнадцатая Междуна. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т. 3. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – С. 25. – ISBN 978-5-383-00838-6.

131. Михеев Д.В. Оценка конкурентоспособности газопоршневых установок средней мощности // Д.В. Михеев, И.С. Шабалин // «Радиоэлектроника, электротехника и

энергетика»: Деятнадцатая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т. 3. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – С. 20. – ISBN 978-5-383-00838-6.

132. Михеев Д.В. Сравнительный анализ генерирующего оборудования малой энергетики // Д.В. Михеев, А.А. Наумова // РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Двадцать вторая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (25–26 февраля 2016 г., Москва): Тез. докл. В 3 т. Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — С. 396. – ISBN 978-5-383-01020-4.

133. Михеев Д.В. Устойчивое развитие промышленного предприятия на основе повышения его энергоэффективности // Д.В. Михеев // «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: Двадцать первая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т. 3. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – С. 260. – ISBN 978-5-383-00924-6.

134. Михеев Д.В. Экономические перспективы развития малой энергетики РФ на основе когенерационного оборудования / Д.В. Михеев, И.С. Шабалин / Сборник научных трудов «Актуальные вопросы современной науки», выпуск 18. Новосибирск: ООО Издательство «СИБПРИНТ», 2014. – С. 237–249. – ISBN 978-5-00068-019-3.

135. На Яйвинской ГРЭС введена в эксплуатацию парогазовая установка производства «Сименс» [Электронный ресурс] / ООО «Сименс». – Режим доступа: [http://w3.siemens.ru/press\\_office/news\\_archive/22294.html](http://w3.siemens.ru/press_office/news_archive/22294.html) (дата обращения: 14.08.2015).

136. Назаретян А.П. О прогнозировании в шутку и всерьез / А.П. Назаретян. – Историческая психология и социология истории. – 2011. – №1. – С. 189 – 209.

137. Налоговый Кодекс РФ (НК РФ) [Электронный ресурс] / Гарант. Информационно-правовой портал. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/10900200> (дата обращения: 13.05.2015).

138. Некоторые результаты применения импортных ГТУ и ПГУ на электростанциях. – Электрические станции. – 2014. – №11. – С. 73-78. – ISSN 0201-4564.

139. Немцев И.А. Энергоемкость продукции как базовый индикатор устойчивого развития предприятий АПК / И.А. Немцев, А.А. Немцев. – Science Time. – 2015. – №6 (18). – С. 380-384. – ISSN 2310-7006.

140. Обзор основных результатов функционирования объектов электроэнергетики в 2015 году [Электронный ресурс] / Министерство энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/view-pdf/5079/61503> (дата обращения: 19.05.2016).

141. Ойленбах Р. Управление процессами энергосбережения на промышленных предприятиях (на примере металлургического производства): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Челябинск, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)]. – Челябинск, 2012. – 26 с.

142. Ольховский Г.Г. Газотурбинные и парогазовые установки сегодня / Г.Г. Ольховский. – Электрические станции. – 2015. – №1. – С. 73-78. – ISSN 0201-4564.

143. Осика Л.К. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление / Л.К. Осика. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 780 с. – ISBN 978-5-383-00869-0.

144. Основы современной энергетики. В 2 т. Т.1. Современная теплоэнергетика / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 472 с.: ил.

145. Отчет о финансовых результатах [Электронный ресурс] / ПАО «Федеральная Сетевая Компания Единой Энергетической Системы». – Режим доступа: [http://www.fsk-ees.ru/about/management\\_and\\_control/test/Forma2.pdf](http://www.fsk-ees.ru/about/management_and_control/test/Forma2.pdf) (дата обращения: 26.02.2016).

146. Официальная статистика [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/) (дата обращения: 13.05.2016).

147. Паровые турбины для парогазовых установок [Электронный ресурс] / ЗАО «Уральский турбинный завод». – Режим доступа: <http://www.utz.ru/cgi-bin/catalog/viewgroup.cgi?prigroup=2&mode=&seller=&city=&made> (дата обращения: 13.05.2016).

148. Парогазовый энергоблок №8 комбинированного цикла на ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго» [Электронный ресурс] / Alstom. – Режим доступа: [http://www.alstom.com/Global/Russia/Resources/Documents/Brochures/PFi\\_Prev\\_03.05.pdf](http://www.alstom.com/Global/Russia/Resources/Documents/Brochures/PFi_Prev_03.05.pdf) (дата обращения: 14.08.2015).

149. Перцева Е.Ю. Реализация концепции устойчивого развития компании на основе проектно-портфельной методологии: автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Москва, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»]. – Москва, 2013. – 31 с.

150. Петреня Ю.К. История парогазового цикла в России. Перспективы развития [Электронный ресурс] / Тригенерация. – Режим доступа: <http://www.combienergy.ru/stat900.html> (дата обращения: 14.08.2015).

151. Плоский солнечный коллектор auroTHERM VPK 145 Н [Электронный ресурс] / Инновационные отопительные решения Valliant. – Режим доступа: <http://www.thermostream.ru/cat/2014/katalog-po-innovatsiyam-2014-blok.pdf> (дата обращения: 14.08.2015).

152. Повышение эффективности работы энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. IX / Под ред. В.А. Шуина, М.Ш. Миериханова, А.В. Мошкарина. – М: Энергоатомиздат, 2009. – 572 с. – ISBN 978-5-283-03312-9.

153. Погода в Злихе [Электронный ресурс] / Расписание погоды. – Режим доступа: [http://gp5.kz/Погода\\_в\\_Злихе](http://gp5.kz/Погода_в_Злихе) (дата обращения: 14.08.2015).

154. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.

155. Попков В.В. Устойчивое экономическое развитие в условиях глобализации и экономики знаний: концептуальные основы теории и практики управления / В.В. Попков – М.: Экономика, 2007. – 295 с.

156. Попов Г.Э. Разработка механизмов управления процессом развития энергоснабжения удаленных населенных пунктов России на основе принципов энергетического менеджмента: автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана]. – Москва, 2016. – 19 с.

157. Попов Г.Э. Энергодемографические показатели регионов России как фактор развития энергообеспечивающих инфраструктур / Г.Э. Попов, Я.И. Тульчинская, Д.С. Курочкин. – Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки». – 2015. – №1. – С. 11-26. – ISSN 2075-2067.

158. Постановление №600 от 17.06.2015 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности» [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_181403/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181403/) (дата обращения: 12.05.2015).

159. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.12.2010 №1172 «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» [Электронный ресурс] / Российская газета. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2011/04/05/electro-dok.html> (дата обращения: 12.05.2015).

160. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (вместе с «Основными положениями

функционирования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии») [Электронный ресурс] / Российская газета. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2012/06/05/energorynki-site-dok.html> (дата обращения: 13.05.2015).

161. Постановление Правительства РФ от 24.12.2008 № 988 (ред. от 06.02.2012) «Об утверждении перечня научных исследований и опытно-конструкторских разработок, расходы налогоплательщика на которые в соответствии с пунктом 7 статьи 262 части второй Налогового кодекса Российской Федерации включаются в состав прочих расходов в размере фактических затрат с коэффициентом 1,5».

162. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в феврале 2016 года увеличилось на 1,7 % по сравнению с февралем 2015 года [Электронный ресурс] / Системный оператор Единой Энергетической Системы. – Режим доступа: [http://so-ups.ru/index.php?id=press\\_release\\_view&no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=8387](http://so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=8387) (дата обращения: 03.03.2016).

163. Приказы и распоряжения Минэнерго. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации (Минэнерго России) №400 от 30.06.2014 [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: [http://www.minenergo.gov.ru/documents/fold13/?ELEMENT\\_ID=1773](http://www.minenergo.gov.ru/documents/fold13/?ELEMENT_ID=1773) (дата обращения: 13.05.2015).

164. Программа НИОКР [Электронный ресурс] / ПАО «Россети». – Режим доступа: <http://www.rosseti.ru/investment/niokr/> (дата обращения: 08.02.2016).

165. Пыткин А.Н. Организационно-экономический механизм управления предприятиями энергетики: монография / А.Н. Пыткин, А.И. Хисамова. – Пермь: АНО ВО «Пермский институт экономики и финансов», 2014. – 208 с. – ISBN 978-5-904417-40-6.

166. Распоряжение Правительства РФ от 29.07.2014 № 1398-р (ред. от 24.11.2015) «Об утверждении перечня моногородов».

167. Рогалев Н.Д. Комплекс методических положений и рекомендаций по расчету экономического эффекта от реализации мероприятий по энергосбережению в сфере жилищно-коммунального хозяйства и промышленной энергетики / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, Г.Н. Курдюкова, Д.Г. Шувалова, Е.Г. Гашо. – Москва, Научный парк МЭИ, 2010. – 136 с.

168. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; под ред. Н.Д. Рогалева. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 288 с. – ISBN 5-7046-1198-2.

169. Российский сайт Информационно-аналитического портала «Центр гуманитарных технологий», исследование «Валовой внутренний продукт (ВВП)» [Электронный ресурс] / Gross Domestic Product (GDP). – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/> (дата обращения: 10.03.2016).

170. Российский сайт Информационно-аналитического портала «Центр гуманитарных технологий», исследование «Валовой внутренний продукт (ВВП)» [Электронный ресурс] / Gross Domestic Product (GDP). – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/> (дата обращения: 10.03.2016).

171. Росстат подтвердил оценку падения ВВП России в 2015 году [Электронный ресурс] / Российский сайт ИА «Росбалт». – Режим доступа: [www.rosbalt.ru](http://www.rosbalt.ru) (дата обращения: 10.03.2016).

172. Рынок труда в странах Содружества в 2013 году / Статистика СНГ. Статистический бюллетень, 2014. – № 10 (541). – С. 27.

173. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.: ил. – ISBN 5-256-00443-3.

174. Саган К. Космос. Эволюция жизни и цивилизации / К. Саган. – Издательство «Амфора». – 2013. – С.370. – ISBN: 978-5-367-02830-0.

175. Саммит «Рио+20»: будущее, которого хотят не все [Электронный ресурс] / Газета «Зеленый мир. Экология: проблемы и программы». – Режим доступа: <http://zmdosie.ru/klimat/mneniya/267-sammit-rio-20>(дата обращения: 13.05.2015).
176. Сведения о расходах бюджета по разделам и подразделам классификации расходов на 2014-2018 гг. [Электронный ресурс] / Открытый бюджет Москвы. – Режим доступа: [http://budget.mos.ru/expenses\\_classification\\_2016\\_2018](http://budget.mos.ru/expenses_classification_2016_2018) (дата обращения: 27.02.2016).
177. Северо-Западная ТЭЦ [Электронный ресурс] / ОАО «Технопромэкспорт». – Режим доступа: <http://www.tpe.ru/objects/tpp/severo-zapadnaya-tets>. (дата обращения: 14.08.2015).
178. Селищев В.Г. Энергоэффективность как фактор устойчивого развития: опыт, тенденции и перспективы: автореферат диссертации кандидата экономических наук: 08.00.14 / Российский университет дружбы народов (РУДН). – Москва, 2014. – 24 с.
179. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2012. – 240 с. – ISBN 978-5-406-02051-1-7.
180. Системный Оператор Единой Энергетической Системы [Электронный ресурс] / ОАО «Системный Оператор ЕЭС». – Режим доступа: <http://so-ups.ru/> (дата обращения: 23.05.2016).
181. Склярова И.Ю. Совершенствование инструментария формирования системы энергоменеджмента предприятий топливно-энергетического комплекса России: автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет]. – Ростов-на-Дону, 2015.
182. Снижены потери в электросетях в Москве и Московской области [Электронный ресурс] / ПАО «Россети». – Режим доступа: [http://www.rosseti.ru/press/news/?ELEMENT\\_ID=26023](http://www.rosseti.ru/press/news/?ELEMENT_ID=26023) (дата обращения: 08.02.2016).
183. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс] / Росэнергосервис (электронная библиотека по энергетике). – Режим доступа: <http://lib.rosenergoserwis.ru/sovremennaya-teploenergetika.html?start=41> (дата обращения: 13.05.2016).
184. Солнечный коллектор (плоский и вакуумный) [Электронный ресурс] / Совместное белорусско-австрийское ООО «Голес». – Режим доступа: <http://solarcollector.by/solnechnyj-kollektor> (дата обращения: 14.08.2015).
185. Строительство 3 ПГУ-420 МВт на Няганской ГРЭС [Электронный ресурс] / ООО «ЭФ-Инжиниринг». – Режим доступа: <http://www.ef-in.ru/project/138-p5> (дата обращения: 14.08.2015).
186. Сценарные условия развития электроэнергетики на 2012-2030 годы [Электронный ресурс] // Национальная Ассоциация Страховщиков Атомной Отрасли. – Режим доступа: [http://www.ranipool.ru/images/data/gallery/1\\_8337\\_\\_usloviya\\_elektroenergetiki\\_na\\_period\\_do\\_2030\\_goda.pdf](http://www.ranipool.ru/images/data/gallery/1_8337__usloviya_elektroenergetiki_na_period_do_2030_goda.pdf) (дата обращения: 13.05.2015).
187. Сытник А.А. Генезис технологического уклада // А.А. Сытник. – Вестник Саратовского государственного технического университета. – Саратов, 2011. – №52. – С. 243-346.
188. Тарасенко В.В. Оптимизация развития и функционирования системы энергоснабжения с распределенной генерацией: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.02 [место защиты: Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина»]. – Екатеринбург, 2012. – 26 с.
189. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития [Электронный ресурс] // Устойчивое развитие. – Режим доступа: <http://www.ustoichivo.ru/i/docs/18/tarasova.pdf> (дата обращения: 13.05.2016).
190. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций / А.Д. Трухний. – М.: Изд. дом МЭИ, 2013. – 648 с. – ISBN 978-5-383-00721-1.

191. Тульчинская Я.И. Международный опыт становления стандартов энергетического менеджмента городских агломераций / Я.И. Тульчинская // Стратегия устойчивого развития регионов России: Сборник материалов XVIII Всероссийской научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2013. – С. 187-193 – ISBN 978-5-00068-002-5.
192. Тульчинская Я.И. Методика оценки уровня бизнес-уклада электроэнергетического комплекса городской агломерации / В.К. Лозенко, Я.И. Тульчинская. – Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки». – 2013. – № 5. – с. 65-78. – ISSN 2075-2067.
193. Тульчинская Я.И. Методика оценки уровня бизнесуклада электроэнергетической отрасли России // Я.И. Тульчинская // Современные научные достижения – 2013: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Прага, 2013. – С. 30-34. – ISBN 978-966-8736-05-6.
194. Тульчинская Я.И. Методика оценки уровня технологического уклада страны // Я.И. Тульчинская, Д.С. Курочкин // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2013. – № 5(36). – с. 20 – 28. – ISSN 2219-0279.
195. Тульчинская Я.И. Методология оценки уровня технологического уклада в экономике. – М.: Буки Веди, 2013. – 101 с.
196. Тульчинская Я.И. Научно-методический подход к оценке уровня технологического уклада электроэнергетической отрасли России // В.К. Лозенко, Я.И. Тульчинская. – Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки». – 2013. – № 1. – С. 16-29. – ISSN 2075-2067.
197. Тульчинская Я.И. Оценка эффективности применения трансформаторов с низким коэффициентом загрузки / Я.И. Тульчинская. – Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2012. – №5. – С. 580-589. URL: [http://www.ogbus.ru/authors/Tulchinskaya/Tulchinskaya\\_4.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Tulchinskaya/Tulchinskaya_4.pdf) (дата обращения: 13.05.2015).
198. Тульчинская Я.И. Распределенная энергетика – один из основных факторов снижения эффектов депопуляции на примере Республики Саха (Якутия) / Я.И. Тульчинская, К.К. Ильковский. – Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012. – №4. – С. 562-569. – URL: [http://www.ogbus.ru/authors/Ilkovskii/Ilkovskii\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Ilkovskii/Ilkovskii_1.pdf) (дата обращения: 13.05.2016).
199. Тульчинская Я.И. Становление стандартов энергетического менеджмента / Я.И. Тульчинская. – Транспортное дело России. – 2013. – №16. – С. 102-104. – ISSN 2072-8689.
200. Устойчивое развитие [Электронный ресурс] / ПАО «Интер РАО». – Режим доступа: <http://www.interra.ru/sustainable-development/> (дата обращения: 13.05.2016).
201. Федеральный закон от 27.07.2010 №190-ФЗ «О теплоснабжении» [Электронный ресурс] // Российская газета. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2010/07/30/teplo-dok.html> (дата обращения 18.05.2015).
202. Федеральный закон Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Российская газета. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> (дата обращения 18.05.2015).
203. Федеральный закон Российской Федерации от 26.03.2003 №35-ФЗ «Об электроэнергетике» [Электронный ресурс] // Российская газета. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2008/08/26/elektroenergetika-dok.html> (дата обращения 18.05.2015).
204. Фильченкова М.В. Современное состояние и перспективы развития энергетики России / М.В. Фильченкова. – Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2015. – №22. – С. 150-161.
205. Фокин Г.А. Методология создания автономных турбинных источников электрической энергии, использующих энергию сжато природного газа для собственных нужд газотранспортной системы России: диссертация на соискание ученой степени доктора

технических наук: 05.04.02 [место защиты: Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»]. – Санкт-Петербург, 2015. – 456 с.

206. Фролов В.И. Методические подходы к разработке показателей устойчивого развития сельских территорий / В.И. Фролов, Е.О. Агафонова. – Экономическое возрождение России. – №4 (30). – 2011. – С. 76-89.

207. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 584 с. – ISBN 5-903072-19-4.

208. Цопа В.А. Реализация концепции устойчивого развития – основа внедрения международных стандартов систем менеджмента [Электронный ресурс] // Журнал DAS Management. – Режим доступа: [http://www.das-management.info/DM\\_01\\_2009\\_part\\_02\\_standard\\_07\\_ts.pdf](http://www.das-management.info/DM_01_2009_part_02_standard_07_ts.pdf) (дата обращения: 13.05.2016).

209. Чориева М.Р. Производство альтернативной энергии из солнечного излучения / М.Р. Чориева / Сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции в 4-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. Курск, 2015. – С. 247-252. – ISBN 978-5-9906417-4-7.

210. Чумаков Е.В. Стратегическое управление энергоэффективностью промышленных предприятий: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Белгород, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова]. – Белгород, 2013. – 26 с.

211. Шилин В.А. Управление инновационной деятельностью в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности регионов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 [место защиты: Москва, Национальный исследовательский университет «МЭИ»]. – Москва, 2011. – 24 с.

212. Щелоков Я.М. Энергетический анализ хозяйственной деятельности (Энергетические проблемы энергоемких производств): учебно-методическое издание / Я.М. Щелоков. – Екатеринбург: РУО АИН им. А.М. Прохорова, 2010. – 388 с.

213. Щетинина Е.Д. Энергоэффективность предприятия как стратегический ресурс его устойчивого развития / Е.Д. Щетинина, Е.В. Чумаков. – Социально-гуманитарные знания. – 2012. – №8. – С. 358-365. – ISSN 0869-8120.

214. Энергетики обсудили планы по внедрению стандарта энергоменеджмента ISO 50001 / Саморегулирование – информационный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sroportal.ru/publications/energetiki-obsudili-plany-po-vnedreniyu-standarta-energomenedzhmenta-iso-50001> (дата обращения: 13.05.2016).

215. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Консультант Плюс». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_94054](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054). (дата обращения: 13.05.2016).

216. Энерголизинг [Электронный ресурс] / Группа Компаний «ТЕХНОПРОГРЕСС». – Режим доступа: <http://www.tehnoprogress.ru/energolizing.html> (дата обращения: 08.02.2016).

217. Энергопотребление на основе возобновляемых источников [Электронный ресурс] / Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году. – Режим доступа: [http://www.ecogodosklad.ru/2014/wwwPower1\\_3.aspx](http://www.ecogodosklad.ru/2014/wwwPower1_3.aspx) (дата обращения: 13.05.2016).

218. Эридан. Комплексные энергетические решения [Электронный ресурс] / Elec.ru. – Режим доступа: [http://www.elec.ru/files/2012/03/01/yeridan\\_katalog\\_utv.pdf](http://www.elec.ru/files/2012/03/01/yeridan_katalog_utv.pdf) (дата обращения: 13.05.2016).

219. Яворский Б.М. Справочник по физике. 7-е изд., испр. / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М.: Наука, 1977. – 944 с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1.1

**Эволюция технических систем ТС по мере развития социума согласно [92]**

| Характерный период времени социума | Количество классов общественно значимых ТС, образующих техноценозы | Количество характерных частей (деталей), определяющих функционирование общественно значимых ТС   |
|------------------------------------|--|--|
| <b>80 – 50 тыс. лет до н.в.</b>    | 4 – 5 основных классов   | 3 – 7 деталей  |
| <b>10 – 50 тыс. лет до н.в.</b>    | 50 – 150 классов систем  | 40 – 250 основных деталей, формируется понятие сложных технических систем  |
| <b>1000 – 5000 лет до н.в.</b>     | 1000–4500 классов ТС   | 250 – 7000 функционально важных деталей, входящих в состав общественно значимых ТС, понятие сложной ТС получает теоретическое осмысление, появляется понятие «технического документа» – материального объекта, содержащего закреплённую информацию о системе |
| <b>С 19 века и до н.в.</b>         | Свыше 150000 классов ТС  | Для сложных ТС – свыше 15-и миллионов функционально важных деталей!  |

Согласно Ю.Ю. Зуеву [92] в результате процесса своего развития современный социум приобрел нижепредставленную совокупность основных характеристик:

- «высокий динамизм (число классов ТС удваивается в среднем каждые 8 –10 лет, число новых (промышленных) изделий уменьшалось в 2 раза через каждые 25 лет при одновременном сокращении времени морального устаревания техники)» [92];
- «определяющее влияние технологий и информации (объем производимой и качественно новой научно-технической информации удваивается каждые 6 – 8 лет)» [92];
- «появление сложных систем с функциями, ранее считавшимися исключительной прерогативой человека» [92];
- «сложность ТС возрастает в среднем в 2 раза через каждые 10-12 лет» [92];



- «соизмеримость последствий даже от нормальных условий функционирования артефактов с естественными природными процессами» [92];

- «катастрофические последствия для природы и общества в случае аварий сложных технических систем и увеличение тяжести техногенных катастроф» [92];

- «конечность и нестабильность традиционных сырьевых ресурсов» [92];

- «малая предсказуемость новых потребностей» [92];

- «скорость техно-обусловленных процессов в тысячи и более раз превышает временные периоды естественного эволюционирования видов, что не может не сказаться отрицательным образом на способности природной адаптации и рационального изменения видов путем естественного отбора, приводит к многочисленным мутациям часто на внешне неуловимом уровне» [92];

- «отсутствие способности общества соразмерять в процессе своего развития степень «физического» воздействия на природу и на само общество с мерой своего «социального взросления» общества» [92].

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П2.1

### Принципы устойчивого развития на макро- и микроуровнях

| Макроуровень<br>(данные принципы сформулированы и приведены в [34], [52], [127], [155])  | Микроуровень<br>(данные принципы сформулированы Е.Ю. Перцевой в [149])  |
|--|---|
| <p>1. В новых населенных пунктах или кварталах городов создается гуманная этажность жилых объектов (не выше 5 этажей), планировочные решения учитывают создание удобной транспортной инфраструктуры, легкую доступность административных, деловых и торговых центров, социальных учреждений.</p> <p>2. Застройка ведется по принципу ячеек, то есть создаются зеленые двory, детские площадки; деловые кварталы с высотным строительством отделяются от жилых зеленых районов.</p> <p>3. При создании транспортной инфраструктуры предпочтение отдается наиболее приемлемому с экологической точки зрения транспорту (троллейбусы, трамваи, фуникулеры, надземные и наземные электропоезда и т.д.); серьезное внимание уделяется развитию общественного транспорта; стимулируется и поддерживается пользование велосипедами.</p> <p>4. Выполняется достоверный расчет парковочных мест вблизи жилых массивов и административно-деловых центров в привязке к демографическому и экономическому развитию региона.</p> <p>5. Большое внимание уделяется благоустройству территорий, то есть создаются искусственные водоемы (где есть возможность), парки, аллеи, обустраиваются набережные и т.п.</p> <p>6. Рассчитывается функциональное назначение каждого квартала, с учетом демографических перспектив, региональной экономической специфики (к примеру, промышленные предприятия создаются с учетом розы ветров и других факторов) и реалий макроэкономики.</p> <p>7. При создании инженерной инфраструктуры учитывается возможность использования локальных источников возобновляемой энергии в каждом квартале.</p> <p>8. Закладывается возможность использования внутридомовых энергосберегающих технологий (устройства для обеспечения естественной вентиляции и освещения) в привязке к возможностям региональной энергосистемы.</p> <p>9. Создается эффективная система водоснабжения и водоотведения (канализация с максимальной первичной очисткой перед сбросом в водоемы) в комплексе с локальными системами рециркуляции использованной воды, очистки так называемых «серых» вод, то есть использованных в хозяйственных целях.</p> <p>10. Создается система раздельного сбора твердых бытовых отходов, максимальной рециркуляции вторичных материалов, прорабатываются удобные для населения схемы по компостированию нетвердых</p> | <p>1. Уважение и поддержка прав человека.</p> <p>2. Выявление и снижение экономических, экологических и социальных рисков и воздействий.</p> <p>3. Эффективное использование ресурсов, защиты окружающей среды и разнообразия форм жизни.</p> <p>4. Максимальное увеличение прибыльности.</p> <p>5. Развитие стратегических партнерств с целью усиления устойчивого развития территорий присутствия.</p> <p>6. Открытое и честное взаимодействие с заинтересованными сторонами, учет их мнений и интересов в процессе принятия решений компанией.</p> <p>7. Обеспечение устойчивых благ для сотрудников, акционеров, подрядчиков, деловых партнеров и территорий присутствия.</p> |

|   |  |
|---|--|
| <p>бытовых отходов.</p> <p>11. Архитектурный облик зданий согласовывается с особенностями местного ландшафта, с имеющимися национальными архитектурными традициями.</p> <p>12. Создание объектов социальной инфраструктуры, необходимой для образовательно-культурного и духовного развития здорового, творчески активного общества, причем с учетом различия возрастных групп и стимулирующей общества к активному взаимодействию.</p> <p>13. Комплексное решение проблемы с рационализацией сортировки и переработки мусора.</p> <p>14. Стимуляция отношений, приводящих в движение жизнь сообщества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ деловые отношения в рамках сообщества, местный рынок для своих, бартерные отношения;</li> <li>▪ совместные мероприятия: постройка новых домов для членов сообщества, сборы фондов в рамках развития проектов членов сообщества, сборы в рамках медицинской помощи отдельным членам, совместная уборка территорий (субботники), посадка деревьев, фестивали, ярмарки, праздники;</li> <li>▪ постоянные собрания членов коммуны для выработки общей стратегии, решения по вопросам текущей жизни принимаются совместно;</li> <li>▪ местная самоуправляемая демократия.</li> </ul> <p>15. Развитие полноценной местной экономики в рамках небольших сообществ и малого бизнеса, обеспечивающего разнообразие, самокупаемость и самодостаточность.</p> |  |
|---|--|

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица ПЗ.1

#### Характеристика современных подходов к определению показателей устойчивого развития (дополнено авторами на основе [189])

| № | Название системы/методики  | Разработчик                                   | Тип индикатора      | Типы индикаторов и характеристика  |
|---|--|---|---------------------|--|
| 1 | Системы индикаторов КУР ООН                                      | ООН   | Эко<br>Э<br>С       | <p><b>ИНДИКАТОРЫ, ОТОБРАЖАЮЩИЕ ОТДЕЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ УР</b></p> <p>132 индикатора (индикаторы социальных, экономических, экологических и институциональных аспектов УР) разделено на 3 категории с учетом их целевой направленности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• индикаторы – движущая сила, характеризующие человеческую деятельность, процессы и характеристики, которые влияют на УР;</li> <li>• индикаторы состояния, характеризующие текущее состояние различных аспектов УР;</li> <li>• индикаторы реагирования, позволяющие осуществлять политический или какой-либо другой способ реагирования для изменения текущего состояния.</li> </ul> <p>Система ОЭСР включает в себя следующие наборы индикаторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• набор экологических показателей для оценки эффективности деятельности в области охраны ОС;</li> <li>• несколько наборов отраслевых показателей для обеспечения интеграции природоохранных вопросов в отраслевую политику;</li> <li>• набор показателей, выводимых из природоохранной отчетности – для обеспечения как включения природоохранных вопросов в отраслевую политику, так и для обеспечения устойчивости управления и использования природных ресурсов.</li> </ul> <p>К ним предъявляются следующие требования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• согласование терминологии и концептуальных рамок, общих для стран ОЭСР;</li> <li>• идентификация и определения индикаторов по следующим критериям:</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) актуальность для реализуемой политики;</li> <li>2) измерение этих индикаторов в большинстве стран;</li> <li>3) регулярное использование их в аналитических обзорах и исследованиях по окружающей среде.</li> </ol> <p>Данная система позволяет анализировать взаимосвязи между экономической и защитой окружающей среды, выявляет экономико-экологические и социально-экологические взаимосвязи. Система индикаторов ОЭСР представляет собой модель «давление (оказывает человек на природу) – состояние (количественные и качественные характеристики природных ресурсов) – реакция (реагирование общества на давление)».</p> |
| 2 | Системы индикаторов ОЭСР   | ОЭСР  | Эко<br>ЭкоЭ<br>СЭко | <p>Осуществляется последовательный анализ для идентификации проблемы и принятия решений на основе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Использования индексов (интегральных индикаторов) (всего 11):</li> <li>• Земля – индекс использования земли.</li> <li>• Леса – индекс риска для лесов.</li> </ol>   |
| 3 | Система индикаторов для улучшения управления природопользованием | Всемирный банк<br>Программа ООН по окружающей | Эко<br>Э<br>С       |  |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | <p><b>Имя в Центральной Америке</b></p>                     | <p>среле.<br/>Международный Центр тропического сельского хозяйства</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вода – индекс уязвимости водных ресурсов.</li> <li>• Биоразнообразие – степень освоенности земель.</li> <li>• Морские и прибрежные ресурсы – индекс риска для прибрежных территорий.</li> <li>• Атмосфера – индекс выбросов парниковых газов.</li> <li>• Энергия – использование электроэнергии на душу населения.</li> <li>• Социальное развитие – индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП).</li> <li>• Экономическое развитие – ВВП на душу населения.</li> <li>• Инфраструктура – индекс доступности.</li> <li>• Природные катастрофы – индекс климатического риска.</li> <li>• Использование базовых индикаторов (всего – 68);</li> <li>• 3) Использование дополнительных индикаторов (всего – 114).</li> </ul> <p>Данная система создана в Центральной Америке и аналогична модели ОЭСР («сравнение»-«состояние»-«реакция»). Индикаторы выражены в виде геоинформационных систем для обеспечения наглядности материала и упрощения планирования и принятия решений. Система используется для оценки УР на глобальном, региональном и локальных уровнях.</p> <p>Показатели индикаторов сгруппированы в 6 разделов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общий;</li> <li>• население;</li> <li>• окружающая среда;</li> <li>• экономика;</li> <li>• государство;</li> <li>• рынки.</li> </ul> <p>Ключевые характеристики общего раздела, используемые для определения удельных показателей во всех остальных разделах, - численность населения, территория и ВВП. Все показатели представлены в динамике, начиная с 1980-го года, что позволяет анализировать долгосрочные мирохозяйственные тенденции. Для изучения и сравнения развития стран мира анализируется информация по более чем 550 показателям.</p> |
| 4   | <p><b>Индикаторы мирового развития Всемирного Банка</b></p> | <p>Всемирный банк</p>  | <p>Эко<br/>С<br/>Э</p>   |
| <b>ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ (ИНДЕКСЫ) УР</b> |   |  |  |
| 5   | <p><b>Система эколого-экономического учета (СЭЭУ)</b></p>   | <p>Статистический отдел Секретариата ООН</p>                           | <p>СЭЭУ – вспомогательная система, расширяющая потенциал национальных счетов, цель которой – учет экологического фактора в национальных статистиках. Особенности данной системы являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использование данных в натуральном представлении;</li> <li>• самостоятельный, хотя и взаимосвязанный по отношению к традиционной системе национальных счетов, характер;</li> <li>• применение нерыночных оценок вместе с рыночными.</li> </ul> <p>При построении «зеленых» счетов традиционные экономические показатели корректируются за счет двух величин: стоимости оценки источников природных ресурсов и эколого-экономического ущерба от загрязнения. В основе экологической трансформации национальных счетов находится экологически адаптированный чистый внутренний продукт (ЕДР), получаемый из чистого внутреннего продукта следующих ресурсов. Из чистого внутреннего продукта (ЧВП) вычитается стоимость оценки истощения природных ресурсов (ДРМА) (добыча нефти, минерального сырья, вырубка лесов и пр.). Из полученного показателя вычитается стоимость экологического ущерба (ДГМА) (загрязнения воздуха и воды,</p>  |

|   |   |  |      |  |
|---|---|--|------|--|
|   |   |  |      | <p>размещения отходов, истощения почв, использования подземных вод):</p> $EDP=(NDP-DPNA)-DGM$ <p>По предварительным оценкам статистического отдела ООН, в среднем величина ЭЧВП составляет около 60-70% от ВВП. В 2000-ом году вышла последняя версия СЭЭУ. В новом руководстве основной акцент сделан на стоимостные методы, позволяющие получить рыночные или близкие к рыночным оценки. В руководстве сохранены методологические стандарты, заложенные в 1993-ем году, и учтен опыт по внедрению СЭЭУ в разных странах. Новая методика во многом посвящена детализации и углублению понимания идеологии, положенной в основу первоначального методического руководства.</p> <p>«Истинные сокращения» - это скорость накопления национальных сбережений после надлежащего учета истощения природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей среды. Концепция «истинных сокращений» тесно связана с попыткой нового подхода к измерению национального богатства стран. Всемирным Банком рассчитаны величины природного, произведенного (искусственного) и социального капиталов, а также их доля в совокупном национальном богатстве страны.</p> <p>Показатель «истинных сокращений» является результатом коррекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. чистых внутренних сбережений (NDS) (валовые внутренние сбережения (GDS) за вычетом обеспечения произведенных активов (CFC);</li> <li>2. чистые внутренние сбережения возрастают на величину расходов на образование (EDE) и уменьшаются на величину истощения природных ресурсов (DPNR) и ущерба от загрязнения окружающей среды (DMGE):</li> </ol> $GS=(GDS-CFC)+EDE-DPNR-DMGE$ <p>Все используемые в расчете величины берутся в процентах от ВВП (GDP).</p> <p>ИРЧП является комплексным показателем, оценивающим уровень средних достижений страны по трем основным направлениям в области развития человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• долголетие на основе здорового образа жизни, определяемое уровнем ожидаемой продолжительности жизни при рождении;</li> <li>• знания, измеряемые уровнем грамотности взрослого населения и совокупным валовым коэффициентом поступивших в начальные, средние и высшие учебные заведения;</li> <li>• и достойный уровень жизни, оцениваемый по ВВП на душу населения в соответствии с паритетом покупательной способности (ППС в долл. США).</li> </ul> <p>Сначала осуществляется расчет по каждому из элементов, для каждого из которых устанавливаются минимальное и максимальное значения. Достигания по каждому измерению выражаются величиной от 0 до 1 и после этого рассчитывается ИРЧП как среднее арифметическое индексов по элементам.</p> |
| 6 | Показатель «истинных сокращений»                | Всемирный Банк                             | СЭко | <p>Агретированный индекс «живой планеты» (ИЖП) используется для оценки состояния природных экосистем планеты, измеряет природный капитал лесов, водных и морских экосистем и рассчитывается как среднее из трех показателей: численность животных в лесах, в водных и морских экосистемах. Каждый показатель отражает изменение популяции наиболее представительной выборки организмов в экосистеме.</p> <p>Агретированный показатель «экологический след» (ЭС) измеряет потребление населением продовольствия и материалов в эквивалентах площади биологически продуктивной земли и площади моря, которые необходимы для производства этих ресурсов и поглощения образующихся отходов, а потребление энергии — в эквивалентах площади, необходимой для секвестрирования соответствующих выбросов CO<sub>2</sub>.</p> <p>Показатель ЭС, приходящийся на одного человека, представляет собой сумму 6 слагаемых:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• площадь моря для производства рыбы и морепродуктов;</li> </ul>   |
| 7 | Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) | Махбуб-уль-Хак<br>(Программа Развития ООН) | СЭ   |  |
| 8 | Индекс «живой планеты» (ИЖП)                    | World Wide Fund                            | Эко  |  |
| 9 | Показатель «экологический след» (ЭС)            | World Wide Fund                            | ЭкоЭ |  |

|    |   |  |       |   |
|----|---|--|-------|---|
|    |   |  |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• территория, занятая под жилье и инфраструктуру;</li> <li>• площадь лесов для поглощения выбросов CO<sub>2</sub>;</li> <li>• ЭС среднего потребителя из развитых стран мира площадь пашни для выращивания потребляемых человеком зерновых;</li> <li>• площадь насаждений для производства продукции животноводства;</li> <li>• площадь лесов для производства древесины и бумаги.</li> </ul> <p>данный метод позволяет сравнить фактическое давление общества на природу и возможное с точки зрения потенциальных запасов природных ресурсов и ассимиляционных процессов.</p> <p>Экологическая устойчивость определяется по 5 крупным разделам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• характеристика окружающей среды - воздуха, воды, почвы и экосистем;</li> <li>• уровень загрязнения и воздействия на окружающую среду;</li> <li>• потери общества от загрязнения окружающей среды в виде потерь продукции, заболеваний и др.;</li> <li>• социальные и институциональные возможности решать экологические проблемы;</li> <li>• возможность решать глобальные экологические проблемы путем консолидации усилий для сохранения природы.</li> </ul> <p>Значение индекса рассчитывается по 22 индикаторам. Каждый индикатор определяется усреднением 2-5 переменных. Всего выделено 67 переменных. Формально все переменные получают равный вес при расчете индекса, поскольку отсутствуют общепризнанные приоритеты в ранжировании экологических проблем. Фактически значимость отдельных проблем усиливается за счет введения большего количества переменных, их характеризующих.</p> <p>Индикатор «здоровье населения» отражает распространение экологически обусловленных заболеваний. Наиболее четкая зависимость выявлена между качеством окружающей среды и респираторными заболеваниями и кишечными инфекциями. Поскольку наиболее подвержены респираторным заболеваниям дети, введен показатель детской смертности, который измеряет смертность от респираторных заболеваний по стандартной классификации болезней на 100 тыс. детского населения в возрасте 0-14 лет. Показатель смертности от кишечных заболеваний рассчитан на общую численность населения страны.</p> |
| 10 | <b>Индекс экологической устойчивости</b>  | группа ученых из Иельского и Колумбийского университетов в для Всемирного экономического форума в Давосе | ЭкоСЭ | <p>Индекс реального прогресса и индексе устойчивого экономического благосостояния являются попыткой создать адекватный измеритель экономического благосостояния, усовершенствовать показатель ВВП с учетом экстерналий.</p> <p>Индекс реального прогресса предназначен для того, чтобы отразить те аспекты экономики, которые лежат вне монетарного обращения. Следовала попытка определить цену тех функций, которые поддерживают экономику, но остаются вне денежного обращения. Цена строится на затратах по замещению в случае утраты этих функций.</p> <p>используются следующие индикаторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Преступность и распад семей;</li> <li>• Домашняя и добровольная работа;</li> <li>• Распределение дохода;</li> <li>• Истощение ресурсов;</li> <li>• Загрязнение;</li> <li>• Долгосрочный экологический ущерб;</li> </ul>  |
| 11 | <b>Индикатор «здоровье населения»</b>   | ВОЗ  | ЭкоС  |   |
| 12 | <b>Индекс реального прогресса и индексе устойчивого экономического благосостояния</b> | Daly and Cobb  | ЭкоСЭ |   |

|    |  |                     |       |  |
|----|--|---------------------|-------|--|
|    |  |                     |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Изменение количества свободного времени;</li> <li>• Расходы на оборону;</li> <li>• Срок жизни предметов длительного пользования;</li> <li>• Зависимость от зарубежных капиталов.</li> </ul> <p>Показатель GPI является альтернативой ВВП, рассчитывается с учетом персональных потребительских затрат, которые корректируются с учетом неравномерности распределения доходов, что отражает влияние социальной справедливости на благосостояние общества (равное по абсолютной величине приращение доходов имеет для бедных большее значение, чем для богатых). Далее к этой величине прибавляются (или отнимаются) денежные выражения различных аспектов экономической активности, затрагивающих общественное благосостояние. Они включают:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Положи, которые засчитываются в ВВП в качестве доходов, но на деле являются издержками (например, денежные затраты на борьбу с загрязнением)</li> <li>2. Положи, которые игнорируются в ВВП, но, тем не менее, являются издержками (например, истощение невозобновляемых природных ресурсов)</li> <li>3. Положи, которые игнорируются в ВВП, но при этом являются доходами (например, ценность домашнего труда)</li> </ol> <p>GPI делает наглядным тот факт, что само по себе количество экономической активности мало что значит для оценки ее вклада в благосостояние без информации о ее качестве (Venetoulis и Cobb, 2004).</p> <p>В упрощенной форме расчетная формула выглядит так:</p> $GPI = A + B - C - D + I$ <p><i>A</i> – потребительские затраты, скорректированные с учетом распределения доходов<br/> <i>B</i> – стоимость рыночных услуг, увеличивающих благосостояние<br/> <i>C</i> – индивидуальные затраты на защиту от ухудшения экологической обстановки<br/> <i>D</i> – цена деградации природной среды и истощения невозобновляемых ресурсов<br/> <i>I</i> – увеличение капитала и баланс международной торговли</p> |
| 13 | Генеральный индикатор прогресса (GPI)                  | Redefining Progress | ЭкоСЭ | <p>Индикаторы УР могут определяться на макро- и микроуровнях, однако, в настоящее время комплексный подход, учитывающий все три составляющие УР, к построению индикаторов для предприятий отобран лишь в кандидатской диссертации Перцева Е.Ю. «Реализация концепции устойчивого развития компании на основе проектно-портфельной методологии» [149], которая предложила использовать формулу определения коэффициента результативности программы УР (SDR) в качестве индикатора УР [149]:</p> $SDR = \sum_{i=1}^n S_{i,ec} + \sum_{j=1}^m S_{i,sc} - \sum_{j=1}^m S_{i,pr}$ <p>где <i>S</i> – значения результативности программы УР по экологическому, социальному и экономическому аспектам;<br/> <i>w</i> – веса аспектов.</p>   |
| 14 | Определение коэффициента результативности программы УР | Перцева Е.Ю.        | ЭкоСЭ |  |



## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Принципы СКП, адаптированные к ИБО

**1. Принцип существования ИБО.** Любой ИБО «существует в двух диалектически взаимосвязанных аспектах – временном, характеризуемом понятием ЖЦ или цикл существования, и пространственном, отождествляемом с термином жизненная среда (ЖС)» [92].

**2. Принцип идентификации ИБО В ЖС в пределах ЖЦ.** Любой ИБО, «существующий в ЖС на протяжении своего ЖЦ, характеризуется ресурсным (энергетическим, информационным, вещественным и финансовым) обменом с ЖС, который представляется устойчивой и инвариантной к конкретной ТС совокупностью пяти многомерных массивов:

- $G$  – массива входных регламентированных (ресурсных или условно полезных) факторов, имеющего вид  $G = \{g_1, g_2, \dots\}$ ;

- $F$  – массива входных (внешних) нерегламентированных (дестабилизирующих или условно вредных) воздействий (факторов), определяемого как  $F = \{f_1, f_2, \dots\}$ ;

- $Y$  – массива выходных показателей, имеющего следующий вид  $Y = \{y_1, y_2, \dots\}$  [92];

- $P$  – массива входных перерабатываемых показателей, имеющего следующий вид  $P = \{p_1, p_2, \dots\}$ ;

- $U$  – массива входных управляющих воздействий, имеющего следующий вид  $U = \{u_1, u_2, \dots\}$ .

\* последние два массива дополнены авторами.

**3. Принцип функциональности (функциональной прерогативы).** ИБО «оценивается со стороны ЖС на протяжении ЖЦ только и исключительно набором компонент выходного массива  $Y$ » [92].

**4. Принцип конкурентоспособности ИБО.** «Совокупность выходных показателей (свойств) ИБО, предоставляемых ЖС на протяжении ЖЦ в соответствии с целевым назначением системы, объединяется понятием «конкурентоспособность» системы» [92].

**5. Принцип идентификации (выделения) компонент выходного массива.** «Массив выходных показателей ИС может быть подразделен на три подмассива:

- $Y_p$  – подмассив показателей работоспособности – назначения ИБО, определяющих функциональную пригодность системы для выполнения требуемых ЖС «обязанностей» на протяжении заявленного ЖЦ;

- $Y_k$  – подмассив показателей конкурентоспособности, характеризующих степень совершенства (эффективности) ИБО компонент подмассива  $Y_p$ ;

•  $Y_{п}$  – подмассив побочных (не заявленных при формировании задания на создание системы и воспринимаемых как условно вредные) показателей» [92].

**6. Принцип функционирования биосоциотехнической системы.** «При функционировании ИБО в составе ЖС на протяжении ЖЦ осуществляется энергоинформационный, вещественный и финансовый обмен (взаимодействие) с ЖС в соответствии с нижеприведенным обобщенным функционалом вида:

$$Y(Y_p, Y_k, Y_b) = Y\{\Phi[X(O_x)], O_y, F, G\},$$

где  $\Phi$  – набор структур ИС (в вырожденном случае есть лишь одна структура системы);

$O_x$  – массив параметрических ограничений, накладываемых на области существования параметров той или иной структуры ИБО;

$X$  – массив параметров, полностью обусловленный (по физическому смыслу, перечислению и значениям) рассматриваемой структурой ИБО;

$O_y$  – массив условий проектной задачи, определяющих области существования выходных показателей технической системы» [92].

### **7. Принцип постановки прямых и обратных задач в СКП.**

«Задача прямая (анализа, исследования, индукции, распределения):

дано:  $G, F, X, \Phi$ , требуется определить  $Y$ .

Задача обратная (синтеза, проектирования, дедукции, опредмечивания):

дано:  $G, F, Y_p, O_y$ , требуется найти сочетания структур  $\Phi$  и в пределах каждой из них параметрические наборы  $X$  такие, которые при наличии ограничений  $O_x$  (определяемых структурой и параметрами данной структуры  $O_{xb}$ , а также обусловленных временными аспектами проектирования  $O_{xb}$ ) и условий  $O_y$  (не зависящих от структурного и параметрического исполнения решения) при безусловном выполнении требований, заложенных в подмассиве показателей функционального назначения – работоспособности  $Y_p$ , дают нехудшие сочетания компонент подмассива  $Y_k$  с минимизацией влияния компонент подмассива  $Y_{п}$ » [92].

**8. Принцип сложности ИБО.** «Сложность – понятие, определяемое количеством единиц равной по иерархии и упорядоченной информации, необходимой для описания интересующих свойств исследуемого явления (процесса) либо создаваемого объекта с требуемой степенью детализации и с учетом имеющегося уровня (объема) знаний об объекте или явлении» [92].

**9. Принцип декомпозиции ИБО.** Любой ИБО «может быть разделен по определенным правилам на известное число функциональных составных частей – подсистем, подсистемы – на подподсистемы и так далее вплоть до элементов – частей низового уровня

расчленения, дальнейшее деление которых на более мелкие составляющие признано (для конкретной решаемой задачи) нецелесообразным, недопустимым или невозможным» [92].

**10. Принцип эволюции ИБО.** «Эволюция ИБО, обусловленная закономерным возрастанием требований к свойствам ИБО со стороны внешней среды на протяжении ЖЦ системы (как вида), происходит посредством постадийной качественной перестройки, количественного изменения свойств компонентов системы и их организации» [92].

**11. Принцип развития ИБО.** «Любой ИБО на протяжении своего ЖЦ в ЖС развивается по логистической или S-образной кривой» [92].

**12. Принцип постановки и последовательности решения проектных задач.** «Любая проектная задача решается в результате последовательного выполнения работ на этапах концептуального (абстрактного), структурного (топологического) и параметрического синтеза будущего ИБО» [92].

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица П5.1

### Сравнительный анализ экономических показателей оценки эффективности инвестиций

Источники: [167, 168]

| Показатель                                     | Обозначение | Область применения   | Ограничения или недостатки  | База для сравнений  |
|--|-------------|--|---|---|
| Дисконтированный индекс прибыльности           | <i>DPI</i>  | Предварительный отбор проектов для дальнейшего анализа   | Накопительная амортизация должна быть достаточна для замены выбираемого оборудования                            | Стандартный уровень рентабельности, приемлемый для инвесторов |
| Простой срок окупаемости                       | <i>SPP</i>  | Для предварительного отбора  | Все сопоставляемые проекты должны иметь одинаковый расчетный цикл   | Приемлемый для инвестора срок окупаемости                     |
| Чистый дисконтированный доход                  | <i>NPV</i>  | Выбор варианта по максимальному <i>NPV</i>   | Нельзя использовать для сравнения значительно различающихся по масштабу проектов                                | $NPV > 0$   |
| Внутренняя норма доходности                    | <i>IRR</i>  | Выбор варианта по максимальной <i>IRR</i> , используется для сравнения вариантов на любых стадиях оценки, в т.ч. и для проектов отличающихся масштабом инвестирования и расчетным сроком | Предполагает реинвестирование с нормой, равной <i>i</i>   | Приемлемый для инвестора уровень доходности                   |
| Дисконтированный срок окупаемости              | <i>DPP</i>  | Выбор варианта по минимальному значению <i>DPP</i>   | Не учитывает денежные поступления после окончания срока окупаемости   | Приемлемый для инвестора срок окупаемости                     |
| Дисконтированные интегральные затраты          | <i>DTCO</i> | Выбор варианта по минимуму <i>TCO</i>  | Одинаковый расчетный срок и одинаковый произведенный эффект. Варианты можно сравнить при разном жизненном сроке | —   |
| Удельные дисконтированные интегральные затраты | $DTCO_{уд}$ | Выбор варианта по минимуму $TCO_{уд}$  | Можно сравнивать варианты с разным расчетным сроком и с разным производственным эффектом                        | Сравнить с ценой на продукцию                                 |

## АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

### ЛОЗЕНКО ВАЛЕРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ

Доктор технических наук, профессор



Профессор кафедры Электроснабжения промышленных предприятий ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
Профессор кафедры Экономики в энергетике и промышленности ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

В 1963 г. закончил обучение на кафедре «Электрооборудование самолетов и автомобилей» Электромеханического факультета МЭИ по специальности «Авиационное электрооборудование» с присвоением с квалификации «Инженер-электромеханик».

В 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 1986 г. – докторскую по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование» (тема: «Вентильные двигатели для авиационных систем управления»). Ученое звание «Профессор» получил в 1990 году за создание научной школы.

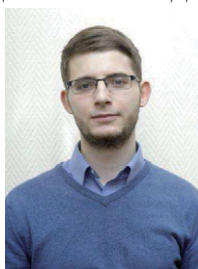
С 1962 г. по настоящее время работает в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в должностях инженера, старшего инженера, младшего, старшего, ведущего и главного научного сотрудника, заведующего лабораторией, заведующего кафедрой, профессора. С 1970 г. по 1990 г. по совместительству работал в Контрольном совете Госкомизобретений СССР в должностях эксперта и главного эксперта. Имеет практический опыт руководства собственным научно-производственным бизнесом.

С 2001 по 2012 гг. – Председатель диссертационных советов по экономическим специальностям 08.00.05 и 08.00.13. В качестве научного консультанта и руководителя подготовил 7 к.т.н., 1 д.э.н., 21 к.э.н.

Мастер спорта СССР по борьбе самбо (1962 г.), «Лучший изобретатель г. Москвы» (1986 г.), «Заслуженный профессор МЭИ» (12.12.2013).

Соавтор свыше 270 научных и учебно-методических трудов, в том числе свыше 100 изобретений, в области электроэнергетики, электротехники, электроснабжения, экономики и менеджмента.

## МИХЕЕВ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ



Ассистент кафедры Электроснабжения промышленных предприятий ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
Аспирант кафедры Теоретических основ электротехники ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

В 2014 г. с отличием закончил магистратуру по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Менеджмент в электротехнике») на кафедре Инженерного менеджмента Института электротехники ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ». В 2015 г. закончил обучение на кафедре Электроснабжения промышленных предприятий Института электротехники ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» по специальности 140610 «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» с присвоением с квалификации «Инженер».

С 2014 г. аспирант кафедры Теоретических основ электротехники ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника» (научная специальность 05.09.05 «Теоретическая электротехника»).

С 2011 г. по настоящее время работает в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в должностях лаборанта, инженера и ассистента, а также во внешних организациях.

Соавтор свыше 50 научных и учебно-методических трудов в области электроэнергетики, электротехники, электроснабжения, экологии, экономики и менеджмента.



Люблю книги  
ljubljuknigi.ru



yes  
**I want morebooks!**

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!  
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на  
**[www.ljubljuknigi.ru](http://www.ljubljuknigi.ru)**

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.ljubljuknigi.ru](http://www.ljubljuknigi.ru)**

OmniScriptum Marketing DEU GmbH  
Heinrich-Böcking-Str. 6-8  
D - 66121 Saarbrücken  
Telefax: +49 681 93 81 567-9

[info@omniscrptum.com](mailto:info@omniscrptum.com)  
[www.omniscrptum.com](http://www.omniscrptum.com)

OMNIScriptum





