

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)»**

На правах рукописи



**ПАЛАМАРЧУК АЛЕКСЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ**

**МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика  
Экономика промышленности

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель –  
доктор экономических наук,  
профессор Голов Р.С.

МОСКВА – 2023

## Содержание

<b>Введение</b> .....	4
<b>Глава 1. Исследование направлений повышения энергоэффективности в цифровой экономике на основе кластерных решений</b> .....	14
1.1. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности.....	14
1.2. Теоретические основы цифровой экономики в контексте развития высокотехнологичных отраслей промышленности.....	43
1.3. Понятие, сущность и классификация кластеров в промышленной сфере .....	70
Выводы по первой главе.....	104
<b>Глава 2. Организационно-экономический механизм формирования энергоэффективного промышленного кластера</b> .....	106
2.1. Определение совокупности цели и задач в рамках единого механизма создания энергоэффективного промышленного кластера.....	106
2.2. Разработка программы стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера.....	117
2.3. Разработка организационно-экономической структуры кластера.....	139
Выводы по второй главе.....	155
<b>Глава 3. Подходы к оценке эффективности кластерных решений в обеспечении энергосбережения при их практической реализации</b> .....	157
3.1. Основные факторы и источники образования экономических результатов от реализации энергоэффективных промышленных кластеров.....	157
3.2. Совершенствование методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при реализации энергоэффективного промышленного кластера .....	167

3.3. Итоговый алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера .....	182
Выводы по третьей главе.....	193
<b>Заключение</b> .....	195
<b>Список литературы</b> .....	199
Приложение 1. Результаты применения энергосберегающего оборудования и технологий для модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия при его вхождении в состав энергоэффективного промышленного кластера.....	231
Приложение 2. Проектирование и формирование энергоэффективного промышленного кластера.....	238
Приложение 3. Результаты оценки эффективности модернизации цеха промышленного предприятия в рамках создаваемого энергоэффективного промышленного кластера.....	239

## Введение

*Актуальность темы исследования.* Второе десятилетие XXI-го века ознаменовалось как серьезными кризисными явлениями, оказавшими влияние на всю мировую экономику, так и наступлением новой технологической реальности, основанной на прорывных технологиях начавшейся в большинстве государств Четвертой промышленной революции. Одновременное влияние этих двух сил на глобальную экономическую систему привело к образованию высокого уровня турбулентности и нестабильности для большинства компаний и предприятий в условиях, когда цифровизация их бизнес-процессов стала одним из ключевых факторов конкурентоспособности на стремительно меняющихся рынках.

Развитие российской экономики в этом контексте осложнялось негативными последствиями от введения экономических санкций со стороны Запада, нацеленных, прежде всего, на экономическую изоляцию российских производителей, разрушение их кооперационных связей и технологического сотрудничества с зарубежными партнерами и прекращение притока в Россию иностранных инвестиций. В сложившихся условиях руководством государства было принято решение о развитии программ импортозамещения во всех отраслях промышленности, реализация которых должна быть обеспечена путем формирования собственной технологически независимой от зарубежных технологий промышленной системы, ориентированной на производство конкурентоспособной инновационной продукции.

На пути к решению задачи импортозамещения перед отечественной промышленностью стоит ряд серьезных барьеров, в числе которых можно назвать отсутствие у большинства российских предприятий собственных научно-исследовательских центров для разработки инноваций, низкий уровень технической готовности к цифровизации и развертыванию технологий Четвертой промышленной революции, высокий уровень энергоемкости производства, снижающий эффективность самого производства и конкурентоспособность

производимой продукции. Преодоление столь сложных барьеров, по мнению автора, предполагает не только техническое и экономическое развитие самих российских предприятий, но и организацию их взаимодействия с научно-исследовательскими структурами для реализации совместных проектов, направленных на разработку и производство инновационной продукции. Одной из перспективных форм организации такого взаимодействия являются кластеры, формирование которых позволяет обеспечить реализуемые их участниками проекты различными типами ресурсов и необходимыми компетенциями.

Построение эффективных кластерных структур базируется на организации системного взаимодействия между предприятиями и научными организациями, создавая возможности для привлечения необходимых инвестиционных ресурсов с целью решения задач технологической модернизации, интеллектуальной автоматизации и цифровизации участников кластера, включая внедрение комплекса энергосберегающих технологий и соответствующее повышение энергоэффективности. Кроме того, в состав кластера входят организации инфраструктуры, способные обеспечить различные виды консультационной и сервисной поддержки его участников, повышая, тем самым, общую эффективность жизненного цикла реализации проектов. Таким образом, построение высокотехнологичных кластеров с применением новейших технологий цифровизации и интеллектуальной автоматизации позволяет преодолеть перечисленные выше барьеры на пути к решению задачи импортозамещения, формируя на базе создаваемых кластерных структур точки интенсивного инновационного роста российских регионов.

Проведенный автором анализ трудов российских ученых показал, что в настоящее время в отечественной науке в существующих исследованиях в области формирования кластеров не учитываются актуальные в условиях цифровой экономики направления, связанные с цифровизацией внутренних процессов кластера, включая внедрение систем искусственного интеллекта и Промышленного интернета вещей, построение киберфизических систем, создание цифровых облачных систем управления кластером. Кроме того, в исследованиях

российских ученых практически не развиты комплексные подходы к внедрению энергосбережения в кластерах, представляющего собой дополнительный значимый источник прироста их экономической эффективности. В то же время, кластеры являют собой ключевые центры инновационного развития регионов в структуре Национальной инновационной системы России и, следовательно, от использования их участниками важнейших технологий Четвертой промышленной революции напрямую зависит уровень конкурентоспособности российской инновационной продукции на внутреннем и внешних рынках. Рассмотренные факторы обусловили актуальность проведенного исследования, обладающего высокой теоретической и прикладной значимостью для развития высокотехнологичных отраслей промышленности России в условиях цифровой экономики.

***Степень разработанности научной проблемы.*** Проблемам повышения энергоэффективности экономики и промышленности посвящены труды российских ученых Апажева А.К., Бирюлина В.И., Гашо Е.Г., Горшкова А.С., Маркмана Г.З., Михайлова С.А., Немовой Д.В., Пушкаревой М.Б., Романова Г.А., Смирнова В.Г., Степановой Т.Б., Страховой М.А., Теплышева В.Ю. Кроме того, свой вклад в развитие данной области внесли зарубежные ученые, в число которых входят Вальтера М., Грандерсона Дж., Жанг Ж., Кастро-Альвареса Ф., Ли Л., Фостера Р., Хендерсона П. и др.

Вопросы, связанные с влиянием Четвертой промышленной революции на развитие существующих экономических и промышленных систем, раскрыты в трудах таких отечественных ученых как Бодрунов С.Д., Вартамян А.А., Ефимова Н.С., Калачанов В.Д., Ковальчук Ю.А., Крюкова А.А., Намиот Д.Е., Романова О.А., Смирнов Е.Н., Смородинская Н.В., Степнов И.М., Тарасов И.В. Из числа зарубежных ученых данной тематике посвятили свои исследования Бриненссон Е., Ван Дж., Ванг С., Кагерман Х., Кахен Б., Лэйн М., Мезенбург Т., Негропonte Н., Син У., Тапскотт Д., Шваб К., Шумахер А., Эрл С. и др.

Проблемы и пути развития кластеров в условиях инновационной экономики были исследованы в трудах таких российских ученых как Агарков А.П., Асаул

А.Н., Бабкин А.В., Голов Р.С., Клейнер Г.Б., Костыгова Л.А., Прокофьев Д.А., Яшева Г.А., а также зарубежные исследователи, в числе которых следует отметить Дикена П., Киплинга М., Маршалла А., Оаки Р., Портера М., Розенфельда С., Роландта Т., Сеннета Д., Симми Д., Уилдгаста С., Хаггинса Р. и др.

**Цель исследования.** Цель диссертационного исследования заключается в обобщении и развитии теоретических и методических положений по интеграции научно-исследовательских, промышленных и инфраструктурных организаций, функционирующих в цифровой экономике на основе кластерного подхода, направленной на повышение их энергоэффективности.

**Задачи исследования.** Для достижения основной цели диссертационного исследования были определены и методически решены следующие задачи:

- произвести классификацию существующих типов кластеров, отражающую весь спектр кластерных образований, функционирующих в структуре российской экономики;
- разработать организационно-экономическую модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера;
- разработать механизм организации взаимодействия между участниками энергоэффективного промышленного кластера на базе взаимосвязанного комплекса цифровых технологий;
- предложить методику учета экономических эффектов, возникающих при функционировании энергоэффективного промышленного кластера;
- составить итоговый алгоритм построения энергоэффективного промышленного кластера.

**Объект диссертационного исследования.** Объектом исследования являются промышленные кластеры, обладающие высокой энергоёмкостью.

**Предмет диссертационного исследования.** Предметом исследования выступает система социально-экономических и технологических связей кластера,

образующихся вследствие интеграции его участников, направленной на снижение энергоемкости в условиях цифровой трансформации экономики.

***Соответствие диссертации паспорту научной специальности.***

Содержание диссертационного исследования соответствует специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика: п. 2.14. Проблемы повышения энергетической эффективности и использования альтернативных источников энергии; п. 2.16. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах.

***Научная гипотеза диссертационного исследования*** основывается на предположении о том, что эффективное инновационное и технологическое развитие российских предприятий в условиях ограниченности ресурсов, необходимости достижения технологического суверенитета и проведения цифровой трансформации промышленности должно базироваться на их интеграции с научно-исследовательскими организациями с развитием соответствующей инфраструктуры, предполагая в качестве ключевого источника повышения их экономической эффективности сокращение затрат на потребляемые ими топливно-энергетические ресурсы за счет реализации системных энергосберегающих мероприятий. В качестве научного решения указанной задачи автор видит разработку механизма формирования энергоэффективных промышленных кластеров, представляющих собой распределенные организационно-экономические системы мезоуровня, которые обладают развитой организационной инфраструктурой и единой цифровой средой, а также постоянно действующей в составе кластера энергосервисной компанией, обеспечивающей реализацию и сопровождение энергосберегающих мероприятий, мониторинг и управление энергоэффективностью кластера.

***Теоретической и методологической основой исследования*** явились работы российских и иностранных авторов в области цифровой экономики, технологий цифровизации в промышленности, формирования кластеров в инновационной экономике, стратегического управления кластерными структурами, теории и практики энергосбережения в высокотехнологичных



отраслях промышленности, оценки экономической эффективности кластерных образований.

При решении поставленных задач в рамках работы над диссертационным исследованием автором были применены общенаучные методы исследования (методы анализа и синтеза, метод исторического анализа, методы дедукции и индукции, метод системного анализа, метод аналогии), так и методы исследования, обусловленные конкретной научной областью проведения диссертационного исследования (метод экспертных оценок, методы экономического анализа, стратегического анализа, оценки эффективности инвестиций в создание кластерных образований).

***Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования.*** В процессе проведения научно-исследовательской работы автором использовались общеизвестные и достоверные методы исследования, а полученные результаты не противоречат положениям экономической теории и основываются на анализе и обобщении значительного массива статистических и аналитических данных. В рамках подготовки аналитических разделов диссертационного исследования автором были проанализированы материалы Федеральной службы государственной статистики, законодательно-правовые акты Правительства РФ, материалы зарубежных статистических агентств и служб, материалы Министерства энергетики РФ, аналитические материалы НИУ «Высшая школа экономики».

***Научная новизна.*** Научная новизна диссертационной работы состоит в создании механизма обеспечения энергоэффективности участников промышленного кластера в условиях цифровой экономики. Наиболее значительными научными результатами диссертационного исследования являются:

- предложена классификация существующих типов кластеров, обеспечивающая возможность проведения классификационного анализа кластерных образований по 10 классификационным критериям. В дополнение к известным в экономической науке критериям, автором

введены такие критерии для классификации кластеров как структурная модель кластера и ориентированность кластера на повышение собственной энергоэффективности;

- разработана организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера, создание которой позволяет задействовать технологии искусственного интеллекта при решении задач построения точных прогнозов развития кластера по направлениям энергоэффективного, маркетингового, инновационного, производственного, кадрового, технологического, инфраструктурного, финансово-экономического развития, оценки и прогнозирования рисков с последующей выработкой рекомендаций;
- разработан механизм организации взаимодействия в энергоэффективном промышленном кластере, базирующийся на взаимосвязанном комплексе технологий цифровизации его деятельности с применением цифровой облачной системы управления, значительно повышающей эффективность и гибкость взаимодействия его участников, а также обеспечивающей поддержку реализуемых ими процессов со стороны систем искусственного интеллекта. Вместе с этим, неотъемлемой частью предложенного механизма является комплекс процессов по системному повышению энергетической эффективности его участников, реализуемый входящей в состав кластера энергосервисной компанией;
- предложена методика учета экономических эффектов, возникающих при функционировании энергоэффективного промышленного кластера в шести функциональных проекциях его развития: организационной, экономической, производственной, программно-технической, научно-исследовательской и энергоэффективной;
- составлен итоговый алгоритм создания энергоэффективного промышленного кластера, в рамках которого систематизирована

последовательность действий из 15 этапов, реализуемых при его формировании. Отдельное внимание автором уделяется определению этапов цифровизации создаваемого кластера, а также внедрению комплекса энергосберегающего оборудования, технологий и мероприятий.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в дальнейшем развитии кластерной теории в экономике в части разработки организационно-экономического механизма, способствующего формированию устойчивых экономических связей между участниками кластерных образований и обеспечивающего прирост их энергетической эффективности.

**Практическая ценность.** Практическая ценность диссертационного исследования заключается в том, что его основные положения могут применяться при реализации проектов по формированию энергоэффективных промышленных кластеров в условиях цифровой экономики.

**Апробация работы.** Отдельные положения диссертационного исследования внедрены в учебный процесс в ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» при разработке методического обеспечения для дисциплин «Теория организации», «Организация производства», «Организационное проектирование», «Экономика и управление энергосбережением», «Современные проблемы и методы стимулирования энергосбережения».

Результаты исследования доложены автором на следующих конференциях: XLIII международная научно-практическая конференция «Молодой исследователь: вызовы и перспективы» (г. Москва, 2017 г.); 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» (г. Москва, 25-26 ноября 2020 г.); XXII International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies (EMMFT-2020) (г. Воронеж, 8-10 декабря 2020 г.).

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликованы 4 статьи в изданиях, входящих в международную реферативную базу Scopus, 16 статей в изданиях, входящих перечень изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикации

основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 1 монография. Общий объем изданных работ составил 34,93 п.л., из которых авторских 13,7 п.л. В соответствии с п. 11 Положения о присуждении ученых степеней ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, результаты диссертационного исследования были ранее опубликованы автором в рецензируемых научных изданиях (результаты исследования, представленные на стр. 70-103, были опубликованы в статьях, указанных под номерами [144] и [145] Списка литературы; результаты исследования, представленные на стр. 139-154, были опубликованы в статьях, указанных под номерами [149] и [150] Списка литературы; результаты исследования, представленные на стр. 167-182, были опубликованы в статье, указанной под номером [148] Списка литературы).

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Объем диссертационного исследования составляет 242 страницы, включая 28 рисунков и 6 таблиц. Перечень библиографических источников содержит 273 наименования.

**Во введении** автор осуществляет обоснование актуальности темы диссертационного исследования, определяет цель и задачи исследования, раскрывает научную новизну проведенного исследования, приводит использованные им методы исследования, практическую ценность работы, а также раскрывает ее структурное содержание.

**В первой главе «Исследование направлений повышения энергоэффективности в цифровой экономике на основе кластерных решений»** автором проводится анализ современного состояния энергосбережения в российской экономике, анализируются предпосылки к возникновению Четвертой промышленной революции, систематизируются основные направления технологического развития Индустрии 4.0, анализируются предпосылки к развитию кластеров в экономике, а также имеющийся российский опыт в данной сфере, разрабатывается авторская классификация кластеров, формулируются основные задачи диссертационного исследования.

***Во второй главе «Организационно-экономический механизм формирования энергоэффективного промышленного кластера»*** автором определены цель и задачи в рамках единого механизма создания энергоэффективного промышленного кластера по шести функциональным проекциям, разработана структура программы стратегического развития кластера, разработана организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера на базе технологий искусственного интеллекта, разработан механизм организации взаимодействия в энергоэффективном промышленном кластере, включающий комплекс структурно-функциональных решений для обеспечения цифровизации его участников и повышения уровня их энергоэффективности.

***В третьей главе «Подходы к оценке эффективности кластерных решений в обеспечении энергосбережения при их практической реализации»*** разработана и обоснована классификация факторов и источников образования экономических результатов от реализации энергоэффективного промышленного кластера по шести функциональным проекциям его развития, проведено совершенствование методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при его реализации, обоснован итоговый алгоритм создания энергоэффективного промышленного кластера.

***В заключении*** автором формулируются итоговые выводы и обобщаются результаты проведенного исследования.

# **Глава 1. Исследование направлений повышения энергоэффективности в цифровой экономике на основе кластерных решений**

## **1.1. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности**

Современный этап развития российской экономики протекает в условиях экономического кризиса и негативного влияния агрессивной санкционной политики ряда западных государств. В сложившейся ситуации одной из важных задач для обеспечения ее устойчивого развития выступает ориентация на развитие высокотехнологичных отраслей промышленности, во многом определяющих инновационный рост экономики и достижение технологического суверенитета, необходимого для преодоления экономического давления со стороны Запада. Кроме того, укрепление высокотехнологичных отраслей промышленности также будет способствовать формированию несырьевого экспортного потенциала и росту влияния России на международных рынках инновационной продукции.

Одним из наиболее серьезных барьеров на пути решения данной задачи является дефицит доступных экономических ресурсов в промышленности, необходимых для устойчивого технологического и экономического развития российских предприятий. На практике это приводит к невозможности финансового обеспечения мероприятий по полноценной технологической модернизации производства и его цифровой трансформации, являющихся одним из условий инновационного развития предприятия. Преодоление данного барьера, по мнению автора, может быть достигнуто на основе высвобождения уже задействованных в деятельности предприятия ресурсов за счет оптимизации и повышения эффективности использования различных типов ресурсов.

В число наиболее значимых по масштабам экономии сторон деятельности предприятия выступает потребление различных типов энергии и энергоресурсов. Следует отметить, что высокий уровень энергоемкости характерен не только для промышленности, но и для российской экономики в целом. Согласно оценкам,

приводимым различными экспертами, совокупный потенциал энергосбережения российской экономики составляет порядка 45% от объема всех потребляемых в течение года топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на территории России [214, 107, 183]. Иначе говоря, внедрение энергосберегающих мероприятий и технологий в ее отраслях может позволить сократить ее энергоемкость почти вдвое.

С одной стороны, причиной высокого уровня энергоемкости экономики являются суровые климатические условия, которые обусловлены спецификой географического положения России, значительная часть территорий которой располагается в арктической и субарктической зонах. Наличие данного фактора приводит к необходимости генерации значительных объемов тепловой энергии для отопления зданий различного типа. С другой стороны, избыточная энергоемкость также является следствием эпохи «дешевой энергии», исторические истоки которой сформировались еще в Советском союзе [197]. Существенные запасы ТЭР, имевшиеся в распоряжении СССР, и реализация плановой экономики, основным приоритетом которой выступало достижение целевых показателей объема выпуска продукции и технического перевооружения предприятий, установленных Госпланом, стали причиной недостаточного внимания к энергосбережению как одному из механизмов повышения ее эффективности.

Еще одним фактором является использование предприятиями устаревшего промышленного оборудования с высоким уровнем избыточной энергоемкости. Как правило, при его проектировании разработчиками не учитывались критерии энергетической эффективности и возможность его запуска в энергосберегающих режимах [42, 47]. Соответственно, использование такого оборудования приводит к росту энергоемкости всего производства, а его модернизация или замена требует вложения существенных финансовых ресурсов.

С учетом вышеизложенного, важным этапом проводимого исследования выступает определение позиции России в мировом рейтинге по уровню энергоемкости экономики (рис. 1.1). [263].

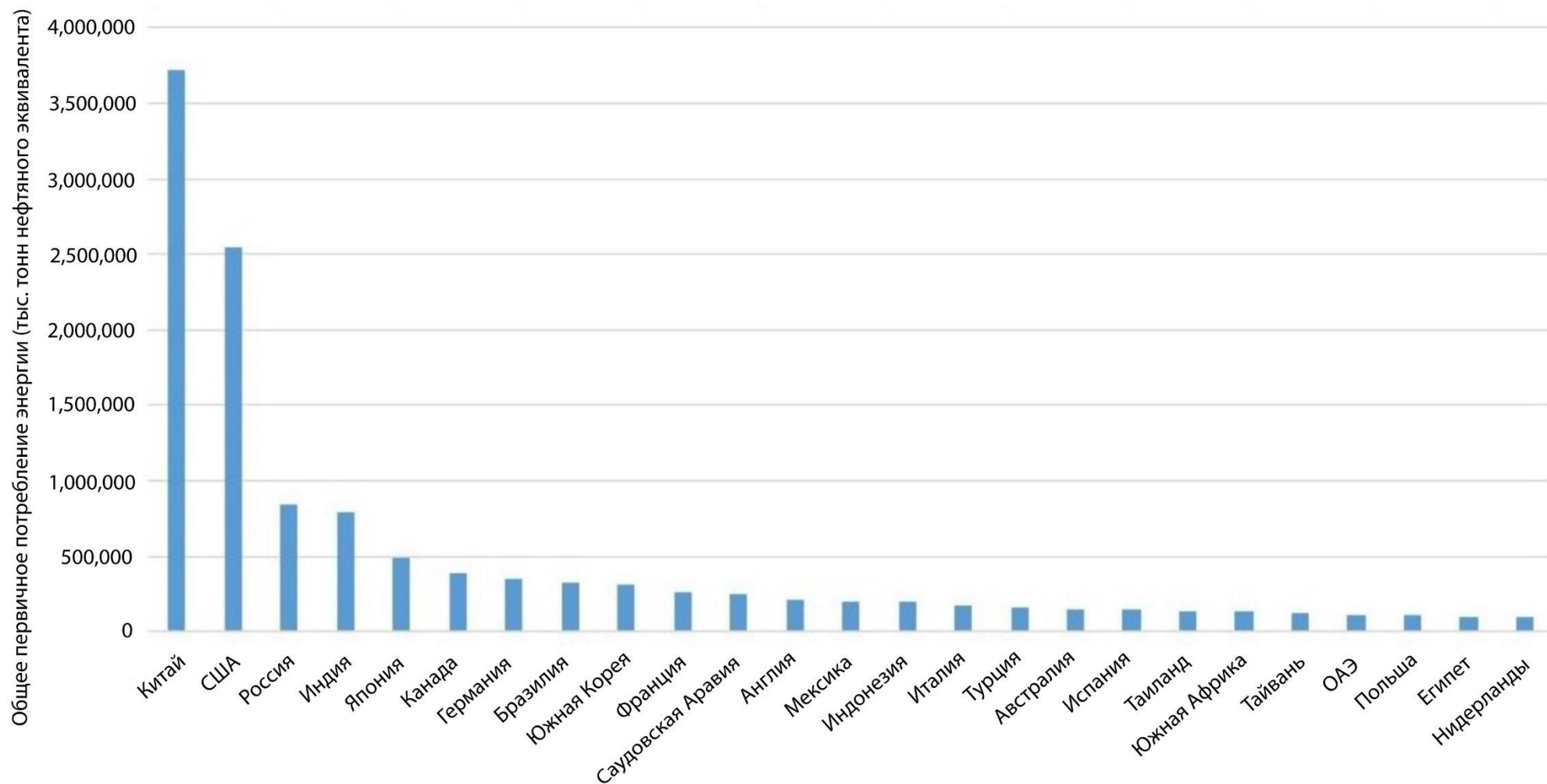


Рис. 1.1. Совокупное годовое потребление первичной энергии странами в тыс. тонн нефтяного эквивалента [263]



Рассмотрим более подробно рейтинг, приведенный на рис. 1.1. Согласно его данным, первое место по уровню энергоемкости экономики занимает Китай, экономика которого в течение отчетного года потребила 3 718 702 тысяч тонн нефтяного эквивалента (т.т.н.э.). На втором месте располагаются США с показателем в 2 549 250 т.т.н.э. Россия находится на третьем месте по объему потребляемых ТЭР с показателем в 839 258 тысяч тонн нефтяного эквивалента (т.т.н.э.). Меньшие объемы энергопотребления зафиксированы у Индии (789 955 т.т.н.э.), Японии (484 993 т.т.н.э.), Канады (383 135 т.т.н.э.) и Германии (349 110 т.т.н.э.).

Вторым важным показателем, отражающим энергоэффективность российской экономики, выступает уровень энергоемкости ВВП, рассчитываемый как отношение кг. нефтяного эквивалента (кг.н.э.) к доллару ВВП произведенной государством продукции в постоянных ценах 2015-го года. В рамках настоящего исследования с использованием данных международного статистического портала Enerdata автором была сопоставлена динамика энергоемкости ВВП России и общемирового ВВП за период с 2005-го по 2021-й годы (рис. 1.2) [272].

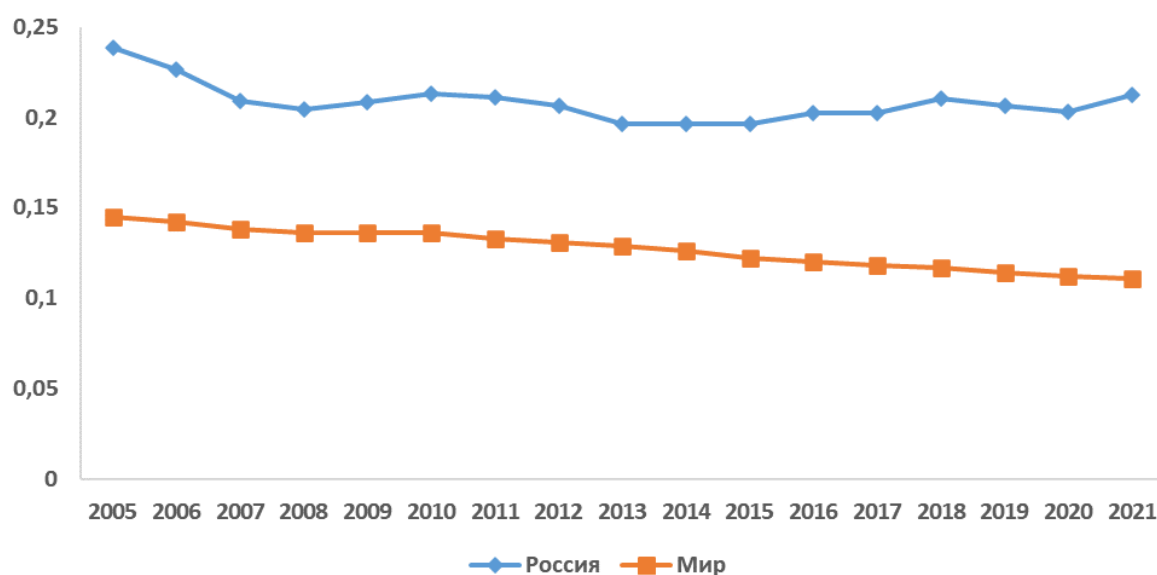


Рис. 1.2. Динамика изменения энергоемкости ВВП России и мира с 2005-го по 2021-й годы (кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года) (построено автором по данным [272])

Как можно отметить из данных, приведенных на рис. 1.2, энергоёмкость российского ВВП значительно превышает среднемировой уровень за весь рассматриваемый период. К примеру, в 2015-м году энергоёмкость российского ВВП составляла 0,196 килограмм нефтяного эквивалента (кг.н.э.)/1 долл. США в ценах 2015-го года, в то время как энергоёмкость среднемирового ВВП за тот же период составляла 0,122 кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года. Как показали проведенные автором расчеты, в среднем энергоёмкость российского ВВП за период с 2005-го по 2021-й годы превышала энергоёмкость среднемирового ВВП в 1,64 раза.

Сложившаяся ситуация привела к тому, что по данному показателю Россия оказалась практически в самом конце рейтинга государств в сфере энергоёмкости ВВП (рис. 1.3) [272].

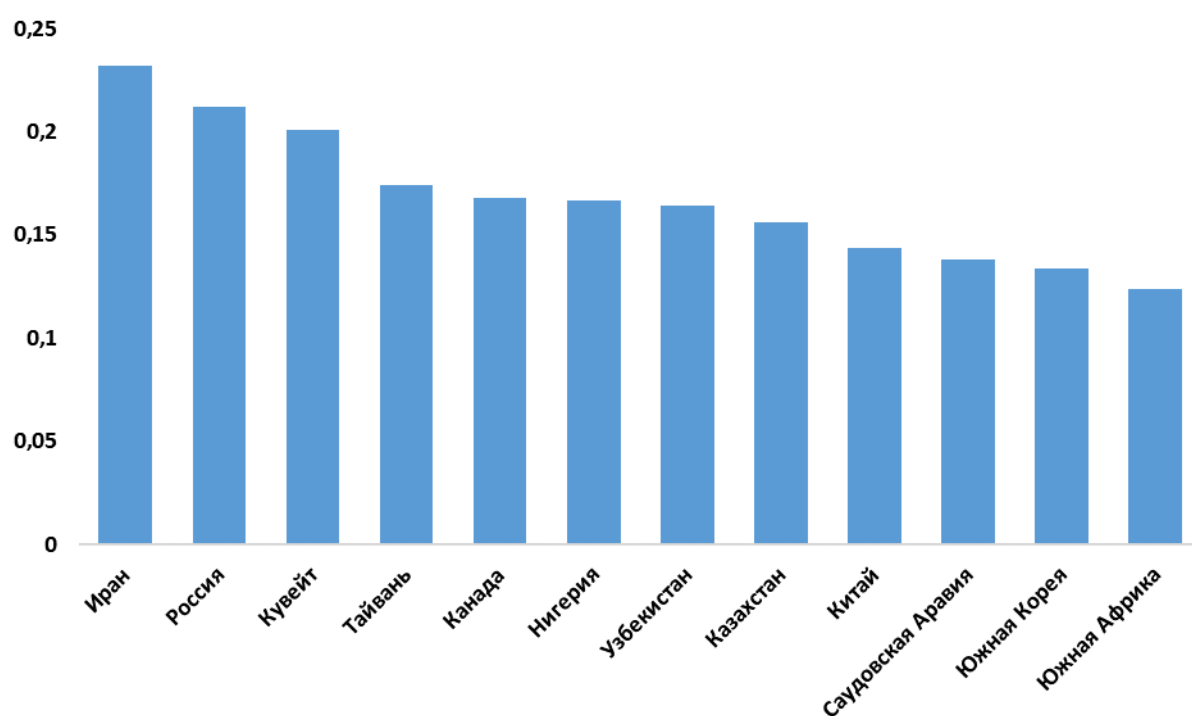


Рис. 1.3. Рейтинг государств с наиболее высоким уровнем энергоёмкости ВВП в 2021-м году (кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года) (построено автором по данным [272])

На представленной на рис. 1.3 диаграмме можно увидеть, что по уровню энергоёмкости ВВП Россия занимает второе место с показателем 0,212 кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года, опережая лишь Иран, у которого величина этого показателя составляет 0,232 кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года. В то же время, она уступает таким странам как Кувейт (0,201 кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года), Тайвань (0,174 кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года), Канада (0,168 кг.н.э./1 долл. США в ценах 2015-го года) и ряду других государств. С экономической точки зрения высокая энергоёмкость ВВП приводит к ряду негативных экономических последствий. С точки зрения развития промышленности избыточная энергоёмкость производства является причиной повышения себестоимости производимой продукции и, как следствие, роста ее конечной цены для потребителя, что негативно сказывается на показателях ее конкурентоспособности на внутреннем и мировых рынках.

Обращаясь к анализу уровня энергоёмкости российской экономики, рассмотрим динамику ее энергоёмкости за период с 2018-го по 2021-й годы (рис. 1.4) [32, 33, 34].

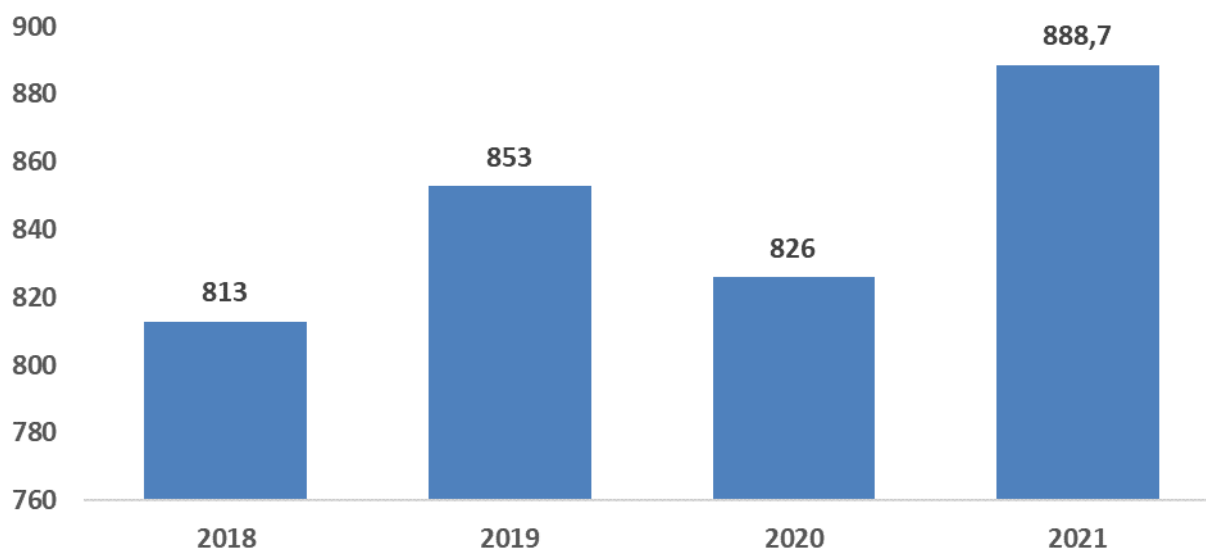


Рис. 1.4. Совокупный уровень энергоёмкости российской экономики в 2018-2021-м годах (млн. т.у.т.) (построено автором по данным [32, 33, 34])

Как можно отметить из данных диаграммы, представленной на рис. 1.4, в последние годы изменения уровня энергоёмкости российской экономики обладают достаточно противоречивой динамикой. Если в 2018-м году ее уровень составлял 813 млн. тонн условного топлива (т.у.т.), то уже в 2019-м он возрос до 853 млн. т.у.т. В то же время, в 2020-м году произошло существенное снижение ее энергоёмкости до 826 млн. т.у.т. Впрочем, одной из причин данного снижения является, в первую очередь, пандемия коронавирусной инфекции, по причине которой многие предприятия и компании из энергоёмких секторов экономики были вынуждены приостановить работу или, по меньшей мере, существенно снизить свою активность. При этом, в контексте возобновления полноценной активности экономики, произошедшем в 2021-м году, уровень ее энергоёмкости возрос уже до 888,7 млн. т.у.т., превзойдя показатель 2019-го года.

Далее следует проанализировать динамику энергоёмкости российской экономики в процентном соотношении между отдельными отраслями (рис. 1.5) [34].

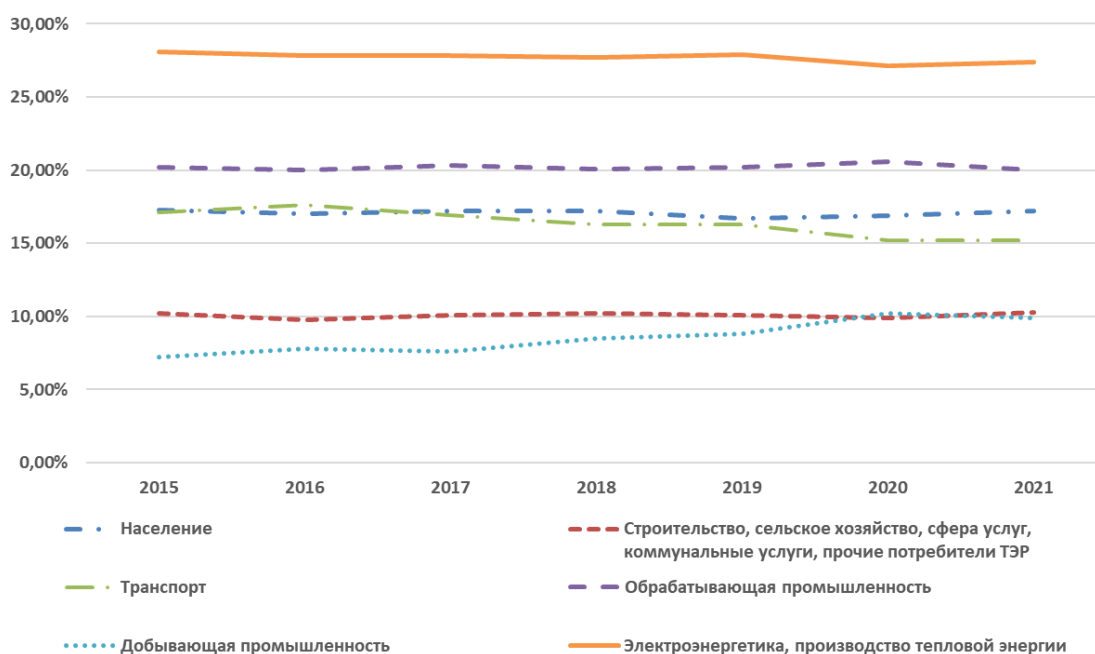


Рис. 1.5. Энергоёмкость российской экономики по отдельным отраслям за период с 2015-го по 2021-й годы (в %) (построено автором по данным [34])

Проанализируем представленные на рис. 1.5 данные об энергоемкости экономики, рассмотрев их значения в 2015-м, 2018-м, 2020-м и 2021-м годах. Наиболее энергоемкой отраслью выступает электроэнергетика и производство тепловой энергии. В 2015-м году ее доля в совокупном энергопотреблении отечественной экономики составляла 28,1%, в 2018-м – 27,7%, в 2020-м – 27,1%, а в 2021-м увеличилась до 27,4%. На втором по величине энергоемкости месте находится обрабатывающая промышленность. Ее доля в общем объеме потребленных ТЭР в 2015-м году составляла 20,2%, в 2018-м году – 20,1%, в 2020-м году – 20,6%, а в 2021-м – 20%. Несколько меньший уровень энергоемкости был зафиксирована в отрасли транспорта. В 2015-м году его энергоемкость составляла 17,1%, в 2018-м году – 16,3%, а в 2020-м и 2021-м годах – 15,2%. В свою очередь, совокупное потребление ТЭР населением в 2015-м году составило 17,3%, в 2018-м году – 17,2%, в 2020-м году – 16,9%, а в 2021-м году – увеличилось до 17,2%. Энергоемкость совокупности отраслей, включая строительную отрасль, сельское хозяйство, сферу услуг, коммунальные услуги и прочих потребителей ТЭР в 2015-м и 2018-м годах составила 10,2%, в 2020-м году – 9,9%, а в 2021-м году – 10,3%. Наименьшим уровнем энергоемкости по сравнению с другими отраслями обладает добывающая промышленность: в 2015-м году уровень энергоемкости ее участников составил 7,2%, в 2018-м году – 8,5%, в 2020-м году – 10,2%, а в 2021-м году – 9,9%.

Как можно отметить на основе проведенного анализа, практически все отрасли сохранили объемы своих долей в общей структуре энергопотребления российской экономики. К примеру, в 2021-м году на 1,9% по сравнению с 2015-м годом снизилась энергоемкость транспортной отрасли. В то же время, за этот же период энергоемкость добывающей промышленности возросла на 2,7%. В остальных отраслях изменения в среднем составили порядка  $\pm 0,2\%$ .

Далее рассмотрим более детально динамику энергоемкости обрабатывающей промышленности (рис. 1.6) [34].

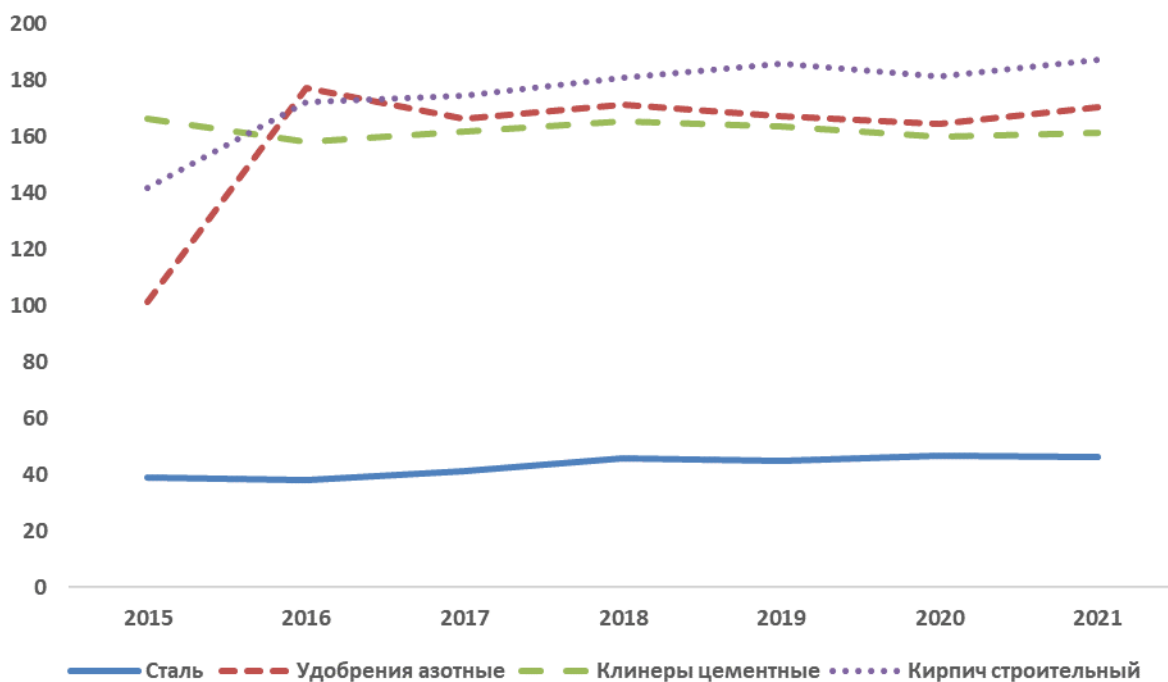


Рис. 1.6. Энергоемкость ряда подотраслей обрабатывающей промышленности за период с 2015-го по 2021-й годы (в кг.у.т./т.) (построено автором по данным [34])

На рис. 1.6 отражена динамика энергоемкости ряда подотраслей обрабатывающей промышленности за период с 2015-го по 2021-й годы. В качестве основной единицы измерения энергоемкости установлено количество килограмм условного топлива (кг.у.т.), затрачиваемого на производство 1 тонны продукции входящего в соответствующую подотрасль предприятия. Анализируя данные графика на рис. 1.6, можно отметить, что за рассматриваемый период энергоемкость производства практически всех видов продукции возросла. К примеру, на производство 1 тонны стали в 2015-м году затрачивалось 38,7 кг.у.т., в 2018-м – уже 45,9 кг.у.т., а в 2021-м – 46,1 кг.у.т. Энергоемкость производства 1 тонны азотных удобрений в 2015-м году составляла 101,5 кг.у.т., в 2017-м – уже 166,2 кг.у.т., а в 2021-м – 170,6 кг.у.т. На производство строительного кирпича в 2015-м году было необходимо затратить 141,8 кг.у.т., в 2018-м году – 181 кг.у.т., а в 2021-м году – уже 187,3 кг.у.т. Единственная подотрасль, где произошло некоторое снижение энергоемкости – производство цементных клинкеров. В

2015-м году ее энергоемкость составляла 166,3 кг.у.т., в 2018-м – 165,6 кг.у.т., а в 2021-м – 161,4 кг.у.т. Проведенный анализ отражает общую тенденцию сохранения достаточно высокого уровня энергоемкости производства на предприятиях обрабатывающей промышленности, что, как было отмечено выше, несет достаточно негативные экономические последствия как для самих предприятий, так и для экономики в целом.

Высокий уровень энергоемкости российской экономики привел к образованию существенного потенциала энергосбережения, который отражает величину той потенциальной экономии ТЭР, которая может быть достигнута при условии системного и целенаправленного внедрения широкого спектра энергосберегающих мероприятий и технологий во всех ее отраслях. Согласно оценке И.А. Башмакова, при условии внедрения 82 ключевых энергоэффективных технологий может быть достигнута совокупная экономия величиной в 370 млн. т.у.т. со следующим распределением по отдельным отраслям (рис. 1.7) [45].

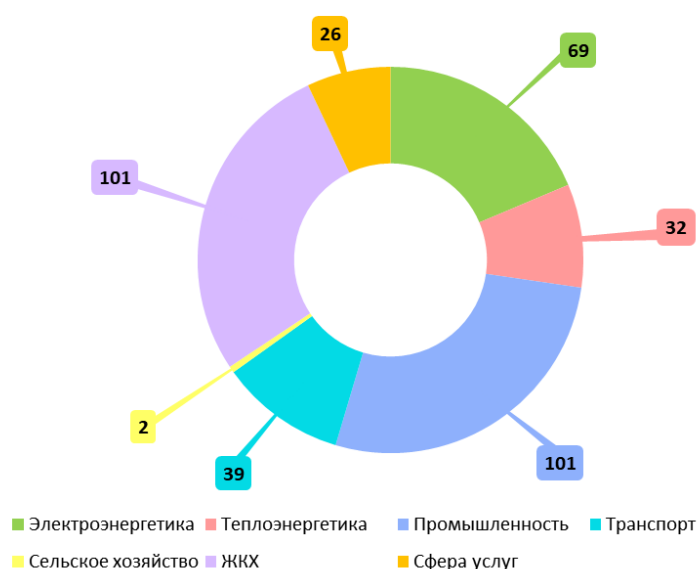


Рис. 1.7. Потенциал энергосбережения российской экономики (в млн. т.у.т.) (построено автором по данным [45])

Как можно отметить из данных диаграммы на рис. 1.7, двумя наиболее энергоемкими отраслями экономики являются промышленность (101 млн. т.у.т.) и

сфера ЖКХ (101 млн. т.у.т.). На третьем месте по величине возможной экономии ТЭР с показателем в 69 млн. т.у.т. находится электроэнергетика. Несколько меньшие объемы потенциала энергосбережения зафиксированы у транспортной отрасли (39 млн. т.у.т.) и теплоэнергетики (32 млн. т.у.т.). Реализация потенциала энергосбережения в сфере услуг, в свою очередь, способно сократить энергопотребление работающих в ней организаций на 26 млн. т.у.т., а в отрасли сельского хозяйства возможна достижения экономии 2 млн. т.у.т.

Следует отметить, что промышленность обладает одной из наиболее значительных долей в общем потенциале энергосбережения экономики. С одной стороны, это свидетельствует о весьма низкой энергоэффективности российских предприятий, приводящей к избыточным затратам на ТЭР и, как следствие, снижению их экономической эффективности и конкурентоспособности производимой ими продукции за счет увеличения ее себестоимости. С другой стороны – столь высокий потенциал энергосбережения является тем скрытым резервом, который способен стать важным драйвером экономического и технологического развития российских предприятий в условиях сложной экономической ситуации и введенных против отечественной экономики санкций. В этом смысле его раскрытие за счет системного внедрения энергосберегающих мероприятий и технологий может высвободить значительные экономические ресурсы, которые могут быть направлены на решение задач технической модернизации и цифровой трансформации самих предприятий.

В то же время, раскрытие потенциала энергосбережения промышленности коренным образом зависит от целого ряда факторов, включая активное проведение научно-исследовательской работы, реализацию государственных программ в сфере повышения энергоэффективности, развитие специализированных энергосберегающих компаний и, наконец, внедрение конкретных инструментов и мероприятий на промышленных предприятиях. Для успешной реализации указанных факторов необходимо формирование



соответствующей институциональной среды, ориентированной как на активное привлечение самих предприятий к внедрению энергосберегающих мероприятий и технологий, так и на развитие энергосбережения как одной из отраслей экономики. Для более полного понимания современного уровня развития энергосбережения в промышленности обратимся к анализу одного из глобальных рейтингов по энергоэффективности, составленного в 2022-м году некоммерческой исследовательской организации ACEEE, специализирующейся на научных исследованиях в области энергосбережения и борьбе с изменениями климата (рис. 1.8) [263].

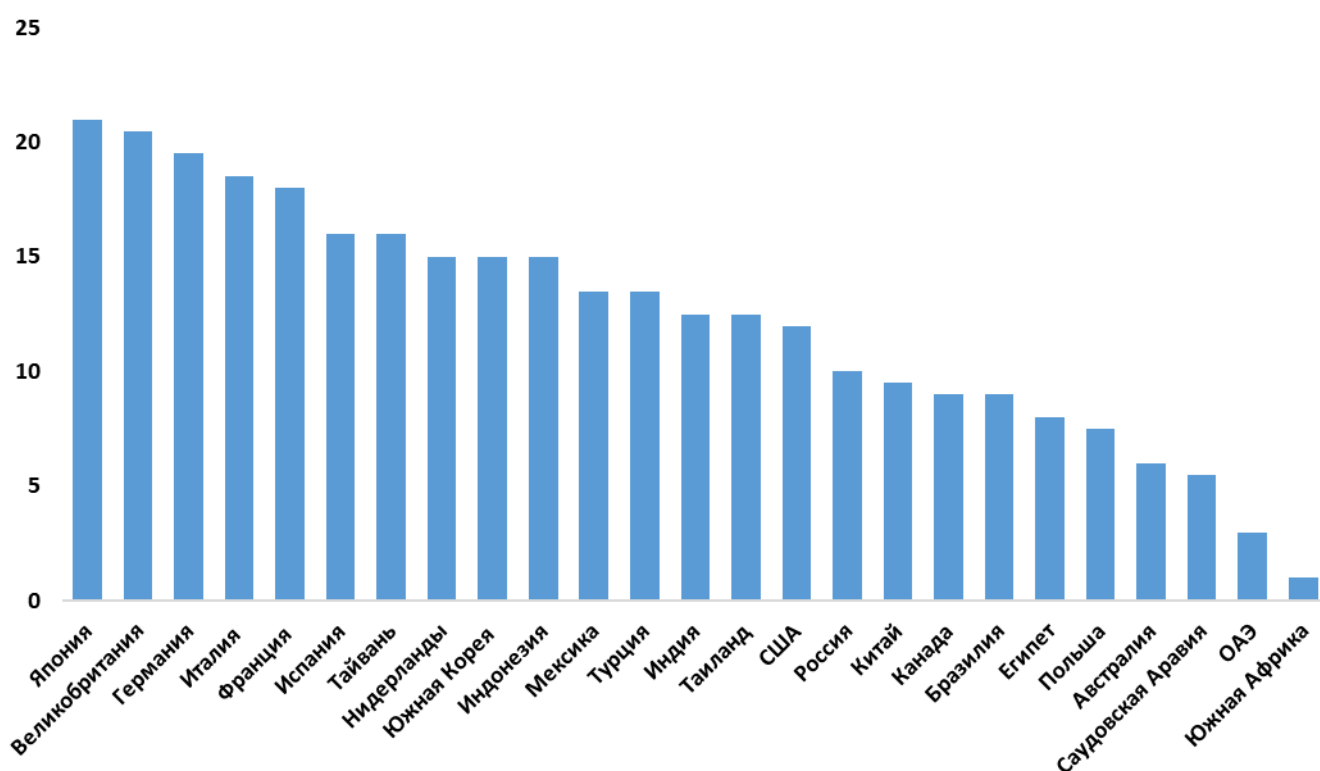


Рис. 1.8. Рейтинг государств по уровню энергоэффективности их промышленности в 2022-м году [263]

Для составления приведенного на рис. 1.8 рейтинга экспертами использовался ряд ключевых показателей, отражающих различные аспекты и показатели развития энергосбережения в промышленности участвующих в нем

государств, результаты достижения которых оценивались в баллах. В число таких показателей вошли следующие:

- «энергоемкость промышленности;
- добровольное участие предприятий в программах по повышению энергоэффективности;
- участие в работе по энергосбережению на предприятиях штатных энергоменджеров;
- проведение энергетических аудитов;
- политика в области создания систем энергетического менеджмента;
- установленная мощность ТЭЦ;
- политика в области применения ТЭЦ;
- действующие стандарты в области применения электродвигателей;
- уровень инвестиций в НИОКР в сфере энергосбережения в промышленности;
- энергоемкость сельскохозяйственного сектора» [263].

При формировании рейтинга экспертами из ACEEE в качестве максимально возможного результата была установлена верхняя балльная граница в 25 баллов. В соответствии с полученными в ходе оценки данными, первое место в рейтинге заняла Япония (21 балл). На втором и третьем местах расположились Великобритания (20,5 баллов) и Германия (19,5 баллов). Из числа государств Азии в рейтинг вошли Тайвань, занявший 7-е место с показателем в 16 баллов, Южная Корея, расположившаяся на 9-м месте и получившая 15 баллов. Россия в данном рейтинге смогла занять лишь 16-е место (10 баллов), что свидетельствует о явно недостаточном уровне реализации энергосберегающих мероприятий и внедрения энергоэффективных технологий в отраслях ее промышленности.

В числе причин подобной ситуации, наравне с рассмотренными выше причинами экономического характера, следует отметить также недостаточный уровень научно-исследовательской активности в сфере энергосбережения.

Соответственно, при установлении новым руководством России курса на модернизацию экономики и промышленности, в научном поле практически отсутствовали разработки в сфере теории и практики энергосбережения, что существенно осложняло его практическую реализацию в различных отраслях экономики. В рамках настоящего исследования автором был проведен количественный анализ публикаций, размещенных на портале российской научной электронной библиотеки eLibrary.Ru и посвященных непосредственно энергосбережению. В качестве временного интервала для проведения анализа был выбран период с 2000-го по 2019-й годы. Основным условием включения публикаций (научных статей и книжных изданий) в выборку стало упоминание автором публикации термина «энергосбережение» в ее наименовании, ключевых словах и аннотации. Результаты анализа приводятся ниже (рис. 1.9) [166].

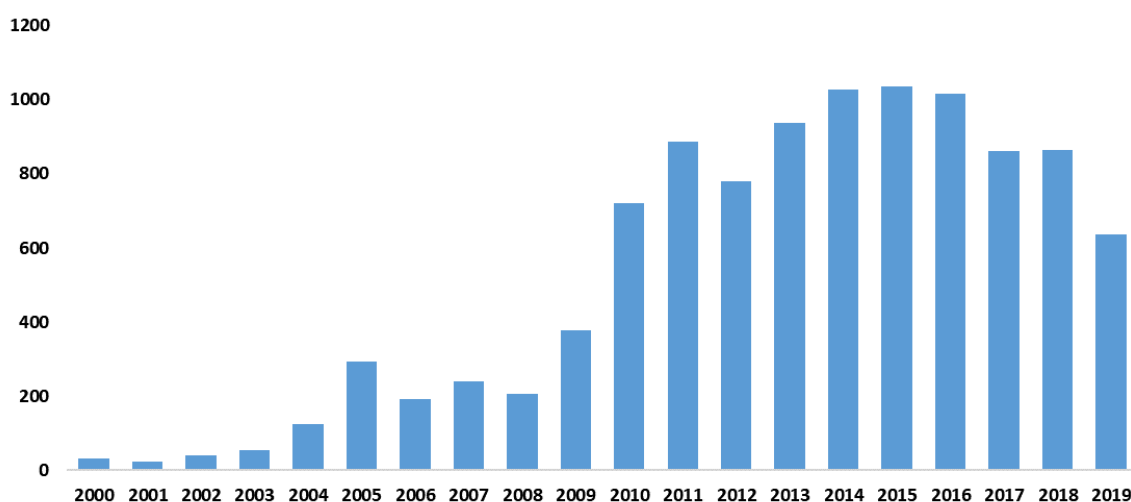


Рис. 1.9. Динамика публикационной активности российских ученых по тематике энергосбережения за период с 2000-го по 2019-й годы (кол-во публикаций) (построено автором по данным [166])

Анализируя данные диаграммы, приведенной на рис. 1.9, можно отметить, что в первые годы нового столетия публикации по тематике энергосбережения практически отсутствовали. Так, в 2000-м году в российской научной сфере была издана лишь 31 публикация, в 2001-м году – 24 публикации, в 2002-м году – 39 публикации, а в 2003-м году – лишь 55 публикаций. Определенный рост

публикационной активности российских ученых по данной тематике начинается в 2005-м году (124 публикации) и продолжается в последующие годы. К примеру, в 2007-м году их количество составляло 239, а в 2009-м – 377 публикаций. С 2010-го года (720 публикаций) их число существенно увеличивается. К примеру, в 2013-м году было опубликовано 936 научных трудов, в 2014-м – 1026, а в 2015-м – 1037 публикаций.

Столь динамичный рост научно-исследовательской и публикационной активности в сфере энергосбережения с 2009-го года связан, помимо прочего, с началом формирования и активной реализации государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности российской экономики. В частности, в 2008-м году был принят Указ Президента РФ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 4.06.2008 г., в котором была установлена приоритетная цель – сократить совокупную энергоёмкость российской экономики к 2020-му году на 40% от уровня потребления ТЭР на территории России в 2007-м году, а также были даны поручения о формировании законодательного обеспечения в сфере энергосбережения. Вслед за этим, в 2009-м году в 2009-м году энергосбережение вошло в состав ключевых приоритетных направлений модернизации российской экономики наравне с такими направлениями как ядерные, медицинские, информационные и космические технологии.

Еще одним ключевым шагом в области формирования государственной политики в сфере энергосбережения стала разработка и принятие Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г. Впервые в этом законе были сформулированы и структурированы те направления государственной политики и меры регулирования, которые были направлены на повышение энергетической эффективности отечественной экономики. Следует отметить, что данный закон

был введен в рамках замены действовавшего ранее Федерального закона № 28-ФЗ «Об энергосбережении» от 3.04.1996 г., который обладал низким уровнем детализации отдельных направлений государственной политики, не включая в себя сроки достижения конкретных показателей. [87]. В сущности, данный закон носил преимущественно рамочный характер, концептуально определяя главные направления энергосбережения и общий понятийный аппарат и контекст энергосберегающей деятельности.

В отличие от Федерального закона № 261-ФЗ, в нем отсутствовали установленные требования к уровню энергетической эффективности зданий различных типов, а также практически не были детализированы принципы ее повышения в различных отраслях экономики. Кроме того, в нем не были указаны целевые сроки обеспечения здания различного типа приборами учета энергии и энергоресурсов, а также меры по реализации энергетического сервиса.

Как показала практика, эти и прочие недостатки отрицательно повлияли на саму практическую реализацию энергосбережения в российской экономике и промышленности. Практически полное отсутствие формализованных мер государственного контроля за выполнением законодательно установленных мероприятий по повышению энергоэффективности привело к их игнорированию со стороны большинства участников экономики.

Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», принятый в 2009-м году, стал одним из опорных нормативно-правовых актов, вокруг которого начала формироваться комплексная государственная политика в области повышения энергоэффективности различных отраслей экономики. В частности, в нем были сформулированы критерии, подходы и меры к повышению энергетической эффективности, установлено четкое определение ключевых терминов, определены целевые показатели в области реализации различных энергосберегающих мероприятий с установленными сроками их выполнения

[208]. В свою очередь, активизация государственной политики в сфере повышения энергоэффективности экономики стала одним из драйверов развития энергосбережения в качестве самостоятельной отрасли, в состав которой вошли компании, специализирующиеся на проведении энергетического аудита и энергосервиса.

В рамках проведенного исследования автором были систематизированы основные нормативно-правовые документы, прямо или косвенно направленные на развитие энергосбережения в соответствии с их позицией в иерархии российской правовой системы (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Перечень нормативно-правовых актов в сфере энергосбережения

№ п/п	Тип нормативно-правового акта	Наименование нормативно-правового акта
	Указ Президента РФ	Указ Президента РФ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 4.06.2008
	Федеральные законы	<p>Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009</p> <p>Федеральный закон № 382-ФЗ «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса» от 3.12.2011</p> <p>Федеральный закон № 399-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 28.12.2013</p> <p>Федеральный закон № 194-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса» от 5.07.2018</p>
	Постановления Правительства РФ	<p>Постановление Государственной Думы Федерального Собрания РФ № 1311-5-ГД «О проекте федерального закона № 11730-5 "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности от 21.11.2008</p> <p>Постановление Правительства РФ № 950 «Об участии</p>

№ п/п	Тип нормативно- правового акта	Наименование нормативно-правового акта
		органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов в осуществлении государственного регулирования и контроля деятельности субъектов естественных монополий» от 10.12.2008
		Постановление Правительства РФ № 1221 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных и муниципальных нужд» от 31.12.2009
		Постановление Правительства РФ № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» 31.12.2009
		Постановление Правительства РФ № 67 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» 20.02.2010
		Постановление Правительства РФ № 340 «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности» от 15.05.2010
		Постановление Правительства РФ № 391 «О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования» от 01.06.2010
		Постановление Правительства РФ № 318 «Об утверждении Правил осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» от 25.04.2011
		Постановление Правительства РФ № 746 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на реализацию региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» от 05.09.2011
		Постановление Правительства РФ № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики"» от 15.04.2014

№ п/п	Тип нормативно-правового акта	Наименование нормативно-правового акта
		Постановление Правительства РФ № 275 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам установления первоочередных требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений» от 07.03.2017
	Распоряжения Правительства РФ	<p>Распоряжение Правительства РФ № 1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» от 08.01.2009</p> <p>Распоряжение Правительства РФ № 1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года» от 13.11.2009</p> <p>Распоряжение Правительства РФ № 1830-р «Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации» от 01.12.2009</p> <p>Распоряжение Правительства РФ № 2446-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года”» (вместе с Паспортом государственной программы) от 27.12.2010</p> <p>Распоряжение Правительства РФ № 1843-р «Об утверждении распределения субсидий, предоставляемых в 2011 году из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на софинансирование расходных обязательств, связанных с реализацией региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» от 21.10.2011</p> <p>Распоряжение Правительства РФ № 1853-р «Об утверждении Плана мероприятий ("дорожная карта") по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений» от 01.09.2016</p> <p>Распоряжение Правительства РФ № 703-р «Об утверждении комплексного плана по повышению энергетической эффективности экономики России» от 19.04.2018</p>
	Приказы министерств и ведомств	<p>Приказ Минэкономразвития РФ № 4 и Минэнерго РФ № 1 «Об образовании межведомственной рабочей группы по проблемам энергосбережения и повышения энергетической эффективности российской экономики» от 13.01.2009</p> <p>Приказ Минэкономразвития РФ № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области</p>



№ п/п	Тип нормативно-правового акта	Наименование нормативно-правового акта
		энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» от 17.02.2010
		Приказ Минэкономразвития РФ № 174 «Об утверждении примерных условий энергосервисного договора (контракта), которые могут быть включены в договор купли-продажи, поставки, передачи энергетических ресурсов (за исключением природного газа)» от 11.05.2010
		Приказ Минрегиона РФ № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений и сооружений» (документ не применяется в связи с отказом в госрегистрации Министерства юстиции РФ; письмо Минюста России от 18.10.2010 № 01/20774-ДК) от 28.05.2010
		Приказ Минэкономразвития России № 229 «О требованиях энергетической эффективности товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений» от 04.06.2010
		Приказ Министерства регионального развития РФ № 338 «Об утверждении перечня рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении объектов инфраструктуры и другого имущества общего пользования садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан» от 29.07.2010
		Приказ Минрегиона РФ № 224 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений и сооружений» от 17.05.2011
		Приказ Минстроя России № 98/пр «Об утверждении примерных форм перечня мероприятий, проведение которых в большей степени способствует энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов в многоквартирном доме» от 15.02.2017

Реализация положений, входящих в структуру Федерального закона № 261-ФЗ, в сфере промышленного производства способствовала формированию системного подхода к повышению энергетической эффективности предприятий.

Одним из подготовительных этапов, формализованных в данном законе и предваряющих непосредственно реализацию энергосберегающих мероприятий, стало энергетическое обследование (энергетический аудит). Под *энергетическим обследованием* понимается комплекс взаимосвязанных аналитических и инженерно-технических мероприятий, включающий в себя оценку динамики энергоемкости предприятия, анализ состояния инженерных и энергетических коммуникаций и оборудования и нацеленный на определение уровня его энергетической эффективности, а также на выявление потерь различных типов энергии и энергоресурсов с последующим формированием перечня рекомендуемых энергосберегающих мероприятий.

С точки зрения технической реализации энергоаудит включает в себя ряд последовательно реализуемых этапов, включая в себя анализ документации о ретроспективных и текущих показателях энергопотребления и энергосбережения предприятия (документальный аудит), а также проведение непосредственного анализа и обследования энергетического оборудования, инженерных коммуникаций и ограждающих конструкций предприятия с использованием специализированной контрольно-измерительной аппаратуры (инструментальное энергетическое обследование), а также следующий за этим глубокий анализ полученных данных и разработка перечня рекомендаций по энергосбережению и/или энергетического паспорта (декларации) объекта. Технические аспекты проведения энергетического аудита были неоднократно рассмотрены в исследованиях российских ученых [155, 158, 163].

В контексте реализации системного подхода к энергосбережению энергетические обследования стали одним из необходимых подготовительных этапов, обеспечивая специалистов объективными данными об уровне энергоемкости и энергоэффективности предприятия, источниках потерь энергии, текущей конфигурации и технических параметрах энергетического хозяйства предприятия, состоянии энергетических и инженерных коммуникаций [79].

Наличие перечня рекомендуемых энергосберегающих мероприятий, в свою очередь, позволило руководству предприятий самостоятельно выбирать конкретные решения с учетом имеющихся у них финансовых возможностей и планируемых в результате их внедрения экономических эффектов.

Впрочем, как показала практика, обусловленное законодательством массовое проведение энергоаудитов в ряде случаев повлекло за собой злоупотребления как со стороны самих предприятий, так и со стороны энергоаудиторских компаний. В частности, как отмечают Е.А. Неретина и Ю.В. Корокошко, первоочередной целью руководства некоторых предприятий стало не получение точных и достоверных сведений об их энергоемкости и энергоэффективности для последующего внедрения энергосберегающих мероприятий, а формальная регистрация энергетического паспорта в Минэнерго РФ, что привело к росту популярности поверхностных энергообследований, не отражающих реальной динамики энергопотребления и, как следствие, бессмысленных с точки зрения проведения дальнейшего энергосбережения [129]. Подобные проблемы в своем исследовании отмечает и Г.А. Барзыкина, указывая даже на такие случаи, когда энергоаудиторы в принципе не осуществляют само обследование, а формируют перечень рекомендуемых энергосберегающих мероприятий на основе различных источников из сети Интернет [43]. В то же время, нельзя отрицать ту пользу, которая стала следствием проведения системной государственной политики в области энергетических обследований. Именно благодаря им была получена развернутая картина в сфере энергоемкости отдельных отраслей экономики, что позволило усовершенствовать сами подходы к повышению входящих в них организаций и предприятий.

Еще одной мерой, предусматриваемой в рамках реализации Федерального закона № 261-ФЗ, стала установка в зданиях и сооружениях приборов учета энергии и энергоресурсов. Их установка на предприятии позволила достичь высокой степени контроля над потреблением различных типов энергии и

энергоресурсов в отдельных цехах и зданиях, обеспечивая получение развернутой информации об энергоемкости различных этапов производства. Это, в свою очередь, открыло новые возможности для оптимизации графиков и режимов работы производственного оборудования в целях минимизации пиковых нагрузок и перегрузок энергосистемы предприятия [69]. Кроме того, использование данных, получаемых от приборов учета, способствовало повышению уровня контроля самого предприятия над количественными и качественными параметрами энергии и энергоресурсов, закупаемыми у различных поставщиков. К примеру, эти данные могут использоваться в рамках возникновения конфликта с компанией-поставщиком в случае поставки ей меньшего объема энергии по сравнению с тем, который был оплачен предприятием.

В то же время, в сфере повышения энергоэффективности промышленности существуют определенные проблемы, которые снижают итоговый эффект от реализации энергосбережения и не позволяют добиться радикального снижения энергоемкости предприятий. В качестве одной из главных проблем выступает отсутствие системного подхода к энергосбережению, выражающаяся в выборочном внедрении отдельных (как правило, обладающих наименьшей стоимостью) энергосберегающих мероприятий, не позволяющих достичь значимого прироста энергетической эффективности на уровне всего предприятия. К примеру, в числе таких мероприятий можно назвать модернизацию систем освещения путем установки в отдельных помещениях датчиков движения, энергосберегающих ламп и отражателей, выборочный капитальный ремонт отдельных ограждающих конструкций зданий предприятия, монтаж теплоотражающих экранов за радиаторами в помещениях и т.д. [119]. Наравне с перечисленными выше, еще одним достаточно распространенным малозатратным мероприятием является реализация обучающих программ для сотрудников предприятия, в рамках которых им преподаются базовые основы энергоэффективного поведения и рационального использования

энергопотребляющего оборудования в рамках реализуемых ими профессиональных функций.

Отсутствие системного подхода, нацеленного на устранение наиболее значимых причин избыточной энергоемкости, объясняется, прежде всего, отсутствием у таких предприятий достаточного объема финансовых ресурсов, которые требуются для модернизации промышленного и энергетического оборудования с низким уровнем энергоэффективности, инженерных и энергетических коммуникаций, развертывания интегрированных систем управления энергосбережением [213]. С одной стороны, имеющиеся государственные механизмы субсидирования энергосбережения не способны покрыть соответствующие затраты в масштабах всей промышленности России, а, с другой – привлечение средств с использованием механизма банковского кредитования также затруднительно ввиду достаточно высоких процентных ставок, устанавливаемых банками. Соответственно, одной из основных причин низкого уровня системности энергосбережения в промышленности выступает недостаток финансовых ресурсов.

В основе второй проблемы лежит недостаточное понимание механизма повышения энергетической эффективности со стороны руководителей предприятий. В качестве одного из достаточно распространенных примеров здесь можно привести наличие у некоторых руководителей уверенности в том, что энергетический аудит и установка приборов учета способны сами по себе повысить уровень энергетической эффективности предприятия. В действительности, как было отмечено выше, данные мероприятия направлены, прежде всего, на анализ и оценку текущего уровня энергопотребления и выявление направлений, в рамках которых является целесообразной реализация энергосберегающих мероприятий и внедрение энергоэффективных технологий. При этом сами по себе они, хотя и обладают важной ролью в контексте целостного алгоритма энергосберегающей деятельности, но не влияют напрямую

на прирост энергоэффективности, а лишь формируют необходимые исходные предпосылки и техническую инфраструктуру для дальнейшей реализации энергосберегающих мероприятий. Непосредственное же внедрение энергосберегающих мероприятий и соответствующих технологических решений осуществляется уже на последующих этапах, базируясь на результатах проведенного в рамках энергетического аудита анализа и разработанном перечне рекомендованных мероприятий.

Третьей проблемой, которая обладает тесной связью с предыдущими двумя, является недостаточная реализация одного из перспективных системных подходов к повышению энергоэффективности – энергетического сервиса. Под *энергетическим сервисом* понимается комплекс взаимосвязанных прикладных мероприятий и технологий, внедряемых в целях повышения энергетической эффективности промышленного предприятия, реализуемый специализированной энергосервисной компанией (ЭСКО), которая вкладывает в проект собственные или привлеченные средства, осуществляя впоследствии их возврат из величины экономии, получаемой предприятием на протяжении срока действия энергосервисного контракта (договора). Как можно отметить из данного определения, энергетический сервис обладает важным отличием от традиционных подходов к финансированию проектов, которые предполагают необходимость вложения в его реализацию собственных средств самого заказчика, либо привлеченных им инвестиций. Это позволяет преодолеть один из часто встречающихся на пути энергосбережения в промышленности барьеров – ограниченности доступных предприятию средств на закупку дорогостоящего энергосберегающего оборудования и технологий [191].

Использование механизма энергетического сервиса подразумевает, что исполнение проекта и вложение в его реализацию финансовых ресурсов осуществляет энергосервисная компания, которая может использовать для его реализации собственные или привлеченные средства. В соответствии с общей

логикой алгоритма энергосбережения, на начальной стадии сотрудники ЭСКО осуществляют энергетическое обследование предприятия, результаты которого используются при определении внедряемых мероприятий и технологий по повышению его энергоэффективности. Кроме того, полученные результаты учитываются при расчете срока окупаемости проекта, на основе которого определяется срок действия самого энергосервисного контракта и установленная величина экономии ТЭР, из объема которой энергосервисная компания осуществляет возврат вложенных средств. Оптимальным интервалом для оценки достигнутой за счет внедрения энергосберегающих мероприятий экономии, как правило, является календарный месяц. Сам факт экономии энергии и энергоресурсов подтверждается показаниями приборов учета, устанавливаемых специалистами ЭСКО.

Как правило, объем финансовых средств, высвобождаемых за счет достигнутой экономии, делится в определенной пропорции, устанавливаемой положениями энергосервисного контракта между ЭСКО и предприятием. Значительная доля средств из достигнутой экономии, как правило, перечисляется энергосервисной компании. Соответственно, до окончания действия энергосервисного контракта реальные расходы предприятия на оплату ТЭР остаются практически на том же уровне, что и до внедрения энергосберегающих мероприятий с той разницей, что, если ранее оно тратило данный объем средств исключительно на оплату услуг компаний-поставщиков энергии и энергоресурсов, то в процессе реализации энергосервиса размеры оплаты услуг поставщиков снижаются за счет достижения реального энергоэффекта, а значительная часть высвобожденных средств оно перечисляет на счета ЭСКО с целью возмещения ее расходов на внедренные мероприятия и технологии. Со своей стороны, ЭСКО несет ответственность за достижение установленных в контракте показателей экономии энергии на весь период его действия. В случае, если они не достигнуты, выплаты энергосервисной компании не производятся.

Благодаря наличию подобного механизма энергетический сервис представляет собой, в сущности, беззатратный для предприятия способ повышения энергетической эффективности, не требующий изначального вложения собственных финансовых ресурсов в реализацию энергосберегающих мероприятий, а также в закупку энергоэффективных технологий и оборудования.

Несмотря на все очевидные преимущества энергосервиса как для предприятий, так и для государства в контексте обеспечения экономического роста промышленности, текущий уровень и темпы реализации энергосервиса в сфере производства в рамках действующих государственных программ по повышению энергоэффективности пока что не позволяют добиться значимого на уровне всей экономики эффекта. Для обеспечения более полного понимания динамики реализации государственной политики в области развития энергосервиса в России проведем анализ одного из важнейших показателей, отражающих активность его реализации – количества энергосервисных контрактов (рис. 1.10) [34].

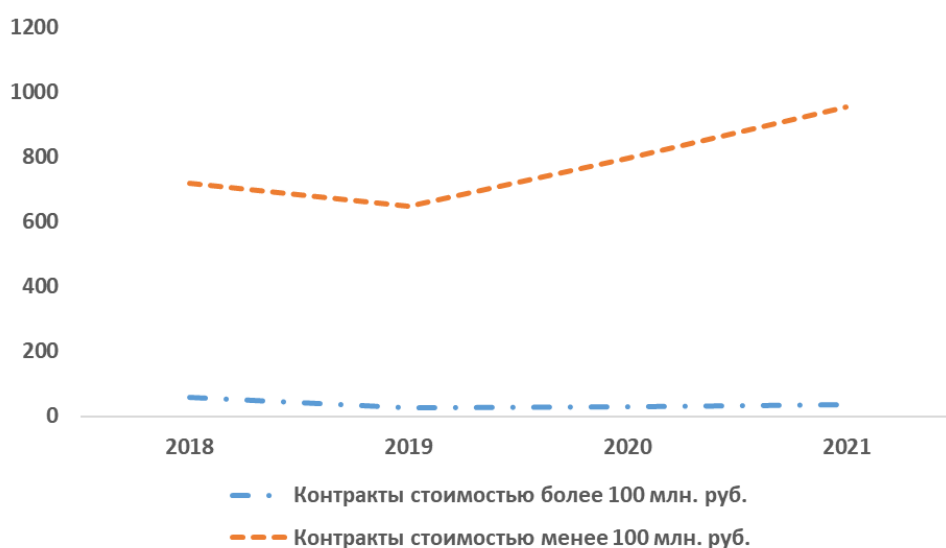


Рис. 1.10. Динамика реализации энергосервисных контрактов в России с 2018-го по 2021-й гг. (кол-во контрактов) (построено автором по данным [34])



На рис. 1.10 отражена количественная динамика реализации энергосервисных контрактов за период с 2018-го по 2021-й годы. При этом весь объем реализованных контрактов условно разбит на 2 категории – контракты стоимостью менее 100 млн. руб. и контракты стоимостью более 100 млн. руб. Из данных, приведенных на рис. 1.10, можно отметить абсолютное преобладание контрактов из первой категории. В частности, в 2018-м году было реализовано 57 контрактов объемом более 100 млн. руб., в 2019-м году – 27, в 2020-м году – 29, а в 2021-м году – 35. В то же время, контрактов объемом менее 100 млн. руб. в 2018-м году было выполнено 720, в 2019-м году – 648, в 2020-м году – 797, а в 2021-м году – 954 контракта. Таким образом, в среднем за рассматриваемый период доля энергосервисных контрактов объемом более 100 млн. руб. составляла порядка 4,6% от общего объема внедренных контрактов.

Второй важный показатель – распределение реализованных энергосервисных контрактов стоимостью менее 100 млн. руб. по типам объектов, на которых осуществлялось их внедрение (рис. 1.11) [34].

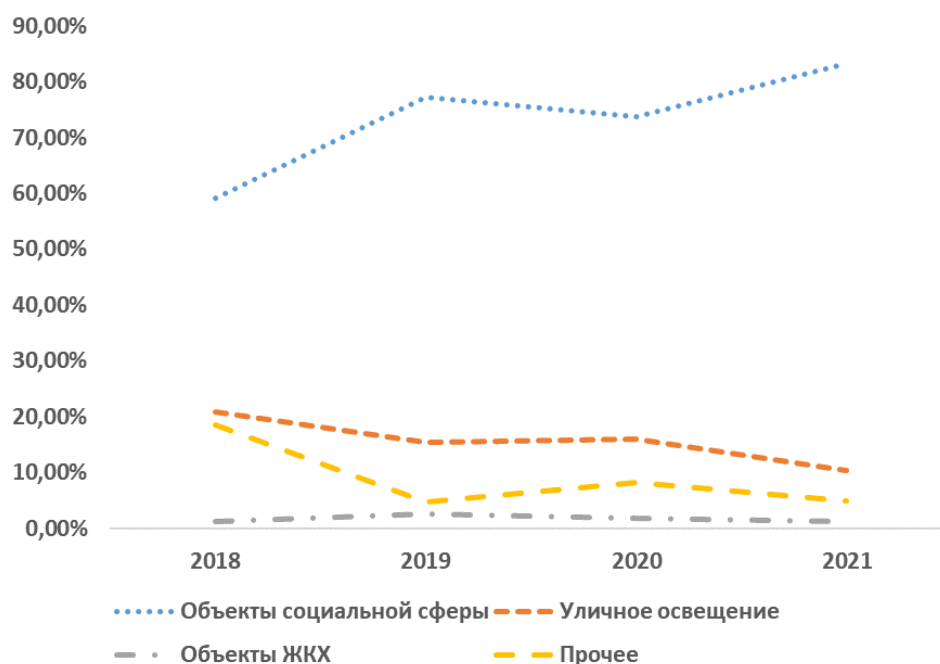


Рис. 1.11. Динамика распределения энергосервисных контрактов по типам объектов с 2018-го по 2021-й гг. (в %) (построено автором по данным [34])

Как можно отметить из данных официальной отчетности Министерства экономического развития РФ, приведенных на рис. 1.11, с 2018-го по 2021-й годы наибольшая доля энергосервисных контрактов реализовывалась на объектах социальной сферы. В частности, в 2018-м году ее величина составляла 59,13%, в 2019-м – увеличилась до 77,2%, в 2020-м она составила 73,8%, а в 2021-м году – и вовсе 83,3%. На втором месте по объему реализации энергосервисных контрактов находится сфера уличного освещения. В 2018-м году в ней было реализовано 20,8% от общего объема энергосервисных контрактов, в 2019-м году – 15,4%, в 2020-м году – 16,1%, а в 2021-м году – 10,4%. Энергосервисные контракты, реализованные в промышленности, были включены специалистами министерства в категорию «Прочее» вкуче с контрактами, реализованными в других отраслях экономики. В соответствии с имеющимися данными, доля энергосервисных контрактов, выполненных в данной категории, в 2018-м году составила 18,6%, в 2019-м году – 4,8%, в 2020-м году – 8,3%, а в 2021-м году – и вовсе лишь 5%. При этом следует помнить, что контракты, реализованные на промышленных предприятиях, составляют лишь часть из указанных выше долей.

Сопоставляя данные, приведенные на рис. 1.10 и 1.11, можно рассчитать количество энергосервисных контрактов объемом менее 100 млн. руб., выполненных в рамках категории «Прочее» за рассматриваемый период времени. В соответствии с полученными результатами, количество контрактов в данной категории в 2018-м году было равно 134, в 2019-м году – 31, в 2020-м году – 66, а в 2021-м году – 48. С учетом включения в данную категорию, помимо промышленных структур, организаций из других отраслей, логично предположить, что текущие темпы реализации государственной политики в области внедрения энергосервиса на промышленных предприятиях в принципе не способны принести существенный прирост энергоэффективности промышленности.

Как было отмечено выше, внедрение современных технологий энергосбережения позволяет обеспечить условия для экономического роста предприятий путем высвобождения значительных объемов финансовых ресурсов за счет сокращения энергоемкости и повышения энергоэффективности их оборудования и процессов. Благодаря этому у предприятий формируются финансовые резервы, оптимальным путем для использования которых является их технологическое и инновационное развитие. Одним из ключевых направлений такого развития выступает проведение цифровой трансформации, базирующейся на системном внедрении и использовании технологий Четвертой промышленной революции. Исследованию теоретических основ цифровой экономики, а также сущности и направлений использования отдельных цифровых технологий на промышленных предприятиях посвящен следующий раздел диссертационного исследования.

## **1.2. Теоретические основы цифровой экономики в контексте развития высокотехнологичных отраслей промышленности**

Одним из ключевых атрибутов развития современной экономики является повсеместная цифровизация деятельности компаний и предприятий, ставшая в последние годы достаточно влиятельным технологическим трендом. В ее основе лежит прогресс, достигнутый за последние десятилетия в области развития интернета и технологий передачи данных, роста вычислительного потенциала и совершенствования архитектуры новых поколений компьютерной техники, разработки инновационных технологий цифровизации внутренних процессов и механизмов внешнего развития участников рынка, возникновение новых бизнес-моделей и т.д. Высокая динамика и масштабы происходящих изменений

обусловили их лавинообразный характер, сделав саму цифровизацию одним из драйверов технологического развития компаний и предприятий.

Рост влияния перечисленных факторов на развитие экономических систем большинства развитых государств, а также необратимый и фундаментальный характер происходящих изменений сформировали предпосылки к переходу к новой глобальной парадигме экономического развития – цифровой экономике.

Впервые термин «цифровая экономика» предложил в 1995-м году ученый-информатик Николас Негропonte, который использовал его в рамках сравнения виртуальных и физических величин – битов и атомов. В своей книге «Being digital», посвященной анализу влияния цифровых технологий на жизнь современного общества и развитие экономики, он рассматривает их преимущества и новые возможности, которые открываются вместе с цифровизацией. Одним из важных преимуществ он называет высокую скорость передачи значительных объемов данных, обмен которыми открывает качественно новые возможности как для рядовых людей, так и для компаний. В качестве четырех ключевых качеств цифровой эпохи он указал глобализацию, децентрализацию, расширение возможностей и гармонизацию.

Рассматривая перспективные ниши, которые могут быть сформированы за счет роста возможностей интернета, он смог предсказать появление электронной торговли и возникновение цифровых товаров и услуг, возникновение крупных интернет-форумов на которых смогут общаться люди из разных стран, рост популярности виртуальной реальности, создание стриминговых платформ для видеоконтента и др. В своем исследовании, сравнивая физические атомы и биты, он делает важный вывод о том, что цифровые товары обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными физическими продуктами, поскольку практически моментально могут доставляться в различные точки мира, не подвержены браку и изъянам, снижающим их качество. С учетом перечисленных факторов Н. Негропonte ввел понятие «цифровая экономика»,

обозначив таким образом начало новой эпохи развития мировой экономической системы с учетом все большего влияния на ее развитие цифровых технологий, в которой значительная часть продуктов и услуг станут виртуальными, а приобретать их потребители смогут из любой точки мира [246].

В том же году результаты своего исследования в книге «The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence» опубликовал канадский ученый-экономист Дон Тапскотт, посвятивший его анализу перспектив цифровизации экономики. В частности, он выявляет различные уровни внедрения цифровых технологий на всех ее уровнях, начиная от их применения в рамках индивидуального использования современного компьютера отдельным человеком, а также взаимодействующих при помощи компьютера и интернета коллективов сотрудников и заканчивая созданием крупных межорганизационных сетей и развитием цифровых технологий на уровне всего государства. Анализируя реальные примеры использования цифровых технологий в бизнесе, включая опыт таких компаний как Chrysler, Walmart и Boeing, он отмечает значительный прирост эффективности их процессов за счет проведения их цифровизации [265].

В последующие годы ученые публикуют еще ряд исследований, посвященных различным проблемам и аспектам развития цифровой экономики, где данный термин рассматривался более детально в различных контекстах. В частности, Н. Лэйн в своей статье, опубликованной им в 1999-м году в журнале «Information Systems Frontiers», пишет: «Цифровая экономика основывается на сближении вычислительных и коммуникационных технологий в интернете с последующим формированием единого потока информации и технологий, которые стимулируют развитие электронной коммерции и обширные изменения в организациях» [241]. Один из экспертов статистического бюро Census Т. Мезенбург в своем исследовании выделяет у понятия «цифровая экономика» три ключевых компонента: «Первым и основным компонентом является инфраструктура электронного бизнеса – это доля всей экономической

инфраструктуры, используемая для поддержки электронных бизнес-процессов и ведения электронной торговли. Вторым компонент – это электронный бизнес: любой процесс, который компания реализует через компьютерные сети. Третьим компонентом выступает электронная коммерция, создающая прибавочную стоимость при продаже товаров и услуг через компьютерные сети» [244]. В свою очередь, двое ученых из Кембриджского университета Е. Бриненссон и Б. Кахен в исследовании, вышедшем в свет в 2001-м году, предлагают следующее определение данного понятия: «Цифровая экономика представляет собой сравнительно новую и в значительной степени еще не осуществленную трансформацию всех секторов экономики на основе компьютерной цифровизации информации» [221].

Как можно отметить по результатам анализа приведенных выше цитат, ранние определения термина «цифровая экономика» обладают, преимущественно, концептуальным характером, отражая лишь ее общие черты. Прежде всего, это связано с тем, что на тот период времени определяющие ее цифровые технологии только начинали развиваться, а их распространение носило ограниченный характер. Кроме того, пока не был накоплен достаточный опыт цифровизации реальных процессов, на основе которого можно было бы развить и детализировать отдельные направления ее прикладного применения. В то же время, уже на начальных этапах проведения исследований ученые осознавали потенциал цифровой экономики и смогли спрогнозировать те трансформационные изменения, которые произошли в последующие годы.

В дальнейшем рядом западных экспертов были опубликованы прикладные исследования, посвященные определению и оценке возможностей цифровой экономики при развитии электронной торговли и создании цифровых инструментов для маркетинга. В данном контексте экспертами Организации экономического сотрудничества в 2013-м году было предложено следующее определение: «Цифровая экономика состоит из рынков, основанных на цифровых

технологиях, которые облегчают торговлю товарами и услугами посредством электронной коммерции» [248]. Похожее определение, фокусирующееся на влиянии цифровых технологий на коммерческую деятельность компаний, сформулировали в 2015-м году участники Британского компьютерного общества: «Цифровая экономика относится к экономике, основанной на цифровых технологиях. Впрочем, мы все чаще понимаем ее как ведение бизнеса на рынках, основанных во Всемирной паутине» [220].

Анализируя состояние исследований в сфере цифровой экономики в российской науке, можно отметить, что наиболее значимый рост их активности произошел в последние годы. При этом отдельные направления и технологии, составляющие ее основу, активно изучались и в предыдущие десятилетия. В их числе, в качестве примера, можно назвать исследования в сфере электронной коммерции, использования интернет-технологий в маркетинговой деятельности компаний, изучения возможностей искусственного интеллекта в контексте создания экспертных систем, цифровизации бизнес-процессов, развития аддитивного производства и т.д.

В то же время, эти и подобные направления, как правило, изучались изолированно друг от друга, вне общего структурного, технологического и смыслового контекста, формирование которого обеспечила парадигма цифровой экономики, взаимоувязавшая их в рамках целостной цифровой инфраструктуры с возможностью ее дальнейшей эволюции в направлении интеллектуальной автоматизации все большего числа функций и операций, до этого выполнявшихся, преимущественно, только человеческим персоналом.

При этом развитие теории и методологии цифровой экономики находилось в тесной взаимосвязи с совершенствованием самих цифровых технологий, поскольку именно уровень технологий определял возможности расширения их влияния на процессы и направления деятельности компаний и предприятий. К примеру, автоматизация сбора и обработки данных из внутренней и внешней

среды в прежнее время, как правило, осуществлялась в компании в границах отдельных направлений и приводила к созданию не связанных между собой баз данных, использовавшихся сотрудниками соответствующих подразделений. Развитие цифровой экономики привело к появлению такой технологии как Большие данные, представляющие собой структурированные и неструктурированные массивы данных как о деятельности самой компании, так и о внешней среде. Объединяя различные базы данных (к примеру, путем их консолидации в рамках так называемого «озера данных») и используя для их анализа различные цифровые инструменты и аналитические подходы, компании получили возможность с высокой степенью точности выявлять неэффективные бизнес-процессы, определять новые рыночные возможности, повышать эффективность маркетинга и риск-менеджмента и т.д. Традиционные методы статистического анализа данных силами ограниченного числа специалистов далеко не всегда позволяли обработать столь крупные массивы данных и, тем более, обнаружить в них какие-либо важные закономерности.

Одним из наиболее успешных решений данной задачи стало проектирование и машинное обучение специализированных нейронных сетей, обладающих значительно более высоким вычислительным потенциалом по сравнению с возможностями среднестатистического человека. Последующее создание программных решений для машинного анализа Больших данных на базе нейронных сетей предоставило в распоряжение компаний и предприятий готовые инструменты для их обработки, значительно упростив решение этой задачи. Интеграция технологий Больших данных и нейронных сетей для их обработки и анализа представляет собой один из примеров конвергенции технологий в рамках цифровой экономики. В то же время, важным ограничением для развития нейронных сетей выступает вычислительная мощность компьютеров, использующихся для их обучения выполнению определенных функций. Достаточно долгое время именно этот барьер препятствовал их широкому



распространению в экономике, а в основе его преодоления лежало непосредственное повышение вычислительного потенциала самих компьютеров.

Глобальное распространение цифровых технологий в экономике уже к концу первого десятилетия нынешнего столетия сформировало необходимые предпосылки и базис Четвертой промышленной революции. На тот момент очевидные выгоды и эффекты, получаемые в результате цифровизации, привлекли к участию в цифровой экономике десятки тысяч компаний и предприятий различного масштаба и профиля. В то же время, гибкость, удобство использования и широкий спектр функций создаваемых коммерческих цифровых платформ обеспечили приток на них потребителей, которые получили возможность заказывать товары и получать услуги не выходя из дома. При этом обеспечиваемые самими платформами дополнительные сервисы и широта продуктового ассортимента значительно повысили качество получаемого ими в результате использования таких платформ потребительского опыта.

Наиболее популярными трендами цифровой экономики того времени стало создание торговых цифровых платформ и интернет-магазинов, выстраивание прямых коммуникаций с потребителями посредством интернета, автоматизация бизнес-процессов, привлечение потребителей за счет размещения контекстной рекламы на различных сайтах, бурное развитие систем класса CRM и ERP, внедрение комплексных программных систем управления проектами и т.д. Внедрение подобных технологий оказало значительное влияние на развитие бизнеса и способствовало изменению самих подходов к управлению различными направлениями развития компаний.

За прошедшие годы цифровизация превратилась в один из наиболее влиятельных трендов развития подавляющего большинства секторов экономики. Весомую роль она сыграла как для сферы торговли и услуг, так и развития современной промышленности. В основе этого развития лежат фундаментальные изменения принципов и основ организации производства, механизмов человеко-

машинного взаимодействия, внедрение новых поколений систем комплексной автоматизации производства и развитых моделей искусственного интеллекта. Масштабный характер, скорость происходящих изменений вследствие системного внедрения цифровых технологий и их радикальное трансформирующее влияние на само производство обусловили начало Четвертой промышленной революции.

Развитие парадигмы цифровой экономики в промышленной сфере привело к существенным изменениям в архитектуре современных предприятий, масштаб которых позволил научному сообществу заявить о начале Четвертой промышленной революции, получившей наименование «Индустрия 4.0» (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Этапы развития промышленных революций (построено автором)

На представленной выше схеме автором в графической форме систематизирована последовательность, включающая в себя четыре промышленных революции. Каждая из революций базируется на открытии и

использовании фундаментальных технологий в промышленности, оказавших глубокое трансформирующее влияние на сами принципы и подходы к производству продукции. Рассмотрим кратко основные технологии, которые легли в основу промышленных революций:

- Первая промышленная революция (Индустрия 1.0), которая началась в 1784-м году, базируется, прежде всего, на изобретении и внедрении в производство универсальной паровой машины, разработанной английским изобретателем Джеймсом Уаттом. Применение данного изобретения легло в основу механизации производственных процессов, заменяя мускульную силу за счет использования энергии пара и воды. Использование паровой машины в транспортной сфере позволило создать первые пароходы и локомотивы. Кроме того, в числе перемен, которые принесла с собой Первая промышленная революция, можно назвать появление более совершенных моделей ткацких станков, внедрение которых способствовало развитию текстильной промышленности, а также начало использования в металлургической промышленности каменноугольного кокса вместо древесного угля;
- технологической основой Второй промышленной революции (Индустрии 2.0), начавшейся в 1870-м году, стала электрификация промышленных предприятий, обеспечившая возможность организации конвейерного производства. Кроме того, ее важной вехой является внедрение новых технологий в металлургической промышленности, за счет чего удалось значительно повысить объемы выпуска стали. Значительный вклад в ее развитие внес известный английский изобретатель Генри Бессемер, разработавший технологию получения стали из чугуна посредством созданной им печи-конвертора, благодаря чему был открыт способ производства листовой стали, распространение которой существенным образом повлияло на развитие многих отраслей промышленности;

- Третья промышленная революция (Индустрия 3.0) началась в 1969-м году с созданием первых прототипов программируемых логических контроллеров (ПЛК), использование которых стало одним из первых шагов в области автоматизации производства. На основе ПЛК были разработаны станки с числовым программным управлением, автоматизированные обрабатывающие центры, промышленная робототехника, в совокупности изменившие технологический ландшафт промышленности того времени. Одним из научных направлений, оказавших значимое влияние на развитие современной электроники, стала кибернетика, основы которой были заложены Норбертом Винером. Адаптация и применение его разработок при изготовлении электроники позволили создать первые компьютеры и способствовали развитию прикладных направлений автоматизации производства;
- Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) началась во втором десятилетии нынешнего века и базируется на создании новых программных и аппаратных технологий и систем, использование которых позволяет повысить уровень автоматизации современных промышленных предприятий, степень децентрализации и самоорганизации производства, реализовать новые модели межмашинного и человеко-машинного взаимодействия, а также повысить производительности и отказоустойчивости оборудования. В рамках Четвертой промышленной революции возрастает роль данных, использование которых отдельными ее технологиями становится одним из источников повышения эффективности предприятия, а также позволяет создать совершенно новые возможности для его развития. Кроме того, активное распространение технологий Четвертой промышленной революции способствует трансформации существующих и созданию новых бизнес-моделей, оказывая влияние на развитие целых отраслей промышленности.

Одним из первых центров развития парадигмы Четвертой промышленной революции стали страны Западной Европы. В частности, ее первоначальная

концепция, включавшая в себя методологические основы и исходный набор цифровых технологий, была разработана рядом ученых и экспертов в Германии. Основной исходной предпосылкой к созданию данной концепции послужило стремление к комплексному инновационно-технологическому развитию немецкой обрабатывающей промышленности, а также к максимально эффективному использованию в этой работе тех передовых технологий, которые уже на тот момент демонстрировали весьма высокие возможности по трансформации и повышению эффективности действующих предприятий. Одно из первых упоминаний термина «Индустрия 4.0» прозвучало в немецком рамочном документе «High Tech Strategy 2020 Action Plan», первая версия которого была опубликована еще в 2006-м году. При этом сама Индустрия 4.0 была упомянута лишь в качестве одного из пунктов данного плана в числе 10 «проектов будущего», а ее развитие изначально было нацелено на обеспечение технологического лидерства Германии в сфере машиностроительного производства.

Значительный рост интереса к Индустрии 4.0 происходит в 2012-2014 гг., когда ее технологии и подходы начинают распространяться уже на глобальном уровне, а к их использованию подключаются многие технологически развитые государства. Рост ее востребованности, кроме прочего, обусловлен тем, что к тому времени уже был получен определенный положительный опыт использования ряда входящих в нее технологий, а уже достигнутые результаты способствовали вовлечению в развитие цифровой экономики государственных министерств и ведомств, обеспечивавших финансирование и льготную поддержку инициатив, связанных с цифровой трансформацией. Еще одним важным фактором стало бурное развитие искусственного интеллекта, ставшего одной из основных технологий Четвертой промышленной революции и долгое время ограниченного в своем развитии, в том числе, по причине недостаточной вычислительной мощности компьютерной техники, необходимой для его

обучения и совершенствования.

Наравне с практической реализацией подобных инициатив и проектов, началась активная экспертная и научно-исследовательская работа по разработке методологических основ Четвертой промышленной революции. В настоящее время они пока что находятся в стадии формирования, что обусловлено как относительной новизной самих цифровых технологий, так и недостаточным опытом системного внедрения в промышленности. В частности, группой европейских экспертов в рамках подготовленного ими для Европарламента отчета, посвященного обзору возможностей Индустрии 4.0, предлагается следующее ее определение: «Индустрия 4.0 описывает организацию производственных процессов на основе технологий и устройств, автономно взаимодействующих друг с другом по всей цепочке создания стоимости: это модель «умного» завода будущего, где управляемые компьютерами системы контролируют физические процессы, создают виртуальную копию физического мира и принимают децентрализованные решения на основе механизмов самоорганизации» [261]. Один из наиболее известных идеологов Четвертой промышленной революции Клаус Шваб отмечает радикальный характер изменений, которые сопровождают ее развитие в современной экономике: «Скорость нынешних прорывов не имеет исторического прецедента. По сравнению с предыдущими промышленными революциями, Четвертая развивается не линейными, а экспоненциальными темпами. Более того, она разрушает практически все отрасли промышленности во всех странах. А масштаб и глубина этих изменений предвещают трансформацию целых систем производства, управления и менеджмента» [259].

Собственные определения термина «Индустрия 4.0» были разработаны также рядом ученых и экспертов. Так, Шумахер, Эрл и Син в своем определении рассматривают Индустрию 4.0 через призму конкретных технологий, включая в их состав, прежде всего, Промышленный интернет вещей, технологии облачных

вычислений, интеллектуальную автоматизацию производственных процессов и ряд других технологий. Вместе с тем, они отмечают, что в качестве внешнего контекста для развития ее технологий выступают те системные проблемы, с которыми сталкиваются предприятия [258]. Китайский ученый С. Ванг с коллегами подчеркивает высокую значимость Индустрии 4.0 для развития современных «умных» производств: «Таким образом, «Индустрия 4.0» предполагает вертикальную интеграцию иерархических подсистем для перевода традиционной фабрики в очень гибкую и реконфигурируемую производственную систему, то есть для внедрения «умной фабрики». Это важно для возможности выпуска небольших партий продукции в соответствии с индивидуальными запросами потребителей. «Умная фабрика» также является ключевой базой для поддержки двух других видов интеграции, а именно горизонтальной интеграции через сети создания стоимости и сквозной цифровой интеграции инжиниринга» [270]. Более краткое определение предлагают Кагерманн, Вальстер и Йоханнес: «Индустрия 4.0 открывает новые пути создания стоимости и новые формы занятости, например, за счет предоставления дополнительных услуг. Интеллектуальные алгоритмы могут применяться к большим объемам разнообразных данных (Big Data), регистрируемых интеллектуальными устройствами, для предоставления инновационных услуг» [240].

Основываясь на проведенном анализе существующих дефиниций термина «Индустрия 4.0», с учетом контекста проводимого исследования, нами сформулировано следующее определение, в соответствии с которым под *Индустрией 4.0* понимается *глобальная системообразующая парадигма технологического, экономического, организационного и инновационного развития предприятий, в основе которой лежит внедрение прогрессивных цифровых технологий и аппаратного обеспечения, объединяемых в рамках цифровой инфраструктуры и обеспечивающих прирост эффективности различных подсистем и направлений деятельности предприятий, уровня их автоматизации,*

*гибкости и адаптивности производства.* В число ключевых технологий Индустрии 4.0 входят киберфизические системы, промышленный интернет вещей, искусственный интеллект, интеллектуальные роботы, технологии аддитивного производства (3D-печать), кастомизация (индивидуализация) производимой продукции и другие технологии.

На сегодняшний день значительной частью научного сообщества признается системообразующий характер Индустрии 4.0 как одного из основных мейнстримов технологического развития промышленности. Внедрение ее технологий положило начало переходу от общеизвестных систем автоматизации производства, разработанных в эпоху Третьей промышленной революции, к совершенно новым системам, обеспечивающим значительно более высокий уровень технологической самоорганизации и межмашинного взаимодействия.

Во многом этому способствовало бурное развитие искусственного интеллекта, внедрение которого на производственном уровне предприятия повысило технологические возможности и уровень самоорганизации его локальных автоматизированных подсистем. В основе данных изменений лежит новое поколение высокоавтоматизированных распределенных систем - киберфизических систем. *Под киберфизической системой понимается комплекс производственного и вспомогательного оборудования, сенсорных сетей, датчиков, компьютеров, объединенный единой интеллектуальной информационной средой и способный поддерживать бесперебойность и отказоустойчивость работы оборудования предприятия, его подстройку к изменяющимся условиям на основе реализации механизмов прямой и обратной связи.* Как можно отметить из приведенного определения, от производственных систем более старших поколений киберфизические системы отличает, в первую очередь, именно автономность, благодаря которой внедренный в них искусственный интеллект самостоятельно оценивает их текущее техническое состояние, формирует прогнозные модели, оперативно управляет нагрузкой на



отдельные единицы оборудования. Основанная на принципах кибернетики, подобная система, благодаря действующим в ней датчикам и сенсорам, способна самостоятельно использовать механизмы прямой и обратной связи, проводя достаточно глубокий анализ получаемой информации о собственном состоянии. На практике это позволяет не только существенно повысить техническую эффективность ее работы, но и оперативно предотвращать и устранять различные внутренние сбои, своевременно отключать подачу энергии от отдельного оборудования в случае коротких замыканий или перегрузок электросети, регулировать режимы работы оборудования для минимизации пиковых нагрузок на энергосистему предприятия и т.д. Столь широкие возможности для ее самостоятельного регулирования открываются благодаря тому, что указанная выше интеллектуальная программная среда тесно интегрирована со всеми ее аппаратными элементами. Это позволяет получать детализированную информацию о каждой единице оборудования, действующей в составе киберфизической системы, а на основе ее объединения с остальными данными и их комплексного анализа рассчитывать текущие показатели ее эффективности и работоспособности.

Создание киберфизических систем стало возможным благодаря развитию в последние годы *промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things - IIoT)*, под которым понимается совокупность технологий коммуникации между отдельными единицами оборудования предприятия на основе интеграции в них датчиков, контроллеров, сенсоров и специального программного обеспечения, позволяющих им осуществлять межмашинное взаимодействие на физическом и информационном уровнях без участия человеческого персонала. Первые опыты в сфере создания интернета вещей проводились еще ближе к концу прошлого столетия. Еще в 1982-м году специалисты американской вендинговой компании модифицировали программное обеспечение автомата по продаже газированных напитков, расположенного в Университете Карнеги-Мелон, подключив его к сети

ARPANET. Благодаря этому автомат самостоятельно направлял на сервер данной сети информацию о количестве оставшихся в нем бутылок с напитками, уровне их охлаждения и другие подобные данные.

Широкие дискуссии по поводу перспектив создания интернета вещей развернулись в 90-х годах XX-го века. Развитие Всемирной паутины, высокоуровневого программирования и аппаратной базы различных устройств уже в тот период времени способствовали созданию различных концепций межмашинного взаимодействия. Впервые термин «интернет вещей» был предложен Кевином Эштоном, исполнительным директором Auto-ID Centre и представлен в рамках его презентации для компании Procter & Gamble в 1999-м году. В своем докладе он отметил: «Сегодня компьютеры и, следовательно, интернет почти полностью зависят от информации для людей. Почти все из примерно 50 петабайт (петабайт - 1024 терабайта) данных, доступных в Интернете, были впервые созданы людьми путем набора текста, нажатия кнопки записи, фотографирования или сканирования штрих-кода. Проблема в том, что люди имеют ограниченное время, внимание и точность. Все это означает, что они не очень хорошо умеют собирать данные о вещах в реальном мире. Если бы у нас были компьютеры, которые знали бы все о вещах, используя данные, которые они собирали, без какой-либо помощи от нас, мы были бы в состоянии отследить и посчитать все и значительно сократить потери и затраты» [215].

Масштабное развитие промышленного интернета вещей началось во втором десятилетии XXI-го века, способствуя необратимой трансформации производственно-технологической инфраструктуры предприятий. Подключение к промышленному оборудованию датчиков, сенсоров, исполнительных механизмов, интеллектуальных контроллеров позволило объединить практически все устройства предприятия в единую экосистему. Важной составляющей данной экосистемы выступает рассмотренная выше интеллектуальная программная среда. Благодаря использованию ее ресурсов, устройства и оборудование без участия

человеческого персонала способны регулярно обмениваться данными, на основе совокупности которых машинным интеллектом производится расчет параметров стабильности и функциональности всей системы с фиксацией их отклонения от заданного уровня. Среди ценных технических преимуществ от применения ПоТ для развития производственной системы предприятия можно выделить следующие:

- наличие у руководителей цехов, подразделений и предприятия в целом детальной информации о работе каждой подключенной к сети единицы оборудования в режиме реального времени;
- возможность удаленного контроля производственного оборудования;
- высокий уровень самоорганизации и самоконтроля киберфизической системы на базе ПоТ благодаря использованию искусственного интеллекта;
- эффективная работа логистической системы предприятия благодаря динамическому подходу к анализу потребностей конкретных участков и производственных линий, позволяющая минимизировать временные и финансовые издержки на обеспечение производственного процесса необходимыми материалами и ресурсами;
- постоянное наличие оперативной информации о текущем техническом состоянии оборудования, на основе которой в автоматическом режиме может формироваться график работ по его техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту;
- оптимизация энергетических нагрузок на отдельные подсистемы предприятия за счет анализа энергоемкости подключенного к ПоТ оборудования, за счет чего происходит нивелирование перегрузок на его энергосистему и др.

Важным звеном киберфизических систем, обеспечивающим столь высокую эффективность функционирования предприятия, является искусственный интеллект (ИИ). Методология его развития тесно связана с кибернетикой, теорией

информации, исследованиями в области нейробиологии и рядом других наук, целью применения знаний из которых является создание математических и программных моделей, наиболее точно отражающих принципы человеческого мышления. Создание систем искусственного интеллекта стало возможным благодаря появлению первых ЭВМ, выпущенных в середине прошлого столетия. Именно в тот период времени в научном мире начинаются активные исследования в области математического моделирования процессов человеческого мозга. Учитывая огромную сложность структуры мозга и невозможность его детального повторения в алгоритмах, учеными выделяется в качестве объекта моделирования отдельный уровень его функционирования – сети нейронов, по которым передаются сигналы между его участками и импульсы к отдельным органам и частям тела посредством разветвленной нервной системы. Первая из математических моделей нейронной сети была разработана американскими исследователями Г. Розенблаттом и П. Мак-Кигюком ближе к концу 50-х гг. прошлого столетия и была названа ими «перцептрон». Созданный ими прототип нейронной сети позволял распознавать образы. В качестве эксперимента они загружали в свою нейронную сеть текст, который ей распознавался с учетом регистра букв.

Развитие нейронных сетей в последующие десятилетия столкнулось с рядом проблем, связанных с несовершенством самих алгоритмов, не позволявшим им достичь даже отдаленного соответствия сложности и нелинейности человеческого мышления. Создававшиеся учеными того времени однослойные нейронные сети имели весьма скромные возможности в силу своей структурной простоты и не соответствовали многослойной структуре коры головного мозга. Существенную долю пессимизма в развитие нейронных сетей внесла выпущенная в 1969-м г. работа М. Минского и С. Пайперта «Перцептроны», в которой они математически доказали существенную ограниченность работы искусственной нейронной сети. Эта стагнация продлилась до середины 70-х гг. XX в.

Новый этап развития нейронных сетей начался в середине 1970-х гг. и был связан с созданием первых многослойных сетей, кардинально превзошедших по эффективности прежние однослойные модели. У истоков этого этапа стояли такие ученые как С. Гроссберг, Т. Кохонен и Д. Андерсон, разработавшие модель конкурентного обучения. Японский исследователь К. Фукусима в 1975-м году разрабатывает когнитрон – нейронную сеть для распознавания образов, основанную на принципах самоорганизации. В последующие годы значимые разработки в сфере искусственного интеллекта создают такие ученые как Д. Хопфилд, Р. Хельт-Нильсен, Д. Хайтон и др. Сам искусственный интеллект как научная область со временем структурировался в рамках ряда научно-исследовательских направлений. В число таких направлений вошли:

- эволюционные вычисления;
- модели нечеткой логики;
- системы распознавания образов;
- машинное обучение;
- экспертные системы;
- робототехника;
- распределенные вычисления;
- работа с большими данными (Big Data);
- самообучающиеся интеллектуальные системы и т.д.

На сегодняшний день искусственный интеллект предоставляет крайне широкие возможности для развития современной цивилизации, в значительной степени влияя как на экономику, рынок труда, так и на сферу личной жизни людей. Стремительное развитие и распространение сложных и нелинейных систем искусственного интеллекта практически во всех отраслях экономики уже сегодня приводит к постепенной замене человеческого труда машинным, изменяя, тем самым, спектр возможностей для профессиональной самореализации человека. Как полагает ряд экспертов, к 2025-му году повсеместная цифровизация

с применением искусственного интеллекта приведет к исчезновению целого ряда профессий, в которых на смену человеку придут машинные алгоритмы и роботы. Промышленность выступает одной из тех сфер, в которой цифровизация происходит особенно быстро, охватывая практически все стадии жизненного цикла создания продукта.

В современной науке существует достаточно большое количество дефиниций термина «искусственный интеллект», каждая из которых отражает научный опыт и понимание данного термина конкретным исследователем. Применительно к парадигме Индустрии 4.0 можно предложить следующее определение, согласно которому *искусственный интеллект представляет собой совокупность алгоритмов, моделирующих работу человеческого мышления и логики применительно к решению стандартных и нестандартных задач по анализу, организации, управлению, контролю и регулированию как производственной системы в целом, так и ее отдельных процессов с учетом установленных критериев ее технической, технологической и экономической эффективности*. Рассмотрим более подробно данное определение. Практическое внедрение систем искусственного интеллекта на предприятии представляет собой достаточно сложную задачу, поскольку, зачастую, требуется его адаптация к специфике конкретных производственно-технологических процессов, функций и условий. Далеко не всегда заказчику доступны уже готовые, обученные системы ИИ, т.к. в индустриальной сфере данная парадигма начала активно развиваться лишь в последние десятилетия и для многих отраслей отсутствуют унифицированные программные продукты, которые можно установить «как есть», без дополнительной настройки, адаптации и обучения работе с существующим оборудованием.

В настоящее время у разработчиков систем цифровизации предприятий существует выбор из двух вариантов внедрения систем искусственного интеллекта. Первый из вариантов заключается в закупке и установке

комплексных корпоративных решений от крупных поставщиков. Подобные решения включают в себя специализированную компьютерную технику, ориентированную на специфику технологии искусственного интеллекта и установленное программное обеспечение – многослойные нейронные сети с развитыми алгоритмами машинного обучения. С учетом бурного развития ИИ в последние годы подобные комплексные решения предлагают многие крупные корпорации. Так, к примеру, компания Siemens является разработчиком системы MindSphere – облачной открытой операционной системы с развитыми алгоритмами ИИ для решения широкого круга производственных задач. Корпорация IBM предлагает пользователям целую экосистему продуктов для автоматизации всех функций предприятия, в составе которой особо выделяет IBM Watson, являющийся масштабируемым решением в сфере ИИ с высокой степенью визуализации данных. Компания HP является поставщиком широкого спектра серверного оборудования, объединяемого на основе корпоративной программной платформы глубокого обучения HPE InfoSight. В числе предложений компании Honeywell можно указать платформу Honeywell Forge, также ориентированную на применение ИИ. Отличительной особенностью подобных комплексных решений является то, что их аппаратное обеспечение учитывает специфику вычислений систем ИИ, прежде всего – так называемые нейропроцессоры. К нейропроцессорам относятся процессоры машинного зрения, тензорные процессоры, а также графические процессоры, ускоряющие работу ИИ на основе организации параллельных математических операций и возможности обработки больших объемов данных. В то же время, рассмотренные корпоративные решения являются одними из наиболее дорогостоящих, хотя их закупка и предполагает расширенную сервисную и техническую поддержку поставщиком.

Второй вариант внедрения на предприятии системы ИИ основывается на самостоятельном подборе оборудования и программного обеспечения. Он предполагает необходимость участия в проекте по цифровизации предприятия

команды опытных экспертов и специалистов в области искусственного интеллекта. На основе отраслевой специфики предприятия, его масштабов, существующего промышленного оборудования и особенностей технологических процессов они разрабатывают проект цифровой инфраструктуры под задачи данного предприятия. В проекте формируется конфигурация серверного и вычислительного оборудования, сенсорных сетей и датчиков, а также предполагаемые программные среды для создания модели ИИ. При отсутствии готового программного решения задачей разработчиков является выбор программной среды для формирования нейронных сетей и их обучения на конкретных примерах и задачах, решаемых на предприятии. Для этого на рынке существует достаточно большое число программных платформ для развертывания систем ИИ на предприятиях различного масштаба. В числе таких платформ можно указать TensorFlow, Google Prediction API, Sight Machine, Boulder Imaging, Infosys Nia и др. При их применении требуется выполнение задач по моделированию и обучению нейронных сетей. Подобные решения можно назвать целесообразным выбором для небольших по масштабу предприятий, у которых отсутствуют финансовые ресурсы для закупки и адаптации программно-аппаратных комплексов от известных производителей.

Цифровизация предприятий и внедрение искусственного интеллекта в условиях Индустрии 4.0 связаны с развитыми технологическими системами роботизации производства – интеллектуальными роботами. Под *интеллектуальным роботом* понимается *промышленный робот, обладающий встроенным искусственным интеллектом, различными типами сенсоров и датчиков и способный выполнять широкий круг производственных задач как автономно, так и во взаимодействии с другим оборудованием и человеческим персоналом.* Технологии роботизации производства развивались в мире с 60-х гг. прошлого столетия и началась с единичных экспериментальных разработок. В США такой разработкой стал робот, установленный в 1961-м г. на заводе



Дженерал Моторс. Советские разработчики, проводившие исследования в данной сфере с 30-х гг. XX в., разработали первую модель промышленного робота в Воронеже в 1966-м г. Еще в тот период времени ученые оценивали перспективность подобных разработок, стремясь создать многофункциональный вспомогательный механизм для помощи рабочим при выполнении тяжелых производственных операций. В течение второй половины прошлого века разработки в сфере промышленной робототехники развивались вместе с совершенствованием целого ряда областей, включая электронику, кибернетику, эргономику и др. Непрерывно совершенствуясь, промышленные роботы интегрируют наиболее значимые инновации из этих наук, в соответствии с чем растет как их физический, так и интеллектуальный потенциал. Если первые этапы их создания преимущественно фокусировались на возможности достижения как можно большего числа степеней свобод манипуляторов роботов в пространстве, то последующие разработки, базирующиеся на теории машинного распознавания образов (т.н. «компьютерного зрения») уже были направлены на обеспечение роботов возможностью самостоятельно оценивать точность своих движений и корректировать их в процессе работы.

Совершенствование систем искусственного интеллекта в последнее десятилетие привело к значительному прогрессу и в развитии промышленных роботов. Прежние поколения роботов на большинстве предприятий функционировали в так называемых «безлюдных зонах» - территориях цехов, изолированных от человеческого присутствия в силу высокого риска травматизма персонала при неосторожном приближении к работающим манипуляторам роботов. Это накладывало определенные ограничения на гибкость предприятий и представляло собой преграду на пути к полноценному человеко-машинному взаимодействию.

Развитые системы искусственного интеллекта последнего поколения в совокупности с широким набором датчиков и сенсоров, позволили постепенно

начать стирать эту границу между роботом и человеком. Получившая развитие в контексте Индустрии 4.0 новая концепция роботизации производства получила наименование Cobotics (Collaborative robotics – сотрудничающие роботы). Благодаря внедрению в программное обеспечение роботов алгоритмов искусственного интеллекта с возможностью самообучения повысился уровень эффективности их взаимодействия с физическими объектами, в том числе, с людьми. Если прежние поколения промышленных роботов не обладали такой степенью точности и координации, ориентируясь на выполнение более простых и утилитарных операций, то новое их поколение достигло возможности взаимодействовать с человеческим персоналом, не травмируя его и не создавая для него иных рисков здоровью. Этому способствовало также внедрение в них более совершенных систем «цифрового зрения» и тактильных сенсоров, способных определять и рассчитывать силу нажатия и давления на объект. В настоящее время системы Cobotics находятся в начальной стадии своего развития, но уже сегодня первые из подобных систем успешно применяются на наиболее технологичных производствах. Их дальнейшее распространение, на наш взгляд, постепенно расширит возможности человеко-машинного взаимодействия, в котором робот сможет оказывать непрерывную поддержку и сопровождение специалиста предприятия при выполнении сложных технологических операций, действуя в качестве его полноценного напарника. В число производителей подобных роботов вошли многие ведущие компании, включая ABB, Yaskawa, Fanuc, Kuka и др.

Еще одним важным звеном Индустрии 4.0 является технология аддитивного производства, более известная в широких кругах как 3D-печать, представляющая собой послойное создание как отдельных деталей продукции, так и узлов и соединений на основе разработанной в системе автоматизированного проектирования 3D-модели. Начавшись еще в 1980-е годы как экспериментальные опыты по созданию отдельных деталей путем связывания

порошковых субстанций из различных пластиков клеевым или термическим методом, к настоящему времени аддитивное производство стало одним из важных направлений цифровизации промышленности. Развитие его технологий на сегодняшний день позволяет с высокой точностью производить различные детали, узлы и элементы изделий не только из пластиковых материалов, но также из металла, композитов и керамики. В настоящее время существуют следующие технологии аддитивного производства:

- FDM (Fused deposition modeling) – одна из наиболее распространенных технологий аддитивного производства, основанная на создании модели детали или изделия из расплавленной пластиковой нити;
- SLA (Stereolithography) – лазерная стереолитография, которая реализуется за счет отверждения структуры детали из фотополимерной смолы под воздействием ультрафиолетового лазера;
- MJM (Multi-jet Modeling) – технология отверждения фотополимерной смолы, смешанной с литейным воском, поступающей из печатающей головки 3D-принтера не одной, а несколькими струями;
- SLM (Selective laser melting) – технология селективного спекания металлических порошков, широко применяемая в машиностроении и других отраслях промышленности и др.

Аддитивное производство имеет ряд преимуществ перед традиционными методами обработки деталей. Его применение позволяет экономить материалы за счет того, что в обычном случае с заготовки, превышающей размеры конечной детали, удаляется весь лишний материал, в то время как 3D-печать использует ровно столько материала, сколько необходимо для создания модели. Кроме того, подобный способ производства значительно снижает долю потенциального брака благодаря прецизионной точности современных 3D-принтеров. Использование аддитивных технологий практически полностью исключает возможность физического брака, который может допустить рабочий при обработке детали.

Также сокращается время производства деталей и узлов.

Технологии 3D-печати играют важную роль в развитии такого направления Индустрии 4.0 как кастомизация производства. Под *кастомизацией производства* понимается персонализация отдельных параметров и функций производимой продукции под желания отдельных потребителей или их групп на основе применения гибких и быстро перенастраиваемых участков и линий, аддитивных технологий, динамических моделей производственных процессов. Сама по себе кастомизация используется в качестве инструмента персонализации продукции, направленного на повышение потребительской удовлетворенности. Растущая конкуренция между крупными производителями приводит к необходимости внедрения таких технологий как залогом того, что потребитель сможет получить в свое распоряжение в какой-то степени уникальный продукт, произведенный с учетом его личных пожеланий. Как показывает практика, сама новизна кастомизированной продукции в понимании потребителей выглядит достаточно привлекательной. Возможность воплотить свои пожелания в покупаемом изделии дает потребителю ощущение сопричастности к созданию продукта, отражающего его конкретные пожелания. Кроме того, кастомизация представляет собой объективно важную тенденцию в производстве изделий медицинского назначения, параметры которых должны соответствовать параметрам самого пользователя. Среди таких изделий, к примеру, можно назвать различные виды внешних протезов, продукции для эндопротезирования, стоматологии и т.д. В этом случае возможность персонализации изделия под конкретного клиента способна в значительной степени определять качество его жизни.

Сами базовые принципы Индустрии 4.0 свидетельствуют о постепенной трансформации предприятия в постоянно развивающуюся на основе цифровых технологий систему. Будущее промышленности в условиях Четвертой промышленной революции, по мнению ряда ученых, заключается в постоянной эволюции и конвергенции технологий, все большем сближении машинного и

человеческого разума вокруг решения ключевых проблем ее развития. При этом, подобно тому, как человек совершенствует цифровые технологии, так, со временем, и искусственный интеллект начнет все больше влиять на экономику и окружающий мир. И в этом контексте можно отметить, что Индустрия 4.0 как крупное направление развития экономики и промышленности предполагает коэволюцию (совместную эволюцию) человека и машины, в результате которой кардинальным образом изменится не только сама промышленность, но и баланс при их взаимодействии.

Важным свойством предприятий, создающихся или трансформирующихся в соответствии с парадигмой Индустрии 4.0 выступает открытость их архитектуры для дальнейшего развития и организационных преобразований. Из строго локальной и технологически ограниченной структуры они становятся, по сути, открытыми системами с возможностью эффективной организационной интеграции с другими структурами из внешней среды, в том числе в целях объединения отдельных элементов цифрового потенциала в рамках совместно развиваемой цифровой инфраструктуры. При этом подобный подход позволяет им активно задействовать имеющийся цифровой потенциал в рамках осуществляемой кооперации и получать возможность реализации более крупных проектов. Одним из наиболее перспективных типов интегрированных организационных структур в современной промышленности выступают кластеры, понятие, сущность и классификация которых будут рассмотрены в следующем параграфе диссертационного исследования.

### **1.3. Понятие, сущность и классификация кластеров в промышленной сфере**

«Организационное развитие предприятий в условиях роста их внутренней сложности как социально-технологических систем является предметом активных исследований ученых из различных стран на протяжении всех последних десятилетий. Традиционное восприятие предприятия как исключительно локальной структуры, характерное для классической теории организации, постепенно уходит в прошлое. Среди причин изменений в понимании его организационной сущности многие исследователи чаще всего называют глобализацию, ужесточение конкуренции на большинстве рынков, необходимость постоянного повышения эффективности внутренних процессов и снижения различных типов издержек, распространение инновационных технологий организации производства, а также изменение глобального облика промышленности» [144].

Происходящие в современном мире процессы глобализации изменяют баланс сил на большинстве мировых рынков, в результате чего технологическое лидерство отдельных государств и производителей превращается из константы в переменную. Открытость этих рынков способствует ужесточению конкурентной борьбы между производителями в условиях, когда инновации перестают быть некой привилегией лишь крупных и авторитетных корпораций, а в их разработку включаются, зачастую, малоизвестные компании и стартапы. При этом, потребители обладают возможностью приобретать как продукты корпораций, так и изделия, создаваемые компаниями и предприятиями меньшего масштаба. Имея доступ к различным рыночным предложениям, они проявляют более взыскательное отношение к продукту, критически оценивая не столько авторитетность бренда производителя, сколько его функциональные возможности и нововведения, доступность цены и уровень сервисной поддержки. Это делает

конкуренцию на рынках инновационной продукции и услуг особенно жесткой, когда авторитетные производители уже не могут быть уверены в незыблемости своего рыночного лидерства и вынуждены постоянно стремиться к повышению гибкости и адаптивности собственных предприятий к непрерывно изменяющимся рыночным трендам и потребительским предпочтениям.

Еще одной важной целью современных предприятий, наравне с гибкостью и адаптивностью, является стремление к непрерывному повышению собственной организационной, экономической и технологической эффективности. В эпоху глобальной конкуренции само понятие эффективности связано не только с увеличением прибыли и рентабельности, но и с формированием необходимых резервов для обеспечения своевременной модернизации и трансформации предприятия, реализацией новых перспективных проектов в соответствии с общим инновационным развитием отрасли.

Современный инновационно-инвестиционный проект представляет собой сложный комплекс процессов, развивающихся в различных плоскостях деятельности предприятий. Его начальной точкой, в большинстве случаев, выступают маркетинговые исследования, призванные выделить те перспективные тренды, работа в соответствии с которыми позволит предприятию извлечь максимальный экономический эффект. От выбора тренда зависит то задание, которое получает команда разработчиков продукта или технологии, осуществляющая научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. В свою очередь, результаты ее работы влияют на дальнейший процесс производства новшества, которое, пройдя стадию коммерциализации, станет полноценной инновацией. В частности, разработанная инженерная модель обладает требованиями к точности производственного оборудования, материалам и технологиям производства. Соответствие технического уровня предприятия и степени его автоматизации требованиям к производству нового продукта определяет долю брака, и, как следствие, масштабы работы его сервисной службы после обращения потребителей. Хотя цикл создания инновации был рассмотрен

автором в весьма упрощенной форме, из него можно отметить тесную взаимосвязь процессов ее производства, а также влияние на них непосредственно уровня организации производства. Эффективность при работе в инновационной среде в этом контексте означает для предприятия его способность предвидеть дальнейшую эволюцию приоритетных инновационных трендов с соответствующей реакцией в виде изменения собственной структуры, производственных цепочек, внедрения новых технологий и оборудования для сохранения или расширения имеющейся рыночной доли.

«Поиск оптимальных форм организации производства в инновационной сфере в последние десятилетия привел ученых к идее создания кластеров. Сами по себе кластеры не являются для научного сообщества новой идеей. Впервые концепция кластера была разработана в конце 80-х – начале 90-х гг. прошлого столетия американским экономистом Майклом Портером и представлена в книге «Конкурентные преимущества стран», опубликованной в 1990-м г. Впоследствии он расширяет собственное определение термина «кластер» в исследовании «Clusters and the new economics of competition», опубликованном в Harvard Business Review в 1998-м году: «Кластеры - это консолидированные по географическому признаку взаимосвязанные компании и учреждения в определенной области. Кластеры охватывают целый ряд взаимосвязанных отраслей и других субъектов, имеющих важное значение для конкуренции. К ним относятся, например, поставщики специализированных ресурсов, таких как компоненты, оборудование и услуги, а также поставщики специализированной инфраструктуры. Кластеры также часто распространяют свою деятельность на создание каналов к клиентам и формирование связей с производителями дополнительных продуктов, другими отраслевыми компаниями, владеющими аналогичными навыками, технологиями или общими ресурсами. Наконец, многие кластеры включают правительственные и другие учреждения, такие как университеты, агентства по стандартизации, организации профессионального образования и торговые ассоциации, которые обеспечивают специализированную



подготовку, образование, информацию, исследования и техническую поддержку» [253]. Как видно из представленного определения, сам Портер дает термину «кластер» максимально широкую трактовку, оставляя другим ученым и экспертам пространство для его модификаций в соответствии с более глубоким исследованием его отдельных аспектов» [144].

Анализируя понятие кластера с исторических позиций, можно отметить, что сама идея интеграции совокупности производителей по географическому признаку не является абсолютно новой. Еще в начале XX-го века известный экономист Альфред Маршалл обнаружил возникновение ценных с экономической точки зрения эффектов от объединения производителей в рамках индустриально развитых районов: обмен знаниями о технологиях производства между его жителями, экономия средств за счет совместного использования общих ресурсов и привлечение большего числа покупателей за счет широкой известности в городской среде подобных индустриальных районов [242]. В то же время, следует отметить, что теория индустриальных районов А. Маршалла представляет подобные агломерации в качестве куда более упрощенной концепции по сравнению с теорией кластеров Портера, затрагивая лишь базисные экономические эффекты и рассматривая кооперацию между отдельными мастерами и ремесленниками, а не промышленными предприятиями.

«Развитие высокотехнологичных отраслей промышленности по всему миру в конце XX-го – начале XXI-го веков способствовало росту как научного, так и практического интереса к кластерам. В последующие годы многие ученые активно включились в исследования и развитие кластерной теории, предлагая собственные определения данного понятия. К примеру, С. Розенфельд учитывает в качестве важного признака кластера наличие у него эффекта взаимодействия: «Кластер, как правило, используется для представления концентрации фирм, способных достигать синергетического эффекта из-за их географической близости и взаимозависимости, даже если их уровень совместной производственной активности может быть не сильно выражен или заметен»

[255]» [144].

Р. Оаки, М. Киплинг и С. Уилдгаст отмечают двоякую природу процесса кластеризации: «Физическая кластеризация существует там, где предприятия располагаются в непосредственной близости друг от друга, без каких-либо функциональных связей между ними и без получения какой-либо особой выгоды от их местоположения. Функциональная кластеризация возникает, когда фирмы получают некоторую выгоду от близости друг к другу, и эти преимущества объясняют, почему происходит совместное размещение» [247]. Ван дер Берг с коллегами в своем определении обобщают дефиниции, предложенные другими учеными, с позиции экономической и индустриальной географии, отмечая наличие в кластере также возможности обмена знаниями: «Популярный термин кластер наиболее тесно связан с локальным или региональным измерением сетей... Большинство определений предлагает понятие кластеров как локализованных сетей специализированных организаций, производственные процессы которых тесно связаны посредством обмена товарами, услугами и/или знаниями» [268].

Голландский ученый Т. Роландт с соавторами предлагает следующее определение: «Кластеры можно охарактеризовать как сети производителей, состоящие из сильно взаимозависимых фирм, связанных друг с другом в единой производственно-сбытовой цепочке» [254]. П. Кук и Р. Хаггинс в своем определении отмечают важность наличия у кластера развитой инфраструктуры как одного из важных критериев эффективности его функционирования: «Географически близкие фирмы в вертикальных и горизонтальных отношениях, включающих локализованную инфраструктуру поддержки предприятий с общим видением развития для роста бизнеса, основанного на конкуренции и сотрудничестве в конкретной области рынка» [225].

«В свою очередь, Д. Симми и Д. Сеннет предлагают следующее определение инновационного кластера: «Мы определяем инновационный кластер как большое количество взаимосвязанных промышленных и/или

сервисных компаний, имеющих высокую степень взаимодействия, как правило, через цепочку поставок, и работающих в одинаковых рыночных условиях» [260]» [144].

Авторитетный эксперт в сфере глобализации экономики Питер Дикен в своем определении термина «кластер» делает акцент на наличие у него паттернов (шаблонов) взаимодействия его участников. Он отмечает, что для кластеров характерны такие качества как наличие у них локализованных паттернов поиска инноваций, коммуникаций, обмена знаниями, научно-исследовательской деятельности и др. [228].

«Как можно отметить из приведенных выше определений, в настоящее время в научной сфере отсутствует единственная и общепризнанная дефиниция термина «кластер». Большинство исследователей фокусируют свое внимание на его отдельных качествах и особенностях, связанных как с внутренним взаимодействием, инфраструктурными элементами, так и с механизмами развития во внешней среде. В этой связи автором было разработано собственное определение данного термина, в соответствии с которым *кластер представляет собой объединяемый по географическому принципу комплекс предприятий из одной или смежных отраслей промышленности, вспомогательных и сервисных организаций, в рамках которого участники имеют возможность реализации единоличных и совместных проектов, использования общей инфраструктуры и ресурсов, формирования сквозных бизнес-процессов, цепочек и технологических циклов с целями снижения различных типов издержек, повышения экономической эффективности и получения иных выгод, в том числе, за счет образующегося синергетического эффекта.* Из представленного определения можно отметить, что, помимо географического критерия, традиционно используемого в качестве одного из основных при выявлении кластеров, автором также учитывается отраслевая принадлежность входящих в него предприятий. Как правило, большинство кластеров формируется из предприятий, входящих в одну или смежные отрасли. Наличие этого фактора позволяет соответствующим образом

выстраивать его инфраструктуру, вовлекая в его состав вспомогательные и сервисные организации требуемого профиля, которые обладают необходимыми отраслевыми компетенциями и специализированным оборудованием» [144].

«Еще одним важным фактором выступает свобода предприятий кластера в выборе вариантов сотрудничества при реализации проектов. Их участие в кластере не должно предполагать принудительных мер относительно сотрудничества с другими участниками. К примеру, если фармацевтическая компания, являющаяся членом кластера, разрабатывает инновационный лекарственный препарат, то она должна иметь возможность его самостоятельного патентования и производства без необходимости привлечения к этому процессу других участников. При этом ее выгоды от работы в составе кластера заключаются в использовании его инфраструктуры, услуг вспомогательных организаций, наработанных каналов сбытовой сети кластера и т.д.» [144].

«В случае, если предприятие участвует с другими членами кластера в совместных проектах, его выгода, наравне с обозначенными выше преимуществами, заключается в разделении с ними рисков, финансовой нагрузки, затрат временных, интеллектуальных и технических ресурсов за счет формирования сквозных бизнес-процессов, цепочек поставок и технологических процессов. Благодаря подобной интеграции становится возможным достижение синергетического эффекта (эффекта взаимодействия), превышающего сумму экономических эффектов от деятельности участников кластера. Его появлению способствует высокая степень внутренней взаимосвязанности и непротиворечивости элементов кластера как системы и гармонизации связей между ними, благодаря чему кластер постепенно становится целостной социально-технологической экосистемой» [144].

Наличие столь широкого спектра преимуществ, получаемых участниками вследствие кластерной интеграции, способствовало развитию активной практической деятельности по формированию кластеров во многих государствах. Большинство из проектов были поддержаны правительствами и профильными

министерствами стран, а сами кластеры стали одним из наиболее влиятельных направлений развития инновационной промышленности во всем мире. Целенаправленное создание кластеров по методологии Портера в США, Европе и ряде стран Азии началось еще в первой половине 90-х гг. прошлого века. Россия по данному направлению, к сожалению, отстала от лидеров кластеризации промышленности и экономики по причине длительного экономического кризиса, наступившего после распада Советского Союза.

В этой связи, первые действия по стимулированию процессов кластерной интеграции в России начались лишь в 2008-м г. в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации № 1662-р от 17 ноября 2008 г. «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года». Вторым значимым нормативно-правовым актом, предусматривающим создание кластеров в качестве одного из инструментов развития инновационной экономики, стало Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2227-р от 08 декабря 2011 г. «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года». В соответствии с положениями данных документов, а также, руководствуясь Распоряжением Президента России, полученным в рамках заседания Президиума Государственного Совета РФ от 11 ноября 2011 г., в начале 2012-го года Министерством экономического развития РФ была инициирована программа развития инновационных территориальных кластеров. В рамках ее реализации был объявлен конкурс для отбора передовых кластерных инициатив по всей территории России с предоставлением его победителям существенной поддержки в виде бюджетных субсидий, особого налогового режима и т.д.

По итогам проведенного конкурса экспертами были отобраны 27 проектов, на основе которых были сформированы пилотные территориальные инновационные кластеры. В 2017-2018-х гг. сотрудниками Высшей школы экономики было проведено развернутое исследование, позволившее оценить как масштабы их развития, так и эффективность деятельности созданных кластеров

[36, 37]. Ими был проведен анализ экономического и структурного развития созданных пилотных кластеров. Среди ключевых результатов, достигнутых кластерами за период с 2013-го по 2015-й годы, отмечаются следующие:

- благодаря созданию пилотных кластеров было создано и модернизировано более 95 тыс. высокопроизводительных рабочих мест;
- прирост объема произведенной продукции составил 429 млрд. руб. (в постоянных ценах 2013-го года);
- при вложении государственных инвестиций в развитие кластеров в размере более 98 млрд. руб. приток частных инвестиций составил более 360 млрд. руб.;
- более 40 тыс. человек из числа сотрудников кластеров прошли профессиональную переподготовку;
- объем совместных НИОКР участников кластеров составил более 75 млрд. руб. (в постоянных ценах 2013-го года).

Следующим этапом развития пилотных территориальных инновационных кластеров стал инициированный Минэкономразвития РФ в 2016-м году приоритетный проект «Развитие инновационных кластеров – лидеров инвестиционной привлекательности мирового уровня» с целью выбора и поддержки наиболее перспективных кластерных структур, способных стать ключевыми опорными точками национальной инновационной системы. В соответствии с проведенным среди них конкурсом, были отобраны 12 кластерных образований, сводные данные о которых консолидированы автором в нижеследующей таблице (табл. 1.2) [36]» [144].

«Кластеры, вошедшие в проект Минэкономразвития РФ «Развитие инновационных кластеров – лидеров инвестиционной привлекательности мирового уровня» (построено автором по данным [36])

№ п/п	Наименование кластера	Региональная принадлежность кластера	Количество участников кластера	Научно-технологическая специализация кластера	Успешно реализованные проекты
1.	Инновационный кластер «Фармацевтика, биотехнологии и биомедицина»	Калужская область	<p>Всего 63 организации, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 44 малых предприятия;</li> <li>• 13 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 6 иных участников.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Синтез активных фармацевтических субстанций.</li> <li>2. Технологический инжиниринг.</li> <li>3. Ядерная медицина.</li> <li>4. Биотехнологии.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработан ряд препаратов импортозамещения с переносом технологий производства.</li> <li>2. Разработана технология и организация производства установки для высокоэффективной лучевой терапии протонным пучком.</li> </ol>
2.	Инновационный кластер Красноярского края Технополис «Енисей»	Красноярский край	<p>Всего 59 организаций, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 32 малых предприятия;</li> <li>• 14 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 13 иных участников.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электроника и микроэлектроника.</li> <li>2. Обработка и системы защиты информации, документооборот.</li> <li>3. Проектирование и моделирование, создание прототипов.</li> <li>4. Контроль обработки и логистика.</li> <li>5. Медицина, здоровье человека.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработана модульная платформа для создания малых космических аппаратов.</li> <li>2. Разработана технология энергопреобразования нового поколения.</li> </ol>

№ п/п	Наименование кластера	Региональная принадлежность кластера	Количество участников кластера	Научно-технологическая специализация кластера	Успешно реализованные проекты
				6. Электронное здравоохранение	
3.	Инновационный территориальный кластер машиностроения и металлообработки «Долина машиностроения»	Липецкая область	118 организаций, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 66 малых предприятий;</li> <li>• 19 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 33 иных участника.</li> </ul>	1. Электроника и микроэлектроника. 2. Промышленное производство. 3. Контроль обработки и логистика. 4. Материаловедение. 5. Транспорт и транспортные технологии. 6. Другие производственные технологии.	1. Производство трехфазных асинхронных и синхронных электродвигателей для широкого спектра оборудования. 2. Производство инновационных обрабатывающих центров, оснащенных собственной системой числового программного управления.
4.	Консорциум инновационных кластеров Московской области	Московская область	238 организаций, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 118 малых предприятий;</li> <li>• 105 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 15 иных участников.</li> </ul>	1. Электроника и микроэлектроника. 2. Обработка и системы защиты информации, документооборот. 3. Информационные технологии, интегрированные средства передачи данных. 4. Мультимедиа. 5. Телекоммуникации и электронные сети. 6. Дизайн и моделирование, создание прототипов. 7. Энергоэффективность. 8. Медицина, здоровье человека и др.	1. С применением нанотехнологий созданы уникальные мицеллированные растворы для применения в пищевой промышленности. 2. Разработаны капиллярные фильтры и другое оборудование для гемодиализа. 3. Созданы инжиниринговые и научно-образовательные центры на территории



№ п/п	Наименование кластера	Региональная принадлежность кластера	Количество участников кластера	Научно-технологическая специализация кластера	Успешно реализованные проекты
					Московской области.
5.	Научно-производственный кластер «Сибирский наукополис»	Новосибирская область	246 организаций, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 170 малых предприятий;</li> <li>• 40 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 36 иных участников.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Синтез активных фармацевтических субстанций.</li> <li>2. Технологический инжиниринг.</li> <li>3. Ядерная медицина.</li> <li>4. Электроника и микроэлектроника.</li> <li>5. Обработка и системы защиты информации, документооборот.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создан самый большой в России инкубатор технологий со всей необходимой инфраструктурой.</li> <li>2. Построен уникальный биотехнопарк.</li> <li>3. Создан первый в России медицинский технопарк на основе государственно-частного партнерства.</li> </ol>
6.	Нефтехимический территориальный кластер	Республика Башкортостан	200 организаций, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 малых предприятий;</li> <li>• 30 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 70 иных участников.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контроль обработки и логистика.</li> <li>2. Технологии строительства.</li> <li>3. Материаловедение.</li> <li>4. Транспорт и транспортные технологии.</li> <li>5. Химия и др.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Спроектирована модель нефтеперерабатывающего завода с применением инновационных экологически чистых технологий.</li> <li>2. Производятся смазки для сухого и мокрого волочения проволоки из легированной, углеродистой сталей, оцинкованной проволоки.</li> </ol>
7.	Инновационный кластер «Светотехника и оптоэлектронное приборостроение»	Республика Мордовия	50 организаций, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 малых предприятия;</li> <li>• 10 средних и крупных предприятий;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электроника и микроэлектроника.</li> <li>2. Материаловедение.</li> <li>3. Производство, передача и</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработаны инновационные технологии выращивания</li> </ol>

№ п/п	Наименование кластера	Региональная принадлежность кластера	Количество участников кластера	Научно-технологическая специализация кластера	Успешно реализованные проекты
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 17 иных участников.</li> </ul>	<p>преобразование энергии.</p> <p>4. Возобновляемые источники энергии.</p> <p>5. Энергоэффективность.</p> <p>6. Физика.</p> <p>7. Измерительные приспособления.</p>	<p>монокристаллов карбида кремния для импортозамещения компонентной базы силовой электроники.</p> <p>2. Организовано первое в России производство телекоммуникационного оптического волокна.</p>
8.	Камский инновационный территориально-производственный кластер	Республика Татарстан	<p>282 организации, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 176 малых предприятий;</li> <li>• 36 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 70 иных участников.</li> </ul>	<p>1. Транспорт и транспортные технологии.</p> <p>2. Материаловедение.</p> <p>3. Производственные технологии.</p> <p>4. Электроника и микроэлектроника.</p> <p>5. Производство, передача и преобразование энергии.</p> <p>6. Контроль производственных процессов и логистика.</p>	<p>1. Производится и выведен на рынок многоцелевой роботизированный комплекс третьего поколения для медицины и промышленности.</p> <p>2. Производятся электробусы большого и особо малого класса.</p> <p>3. Разработана система эстафетных междугородных перевозок с применением сменных кузовов.</p>
9.	Инновационный территориальный аэрокосмический кластер	Самарская область	<p>67 организаций, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 26 малых предприятий;</li> <li>• 16 средних и крупных предприятий;</li> </ul>	<p>1. Электроника и микроэлектроника.</p> <p>2. Обработка и системы защиты информации, документооборот.</p>	<p>1. Разработана многоуровневая система оперативного зондирования Земли с</p>

№ п/п	Наименование кластера	Региональная принадлежность кластера	Количество участников кластера	Научно-технологическая специализация кластера	Успешно реализованные проекты
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 иных участников.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Информационные технологии, интегрированные средства передачи данных.</li> <li>4. Контроль обработки и логистика.</li> <li>5. Технологии строительства.</li> <li>6. Космические технологии.</li> <li>7. Накопление и передача энергии и др.</li> </ol>	<p>применением интегрированной группировки беспилотных летательных аппаратов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Разработаны и произведены уникальные наноспутники для изучения пространственно-временной модели термосферы Земли.</li> </ol>
10.	Инновационный территориальный кластер «Smart Technologies Tomsk»	Томская область	<p>183 организации, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 165 малых предприятий;</li> <li>• 6 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 12 иных участников.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электроника и микроэлектроника.</li> <li>2. Обработка и системы защиты информации, документооборот.</li> <li>3. Дизайн и моделирование.</li> <li>4. Контроль обработки и логистика.</li> <li>5. Медицина, здоровье человека.</li> <li>6. Электронное здравоохранение.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработан набор инструментов для проведения малоинвазивных эндовидеохирургических операций.</li> <li>2. Разработана и находится в стадии коммерциализации программная система MexBIOS, предназначенная для использования в блоках управления электродвигателями.</li> </ol>
11.	Инновационный кластер Ульяновской области	Ульяновская область	<p>125 организаций, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 93 малых предприятия;</li> <li>• 8 средних и крупных</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дизайн и моделирование, создание прототипов.</li> <li>2. Промышленное</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создан нанотехнологический центр для реализации</li> </ol>

№ п/п	Наименование кластера	Региональная принадлежность кластера	Количество участников кластера	Научно-технологическая специализация кластера	Успешно реализованные проекты
			предприятий; <ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 иных участника.</li> </ul>	производство. 3. Контроль обработки и логистика. 4. Технологии строительства. 5. Материаловедение. 6. Космические технологии. 7. Медицина, здоровье человека. 8. Биология, биотехнологии. 9. Исследования генома и др.	стартапов. 2. Построен детский технопарк «Кванториум». 3. Организован Форум «Топ-100 лучших инженеров».
12.	Объединенный инновационный кластер «Инноград науки и технологий»	Санкт-Петербург	260 организаций, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 144 малых предприятия;</li> <li>• 80 средних и крупных предприятий;</li> <li>• 36 иных участников.</li> </ul>	1. Электроника и микроэлектроника. 2. Обработка и системы защиты информации, документооборот. 3. Информационные технологии, интегрированные средства передачи данных. 4. Мультимедиа. 5. Телекоммуникации и электронные сети. 6. Промышленное производство. 7. Контроль, обработка и логистика. 8. Медицина, здоровье человека и др.	1. Создан Региональный инжиниринговый центр в области микрореакторного синтеза активных фармацевтических субстанций. 2. Создан Региональный инжиниринговый центр «Развитие рынка систем безопасности информационных и киберфизических систем».

Кроме того, активная работа по развитию кластеров проводится также Министерством промышленности и торговли РФ. Одним из основополагающих документов при ее реализации стал Федеральный закон от 31.12.2014 Г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации». Еще одним значимым нормативно-правовым актом стало Постановление Правительства РФ от 31 июля 2015 г. № 779 «О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров», в рамках которого были установлены требования к промышленным кластерам, соответствие которым необходимо для возможности применения к ним механизмов государственного стимулирования в соответствии с законом № 488-ФЗ».

Активная реализация государственной политики, проводимой Минэкономразвития РФ и Минпромторгом РФ в области развития кластеров в различных отраслях, позволила за прошедшие годы достичь определенных результатов. Согласно данным системы непрерывного мониторинга процессов развития кластеров, созданной специалистами Российской кластерной обсерватории Высшей школы экономики в рамках электронного портала «Карта кластеров России», к 2020-му году на территории нашей страны действует 119 кластеров [96]. В среднем один кластер, представленный на портале, включает в себя 32 организации и/или предприятия, обладая штатом сотрудников порядка 12 тысяч человек [96].

Проанализируем рассматриваемую совокупность кластеров по основным критериям, характеризующим их масштаб и структурные показатели. В первую очередь, следует провести анализ указанной совокупности с точки зрения распределения кластеров по критерию числа входящих в их состав предприятий и организаций (рис. 1.13) [96].

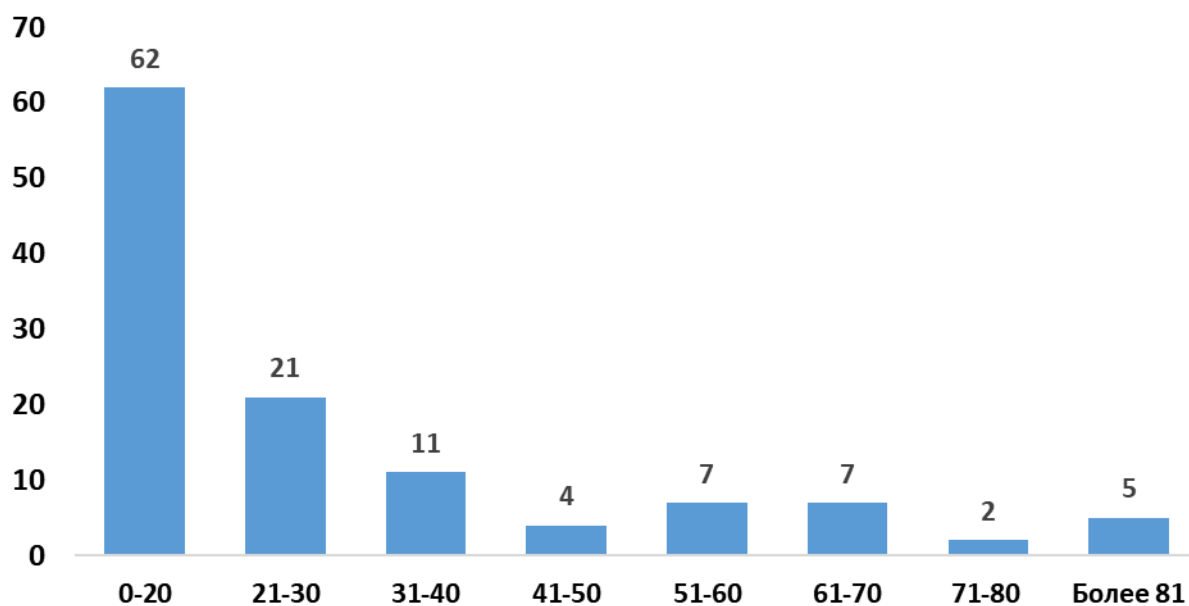


Рис. 1.13. Распределение кластеров по критерию количества входящих в их состав предприятий и/или организаций (построено автором по данным [96])

Как можно отметить из данных, приведенных на диаграмме, наибольшую долю (62 кластера) занимают структуры, в состав которых входит до 20 предприятий и/или организаций. На втором месте (21 кластер) располагаются кластеры, в структуру которых входит от 21 до 30 участников, а третье место занимают кластеры, включающие в себя от 31 до 40 участников. Остальные категории кластеров включают в себя меньшее число структур. Сложившееся распределение свидетельствует о том, что наиболее активно развивающимися в российской экономике являются относительно компактные кластерные структуры.

С точки зрения достигнутого кластерами уровня организационного развития они подразделяются на три категории:

- начальный уровень развития – 87 кластеров;
- средний уровень развития – 22 кластера;
- высокий уровень развития – 10 кластеров [96].

Еще одним показателем, характеризующим действующие кластеры, является численность их работников (рис. 1.14) [96].

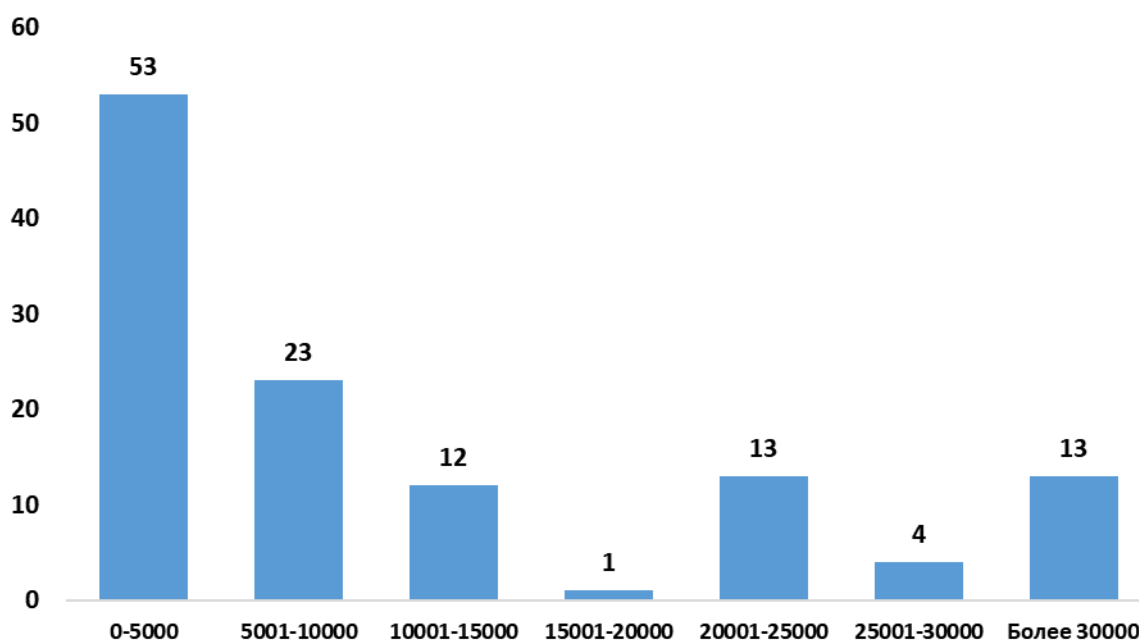


Рис. 1.14. Распределение кластеров по критерию численности работников (построено автором по данным [96])

Анализируя данные, приведенные на рис. 1.14, можно увидеть, что наибольшую долю занимают структуры, численность работников которого составляет до 5000 человек – 53 кластера. На втором месте (23 кластера) находится категория кластерных структур, в штате предприятий и организаций которых в совокупности работает от 5001 до 10000 сотрудников. Третье место (13 кластеров) занимают структуры, совокупный штат работников которых составляет от 20001 до 25000, а также более 30000 человек.

С точки зрения показателя вхождения в существующие реестры и программы государственной поддержки данная совокупность кластеров распределилась следующим образом (рис. 1.15) [96].

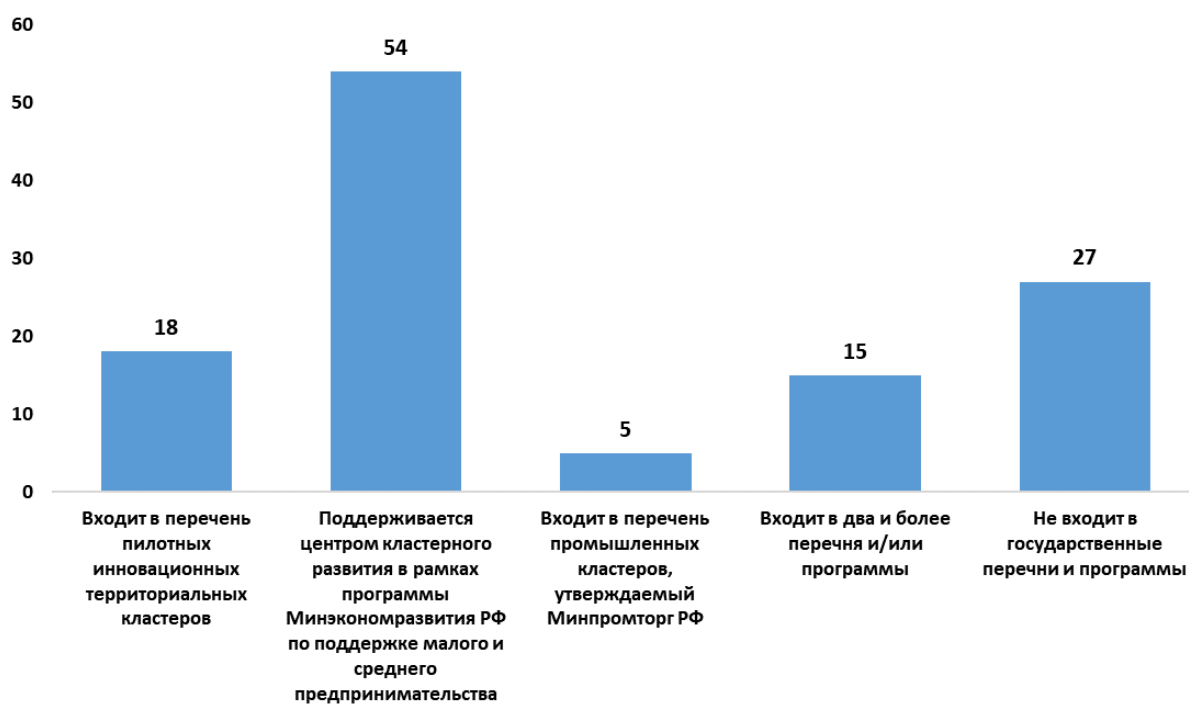


Рис. 1.15. Распределение кластеров с точки зрения их вхождения в существующие реестры и программы государственной поддержки (построено автором по данным [96])

Как можно отметить на основе приведенными на рис. 1.15 данных, в перечень пилотных инновационных территориальных кластеров входит 18 кластеров. В свою очередь центром кластерного развития в рамках программы Минэкономразвития РФ по поддержке малого и среднего предпринимательства поддерживается 54 кластера. При этом в перечень промышленных кластеров, утвержденных Минпромторг РФ, входит 5 структур. В два и более перечня и/или программы входит 15 кластеров, а 27 кластеров не входит в существующие перечни и программы [96]. Как показал проведенный анализ, зачастую, в две и более программы и/или перечня входят уже достаточно развитые кластерные структуры, обладающие средним или высоким уровнем организационного развития. В свою очередь, к числу не вошедших в программы или перечни, прежде всего, относятся кластеры, обладающие начальным уровнем организационного развития.

Выше автором были рассмотрены как теоретические основы, сущность кластеров, их определения с позиции отдельных аспектов функционирования,



так и те проекты по их созданию, которые были успешно реализованы в России. Имеющийся опыт их практического формирования позволяет сделать вывод о том, что российская промышленность обладает достаточно высоким потенциалом для кластерного развития как пути к развитию гибкой и адаптивной к изменениям на глобальных рынках промышленности.

«Решение практических задач по выявлению существующих и созданию новых кластеров требует наличия определенного инструментария, используемого организаторами кластера. Одним из важных прикладных инструментов выступает классификация кластеров, на основе применения которой разработчики проекта по созданию кластера определяют его вид в контексте различных классификационных критериев. В рамках проведенного исследования автором была сформирована следующая классификация кластеров (табл. 1.3)» [144].

«Таблица 1.3

Классификация кластеров (построено автором)

№ п/п	Критерий классификации	Виды кластеров
1.	Географическое распределение участников кластера	Кластеры, формируемые в границах одного региона
		Кластеры, создаваемые на базе предприятий из двух и более регионов
		Международные кластеры
2.	Уровень организационного развития кластера	Функционирующие устойчивые кластеры
		Формируемые кластеры
		Планируемые кластеры
		Латентные (скрытые) кластеры
3.	Отраслевая специализация участников кластера	Кластеры из предприятий и организаций, принадлежащих к одной отрасли
		Кластеры, создаваемые из участников, относящихся к разным отраслям
4.	Исходные организационные условия для формирования кластера	Кластеры, создаваемые на основе существующих предприятий и действующей инфраструктуры
		Кластеры, формируемые путем создания новых предприятий и инфраструктурного комплекса» [144]

5.	«Ориентация производственной политики кластера на создание инноваций»	Кластеры, выпускающие продукцию без инновационной составляющей
		Кластеры, производящие инновационную продукцию
6.	Уровень государственного участия	Кластеры, созданные на основе государственных предприятий и организаций инфраструктуры
		Кластеры, созданные на основе государственных и частных предприятий и организаций
		Кластеры, сформированные из частных предприятий и организаций инфраструктуры
7.	Участие кластера в государственных программах развития экономики	Кластеры, сформированные в рамках действующих государственных программ профильных министерств и ведомств
		Кластеры, созданные на инициативной основе руководством предприятий и организаций
8.	Рыночный масштаб кластера	Кластеры, ориентированные на выпуск продукции для внутреннего рынка
		Кластеры, производящие продукцию для мировых рынков
9.	Структурная модель кластера	Производственные кластеры
		Инновационные кластеры
		Научно-образовательные кластеры
10.	Ориентированность кластера на повышение собственной энергоэффективности	Кластеры, не занимающиеся внедрением энергоэффективных технологий
		«Энергоэффективные кластеры» [144]

«Рассмотрим подробнее специфику отдельных видов кластеров в соответствии с приведенной в таблице 1.3 классификацией. Одним из базовых критериев классификации является географическое распределение его участников, в зависимости от которого различают следующие виды кластеров: формируемые в границах одного региона; создаваемые на основе предприятий из двух и более регионов; международные. Кластеры, которые ограничены территорией одного региона, являются наиболее распространенными в силу относительной простоты их создания по сравнению с более масштабными структурами. Они позволяют в полной мере использовать преимущества географической близости его участников, создавая совместную

инфраструктуру, а также привлекая руководство региона при необходимости обеспечения государственной поддержки. Как правило, в построении подобного кластера принимает участие одна специализированная организация, действующая в интересах его участников, а сама деятельность кластера ориентирована на развитие экономики данного региона» [144].

«Межрегиональные кластеры, создаваемые с привлечением предприятий из двух и более регионов, представляют собой более сложные с организационной точки зрения структуры. Их формирование требует выработки баланса в системе управления между представителями предприятий каждого из регионов. Подобные кластеры создаются либо в рамках крупных государственных или отраслевых научно-технологических инициатив или платформ, либо, как правило, формируются государственными и частными корпоративными структурами. Во втором случае в качестве примера можно привести создание подобных структур крупными нефтехимическими и ресурсодобывающими холдингами, когда в одном из регионов осуществляется непосредственно добыча полезных ископаемых, а в других – их переработка и создание конечной продукции» [144].

«Создание международных кластеров на сегодняшний день является прерогативой индустриальных гигантов, обеспечивающих за счет подобной архитектуры снижение издержек на производство продукции. В частности, в качестве примера можно привести компании Apple, Samsung, HP, Philips и подобные корпорации, в которых сами технологии и прототипы разрабатываются в США, Южной Корее, Европе, а производственная база располагается в Китае и действует в лице партнерских предприятий. Благодаря такому подходу для самих корпораций существенно снижается себестоимость производимой продукции, экологические и социальные риски. В то же время, для китайских предприятий подобный механизм сотрудничества выступает ценным ресурсом для развития собственной экономики» [144].

«В зависимости от уровня организационного развития различают:

- функционирующие устойчивые кластеры, которые уже реализуют

совместные проекты, обладают развитой инфраструктурой и каналами сбыта продукции;

- формируемые кластеры, находящиеся в стадии построения и интеграции предприятий на основе кластерных коммуникаций;
- планируемые кластеры с уже определенным составом предприятий-участников и конфигурацией их взаимодействия, создание которых уже зафиксировано документально;
- латентные (скрытые) кластеры – совокупность предприятий и организаций, обладающая потенциалом для кластерной интеграции, но еще не формализованная в рамках каких-либо программных документов» [144].

«С точки зрения отраслевой специализации участников кластера выделяют кластеры, создаваемые либо из предприятий одной отрасли, либо из предприятий, относящихся к разным отраслям. Первый вид кластера предполагает реализацию сравнительно простого сценария его создания с точки зрения трудоемкости проектирования технологических и производственных процессов, а также организации практического взаимодействия его предприятий. В то же время, кластер, формируемый из предприятий, относящихся к различным отраслям, открывает более широкие возможности для создания инноваций и формирования новых рынков благодаря наличию у такого кластера более широкого спектра сценариев взаимодействия, потенциальных проектов и технологических цепочек, недоступных традиционным кластерным структурам, действующим в рамках одной отрасли» [144].

«Еще одним классификационным критерием являются исходные организационные условия для формирования кластера, в соответствии с которыми их подразделяют на:

- кластеры, создаваемые на основе существующих предприятий и действующей инфраструктуры – наиболее распространенный вариант кластерного развития региона, позволяющий минимизировать издержки и

задействовать имеющиеся промышленные структуры. Кроме того, он может быть реализован для проведения программ модернизации ключевых для региона предприятий в контексте их кластерной интеграции, открывая возможности привлечения для этих целей как государственных, так и частных инвестиций;

- кластеры, формируемые путем создания новых предприятий и инфраструктурного комплекса организаций – более затратный сценарий, реализуемый, как правило, при создании инновационных производств, превосходящих по технологическому уровню и производственным возможностям имеющиеся в регионе предприятия» [145].

«В зависимости от наличия инновационной составляющей в производственной политике кластера различают два вида структур» [145]:

- «кластеры, производящие традиционную продукцию, не обладающую значимым инновационным потенциалом – наиболее распространенный тип кластеров в реальной экономике, когда целью интеграции входящих в них предприятий выступает, прежде всего, получение экономического эффекта от кластерного взаимодействия с выпуском хорошо известных на рынке продуктов и их последующей реализацией через устойчивую систему каналов сбыта. В качестве преимущества подобного вида кластеров можно отметить то, что их проектная деятельность основывается на уже известной и апробированной бизнес-модели, отлаженных производственных процессах и уже сформированном рыночном спросе. Ее основным недостатком является то, что предприятия кластера упускают потенциальную выгоду и возможности для рыночного роста, связанные с созданием инновационной продукции ради сохранения стабильности и снижения рисков, характерных для работы в инновационной сфере» [145];
- «кластеры, ориентированные на создание инноваций, которые представляют собой точки интенсивного технологического роста экономики, специализируясь на разработке и коммерциализации новых

технологий и видов продукции в рамках полного жизненного цикла, начиная с стадий маркетинговых исследований и НИОКР и заканчивая внедрением собственных разработок в производство. В силу специфики их деятельности, в их состав, как правило, входят научно-исследовательские и опытно-конструкторские организации, ведущие университеты региона, технологические хабы и центры трансфера технологий и подобные структуры» [145].

«По критерию уровня государственного участия в создании и работе кластера различают следующие три вида структур» [145]:

- «кластеры, созданные на основе государственных предприятий и организаций инфраструктуры, которые, как правило, создаются в рамках приоритетных для государства направлений развития. Прежде всего, такие кластеры формируются в сфере оборонно-промышленного комплекса, аэрокосмической и ресурсодобывающей отраслях, а также по стратегическим направлениям импортозамещения (к примеру, создание собственной элементной базы для микроэлектроники)» [145];
- «кластеры, созданные на основе государственных и частных предприятий и организаций – достаточно распространенная форма кластерной кооперации с учетом высокой доли государственных предприятий и инфраструктурных организаций в регионах» [145];
- «кластеры, сформированные из частных предприятий и организаций инфраструктуры – наиболее ценные с позиции руководства регионов кластеры, поскольку основной объем инвестиций в них аккумулируется из частных источников, а сами структуры изначально создаются, как правило, в рамках перспективных направлений развития технологий и промышленности» [145].

«В зависимости от участия кластеров в государственных программах развития экономики их подразделяют на сформированные в рамках действующих государственных программ профильных министерств и ведомств, а также на кластеры, созданные на инициативной основе руководством

входящих в их состав предприятий и организаций. К первому виду кластеров относятся, к примеру, рассмотренные выше пилотные инновационные территориальные кластеры, консолидированные в соответствии с программой Минэкономразвития России. Кроме того, схожие программы в последние годы реализует Министерство промышленности и торговли РФ, в чью зону ответственности входят вопросы технологического и инновационного развития предприятий для обеспечения полноценного решения задачи импортозамещения. Безусловным положительным качеством является системная финансовая, административная и экспертная поддержка таких кластеров государством, что значительно упрощает процесс их построения. Ко второму виду относятся кластеры, формируемые из государственных и/или частных предприятий вне рамок подобных программ и, как следствие, несущие большой объем рисков и ресурсных ограничений» [145].

«По критерию рыночного масштаба кластера различают» [145]:

- «кластеры, ориентированные на выпуск продукции для внутреннего рынка – прежде всего, в данную категорию входят кластерные структуры, создаваемые для обеспечения импортозамещения иностранной продукции, чье функционирование призвано обеспечить рыночный спрос на различные категории приоритетных для населения товаров соответствующим предложением» [145];
- «кластеры, производящие продукцию для мировых рынков – более крупные и технически сложные в плане архитектуры кластеры, действующие, как правило, в рамках высокотехнологичных отраслей промышленности. Они представляют собой опорные точки в рамках работы по развитию национального экспортного потенциала, зачастую, являясь объектами государственной поддержки. В перечень производимых ими продуктов входят инновационная медицинская техника и сплавы, новые композитные материалы, технологии для аэрокосмической промышленности, цифровые продукты и т.д.» [145].

«С точки зрения структурной модели кластеры подразделяются на

производственные, инновационные и научно-образовательные. Производственные кластеры представляют собой наиболее классическую модель, участники которой сфокусированы на достижении экономических преимуществ за счет формирования сквозных технологических циклов, использования совместной инфраструктуры и логистической системы, общих каналов сбыта продукции. При этом, производственная политика подобных кластеров в большей степени ориентирована на совершенствование механизмов взаимодействия между участниками, включая как сотрудничество, так и возможную конкуренцию между ними в контексте производства традиционных видов продукции без значимого инновационного потенциала. Эти принципы их работы делают необязательным участие в их структуре научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций, равно как и проведение поисковых НИР» [145].

«Инновационные кластеры, в свою очередь, имеют в качестве основной цели своей деятельности создание инновационной продукции, что определяет специфические черты их архитектуры. В нее входит как комплекс промышленных предприятий, так и структуры научно-исследовательского профиля: университеты, НИИ, КБ, бизнес-инкубаторы, технологические хабы и др. В своем взаимодействии они образуют единую цепочку процессов, охватывающую стадии НИР и ОКР, разработку и производство опытных прототипов, их апробацию и внедрение в серийное производство. Инновационные кластеры представляют собой наиболее перспективные научно-производственные структуры как для региональных властей, так и для федеральных министерств и ведомств, в соответствии с чем они имеют более высокие шансы по сравнению с кластерами из предыдущей категории на привлечение государственного финансирования и получение различных льгот» [145].

«Основу входящих в третью категорию научно-образовательных кластеров, как правило составляют крупные региональные научно-исследовательские организации и ведущие университеты региона, сотрудники



которых системно реализуют прикладные научно-исследовательские проекты по наиболее востребованным направлениям. Среди основных их задач можно отметить поисковые исследования по конкретным направлениям развития технологий, развитие собственной экспериментальной базы, обучение и подготовку специалистов для работы в условиях инновационной промышленности, привлечение к сотрудничеству ученых данного региона, систематизацию и дальнейшее развитие их разработок вплоть до стадии коммерциализации. В их состав также могут входить промышленные предприятия, обеспечивающие возможности для экспериментального производства. С точки зрения долгосрочного развития особо успешные научно-образовательные кластеры со временем, при накоплении обладающих коммерческим потенциалом разработок, способны трансформироваться в инновационные кластеры. В этом случае они могут провести кластерную кооперацию с соответствующими профилю их разработок предприятиями, тем самым, обеспечив полный цикл коммерциализации и вывода на рынок инновационной продукции. Также научно-образовательные кластеры обладают возможностью для коммерческой реализации разработанных технологий посредством их передачи в сети трансфера технологий (релей-сети)» [145].

«Заключительным, десятым по счету, критерием классификации кластеров выступает их ориентированность на повышение собственной энергоэффективности. В соответствии с этим критерием, различают два вида кластеров» [145]:

- «кластеры, не занимающиеся внедрением энергоэффективных технологий в рамках собственных производственных и инфраструктурных подсистем. К данной категории в настоящее время относится подавляющее большинство подобных структур, действующих на территории России. Во многом это объясняется относительной новизной самой тематики энергоэффективности для промышленной сферы, а также отсутствием опыта системного энергосбережения у руководителей предприятий» [145];

- «энергоэффективные кластеры – интегрированные структуры, в которых реализуется системная энергосберегающая политика и внедрены развитые механизмы и технологии повышения энергоэффективности. При этом данная политика проводится целенаправленно управляющим органом кластера, пронизывая деятельность всех входящих в него предприятий и организаций» [145].

Повышение энергетической эффективности, по мнению автора, выступает одним из важнейших условий успешного развития для российских кластерных структур. В параграфе 1.1 на основе объективных статистических данных была продемонстрирована высокая энергоемкость российской промышленности и наличие у нее значительного потенциала энергосбережения. Проблемы повышения энергетической эффективности кластеров рассматривались рядом отечественных ученых, исследователей и экспертов. В частности, Н.Р. Гукасова в одной из своих статей обозначает перспективность формирования энергосервисных кластеров, но никак не раскрывает ни их сущность, ни состав участников и организационную структуру, ни другие важные признаки<sup>1</sup>. В свою очередь, Л.С. Шаховская и Е.В. Гончарова, посвящая свое исследование кластерному подходу как фактору повышения энергоэффективности российских регионов, предлагают рассматривать любой кластер как потенциального производителя энергоэффективных технологий и продукции<sup>2</sup>. Ю.А. Дмитриев с соавторами рассматривает кластеры как форму организации производства энергетического оборудования и решения задач энергообеспечения участников из различных отраслей, включая жилищно-коммунальное хозяйство<sup>3</sup>. При этом Е.Г. Евсеев и Т.Н. Кисель, в контексте своего исследования использования кластерного подхода при решении проблем

---

<sup>1</sup> Гукасова Н.Р. Инструменты повышения энергоэффективности российской промышленности // Статистика и экономика. 2015. № 1. С. 144-148.

<sup>2</sup> Шаховская Л.С., Гончарова Е.В. Кластерный подход как фактор повышения энергоэффективности российских регионов // Znanstvena misel journal. 2020. № 45. С. 27-31.

<sup>3</sup> Дмитриев Ю.А., Чирков М.А., Чистяков М.С. Кластерные формы организации энергетической стабильности и энергосбережения промышленного потенциала регионов // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Том Выпуск 14 Часть 2. Институт научной информации по общественным наукам РАН, Отдел научного сотрудничества; Ответственный редактор В.И. Герасимов. 2019. Издательство: Институт научной информации по общественным наукам РАН (Москва). С. 809-811.

повышения энергоэффективности теплоснабжения в промышленности предлагают формировать промышленно-энергетические кластеры. Согласно предлагаемому ими подходу, предприятия-участники такого кластера должны обеспечивать финансирование мероприятий по ремонту и перекладке изношенных теплосетей, в том числе с применением механизма государственно-частного партнерства<sup>4</sup>.

Обращаясь к анализу реальных российских кластерных образований, формально относящихся к сфере энергоэффективности, можно привести такие примеры как Ассоциация «Алтайский кластер энергомашиностроения и энергоэффективных технологий», Кластер энергоэффективных технологий Сколково и кластер «Энергоэффективная светотехника и интеллектуальные системы управления освещением». Указанные кластерные структуры ориентированы на консолидацию производителей энергетического и энергоэффективного оборудования и технологий. При этом они не включают в свою структуру те промышленные предприятия, для которых производится данное оборудование, и никак не участвуют в деятельности по повышению энергоэффективности промышленных структур из различных отраслей, ограничиваясь сбытом и сервисной поддержкой соответствующей продукции. На практике отсутствие такого прямого внутрикластерного взаимодействия между производителями соответствующего энергоэффективного оборудования и промышленными предприятиями, для которых оно предназначается, создает существенные сложности для последних поскольку далеко не все профильные специалисты современных предприятий (к примеру, энергетики) способны разработать проект по модернизации и повышению энергоэффективности энергосистемы предприятия за счет подобного оборудования в силу недостаточно глубокого понимания его технической специфики и практических особенностей внедрения. С одной стороны, отсутствие прямого и устойчивого взаимодействия с производителями такого оборудования является причиной

---

<sup>4</sup> Евсеев Е.Г., Кисель Т.Н. Кластерный подход при решении проблем повышения энергетической эффективности теплоснабжения в рамках промышленно-энергетических комплексов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Том 9. №5. <https://naukovedenie.ru/PDF/12EVN517.pdf> (дата обращения: 24.06.2022)

инженерных просчетов, а, с другой – способно снижать мотивацию для специалистов предприятия к его внедрению, поскольку требует от них принятия решений, потенциально могущих привести к серьезным экономическим убыткам для предприятия.

По мнению автора, энергоэффективный кластер, консолидируя разработчиков и производителей продукции, должен быть изначально ориентирован на повышение энергетической эффективности его якорных членов, под которыми подразумеваются промышленные предприятия, которые имеют высокий уровень энергоемкости производства. Решение этой задачи обеспечивается за счет прямого участия в его структуре ряда профильных компаний и предприятий, специализирующихся как на создании энергосберегающего оборудования и технологий, так и на их внедрении на предприятиях и организациях кластера в рамках системной работы по повышению энергоэффективности. Кроме того, важным условием системного подхода к энергосбережению с точки зрения практики является также обеспечение подготовки профильных специалистов, обладающих необходимыми междисциплинарными компетенциями и навыками для внедрения энергоэффективного оборудования и управления энергосбережением в структурах кластера. «При этом энергоэффективность, по мнению автора, выступает ключевой проекцией в системе координат развития кластеров, работа в которой позволяет существенным образом повысить их экономическую эффективность, техническую стабильность функционирования их энергетических систем, сократив, при этом, число аварий и отказов оборудования, связанных с их перегрузками и устаревшим оборудованием» [145].

«В соответствии с этим, автором было разработано определение нового типа кластерных структур – *энергоэффективного промышленного кластера*. Под *энергоэффективным промышленным кластером* понимается *интегрированный по географическому принципу комплекс промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций, организаций*

*инфраструктуры, а также включающий в себя энергосервисную компанию, предприятия, специализирующиеся на производстве энергосберегающего оборудования, образовательные организации, осуществляющие подготовку кадров по энергосбережению, объединяемый единой цифровой средой и ориентированный на системную работу по повышению энергоэффективности якорных участников кластера в контексте реализации ими совместных кластерных проектов» [145].*

В представленном выше определении энергоэффективность выделена автором в качестве одной из ключевых проекций, определяющих структуру, принципы функционирования и целевые приоритеты кластера. Формирование такого кластера нацелено на создание устойчивого механизма для непрерывного повышения энергоэффективности его якорных участников, существенно упрощающего для них как доступ к самим энергосберегающим технологиям и оборудованию, так и процессы их внедрения, сервисного сопровождения и дальнейшего технологического развития. Участие в кластере непосредственного производителя подобного оборудования и энергосервисной компании позволяет обеспечить якорным промышленным предприятиям полную поддержку реализации комплексного энергосбережения, начиная от энергоаудита, выбора по его итогам конкретного оборудования, финансирования мероприятий по его внедрению за счет механизма энергосервиса, и заканчивая расширенной технической поддержкой, сопровождением и последующей модернизацией данного оборудования. В свою очередь, участие в кластере образовательных организаций позволяет обеспечить подготовку кадров в сфере энергосбережения, обладающих широким спектром энергоэффективных компетенций. «Значимую роль в рассматриваемой модели кластера играет энергосервисная компания. В перечень ее функций входит практическая реализация энергосберегающей политики в рамках заключаемых с участниками кластера энергосервисных договоров для обеспечения стабильного повышения его энергоэффективности. Подобный выбор связан со спецификой механизма энергетического сервиса, не

требующего от предприятий и организаций кластера никаких финансовых вложений в проводимые энергоэффективные мероприятия и внедряемые энергосберегающие технологии» [145].

«При этом, являясь постоянным участником кластера, энергосервисная компания способна обеспечить непрерывный мониторинг показателей энергоемкости и энергоэффективности входящих в него предприятий и организаций за счет использования ресурсов указанной в определении единой цифровой среды. Цифровая среда как один из элементов парадигмы Индустрии 4.0, по мнению автора, в настоящее время играет активную роль в рамках управления предприятием. Ее использование позволяет также проводить виртуализацию создаваемых продуктов и задействовать в этом процессе алгоритмы искусственного интеллекта» [145].

«Особенно важным второй фактор является при проведении сложных и многоуровневых расчетов, вычислений и виртуальных экспериментов, которые в прошлом могли занимать продолжительное время до момента создания рабочего прототипа. С применением потенциала искусственного интеллекта сроки научно-исследовательской фазы способны сокращаться за счет его подключения к решению сложных задач с применением концепций нечетких вычислений, глубокого поиска и анализа больших данных (Big Data), гибких эвристических механизмов обработки задач и т.д.» [145].

«Преимущества и ценные экономические эффекты от создания энергоэффективных промышленных кластеров не ограничиваются обозначенными выше, а сами подобные кластеры, по мнению автора, представляют собой точки роста энергоэффективности на уровне регионов, консолидируя, при этом, промышленные и научно-исследовательские структуры в рамках устойчивых научно-производственных структур мезоуровня. Их развитие, по мнению автора, будет способствовать образованию не только локальных, но и макроэкономических эффектов за счет постепенного распространения в промышленности идеологии высокой энергоэффективности и соответствующих технологических решений по ее

повышению. Таким образом, создание подобных кластеров является одним из драйверов снижения энергоемкости ВВП и раскрытия национального потенциала энергосбережения, способным оказать положительное влияние на развитии целых отраслей и регионов» [145].

Полученные автором по итогам анализа существующих тенденций и динамики потребления топливно-энергетических ресурсов в промышленной сфере, исследования современных подходов к формированию кластерных структур в условиях цифровизации промышленных предприятий данные позволили сформулировать цель и ключевые задачи диссертационного исследования. Основной целью исследования является обобщение и развитие теоретических и методических положений по интеграции научно-исследовательских, промышленных и инфраструктурных организаций, функционирующих в цифровой экономике на основе кластерного подхода, направленной на повышение их энергоэффективности.

Достижение указанной цели предполагает решение ряда задач. В число таких задач входят разработка организационно-экономической модели системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера, разработка механизма организации взаимодействия между участниками энергоэффективного промышленного кластера на базе взаимосвязанного комплекса цифровых технологий. Кроме того, важными задачами выступает совершенствование методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при реализации подобных кластеров, а также обоснование итогового алгоритма их построения. Решение перечисленных задач будет проведено автором в следующих разделах диссертационного исследования.

## **Выводы по первой главе:**

1. Проведенный анализ динамики энергопотребления российской экономики в сравнении с экономиками других государств показал наличие у нее высокого избыточного уровня энергоемкости, значительно превышающего аналогичные показатели у большинства государств.
2. На основе сравнительного анализа энергоэффективности промышленности 25 государств было выявлено, что российская промышленность существенно уступает большинству из них при наличии у нее значительного потенциала энергосбережения.
3. Одним из наиболее перспективных подходов к энергосбережению является энергетический сервис, реализация которого не требует вложения финансовых ресурсов со стороны предприятия, а возврат инвестиций энергосервисной компанией производится за счет отчислений из величины экономии ТЭР.
4. Как показал анализ реализации энергетического сервиса в России в рамках государственной политики в области энергосбережения, основной областью его реализации выступает социальная сфера, в то время как в промышленности энергосервисные контракты применяются в объемах, не позволяющих достичь существенного прироста ее энергоэффективности.
5. Проведенный анализ современных исследований в сфере инновационного развития промышленности показал, что одним из наиболее системных путей ее совершенствования выступает парадигма Индустрии 4.0, базирующаяся на цифровизации и интеллектуальной автоматизации предприятий.
6. Современный уровень технологического развития производства характеризуется все большим преобладанием в его функционировании технологий искусственного интеллекта, интегрируемого в высокотехнологичное промышленное оборудование с последующим



объединением использующих его устройств в составе цифровых экосистем.

7. Перспективными организационными структурами, способными максимально реализовать потенциал технологий Индустрии 4.0 в условиях инновационной экономики, являются кластеры.
8. Значительное число ценных экономических эффектов, получаемых участниками кластера, сделало их одним из приоритетных направлений государственной политики по развитию инновационной экономики в большинстве технологически развитых стран, в том числе и в России.
9. Реализуемая в России государственная программа по формированию пилотных инновационных территориальных кластеров доказала эффективность кластерной модели развития для отечественной промышленности.
10. Как показал проведенный анализ, в современной теории экономических кластеров учеными и исследователями практически не раскрыто такое важное направление их деятельности как системное энергосбережение, реализуемое среди их участников благодаря организациям и механизмам инфраструктуры кластера.
11. Построение энергоэффективных промышленных кластеров в контексте Индустрии 4.0 открывает широкие возможности для реализации в их структурах системной энергосберегающей деятельности, охватывающей все уровни их архитектуры. С учетом масштаба кластера, подобный подход способен стать драйвером для повышения энергоэффективности региональных экономических систем и отраслей российской промышленности.

## **Глава 2. Организационно-экономический механизм формирования энергоэффективного промышленного кластера**

### **2.1. Определение совокупности цели и задач в рамках единого механизма создания энергоэффективного промышленного кластера**

Создание кластеров представляет собой одно из наиболее приоритетных направлений развития российской инновационной экономики, ориентированной на уход от глубокой зависимости от экспорта углеводородных ресурсов и на создание собственной конкурентоспособной инновационной продукции для мировых рынков. Как было отмечено в предыдущем разделе диссертационного исследования, кластерные структуры на сегодняшний день представляют собой важнейшие элементы национальной инновационной системы, позволяя входящим в их состав предприятиям и организациям достигать широкого спектра различных экономических эффектов.

Рост востребованности кластеров как инструментов развития инновационной экономики требует от участников проектов по их формированию выработки и применения эффективных методов кластерной интеграции, основанных на четкой систематизации и обосновании всех этапов этого процесса. Без выполнения этого условия сама работа по созданию кластера становится непоследовательной, способствуя появлению многочисленных внутренних ошибок и часто приводит к нецелевому и неэффективному использованию выделенных для этого финансовых ресурсов. Команда разработчиков в подобных ситуациях оказывается неспособной выстроить единую и четкую траекторию развития кластера как системы, многократно меняя сценарии и алгоритм его построения, а между ее участниками возникают периодические конфликты, связанные с разным стратегическим видением его оптимальной архитектуры и функций отдельных организаций и предприятий.

Важную роль при рациональном и системном подходе к созданию кластерной структуры играет выбор базовых стратегических ориентиров – цели и задач создаваемого кластера, определяющих методологический контекст проводимой работы и набор первоначальных приоритетных факторов, на которых необходимо сфокусироваться его проектной команде. Правильная постановка цели создания кластера определяет также эффективность первичных и последующих инвестиций, вкладываемых в его создание и развитие.

Как показывает практика, в научной и профессиональной сферах смысловой контекст понятий «цель» и «задача» подчас смешивается, что при постановке цели приводит к ее подмене одной из задач создаваемого кластера. Важным в этом случае критическим условием является то, что цель воплощает в себе не конкретное действие по его созданию или их комплекс, а те преимущества, достижение новых качеств и уровня взаимодействия участников такого кластера, благодаря которым значительно вырастут показатели эффективности как их собственной деятельности, так и образующегося взаимодействия. Хотя при реализации конкретных проектов по формированию кластерных структур цель может варьироваться с учетом их технической и экономической специфики, тем не менее, автор полагает целесообразным предложить относительно универсальное определение цели. В соответствии с ним, *целью создания энергоэффективного промышленного кластера выступает обеспечение эффективного и взаимовыгодного взаимодействия между участниками кластера на основе создания необходимой инфраструктуры и условий для их организационной, производственной, экономической и программно-технической интеграции в рамках кластерной структуры с обеспечением высокого уровня ее энергоэффективности.* При этом первостепенную роль в рамках кластера играет повышение энергетической эффективности входящих в его состав промышленных предприятий (якорных предприятий), обладающих наиболее высоким уровнем энергоемкости и значительным потенциалом энергосбережения. Как можно

отметить из представленного определения, оно отражает те целевые выгоды участников кластера, которые обуславливают саму необходимость его построения. В то же время, как было отмечено выше, оно не включает в себя описание конкретных механизмов их достижения, поскольку это относится уже к уровню *задач* создаваемого кластера.

Задачи тесно связаны с единой целью и представляют собой те конкретные измеримые и подлежащие контролю действия и подходы, которые в совокупности должны привести к ее достижению. С учетом сложности и многоаспектности работы по созданию энергоэффективного промышленного кластера, весь комплекс решаемых для достижения этой цели задач систематизирован автором в единой классификации в рамках шести проекций (рис. 2.1).

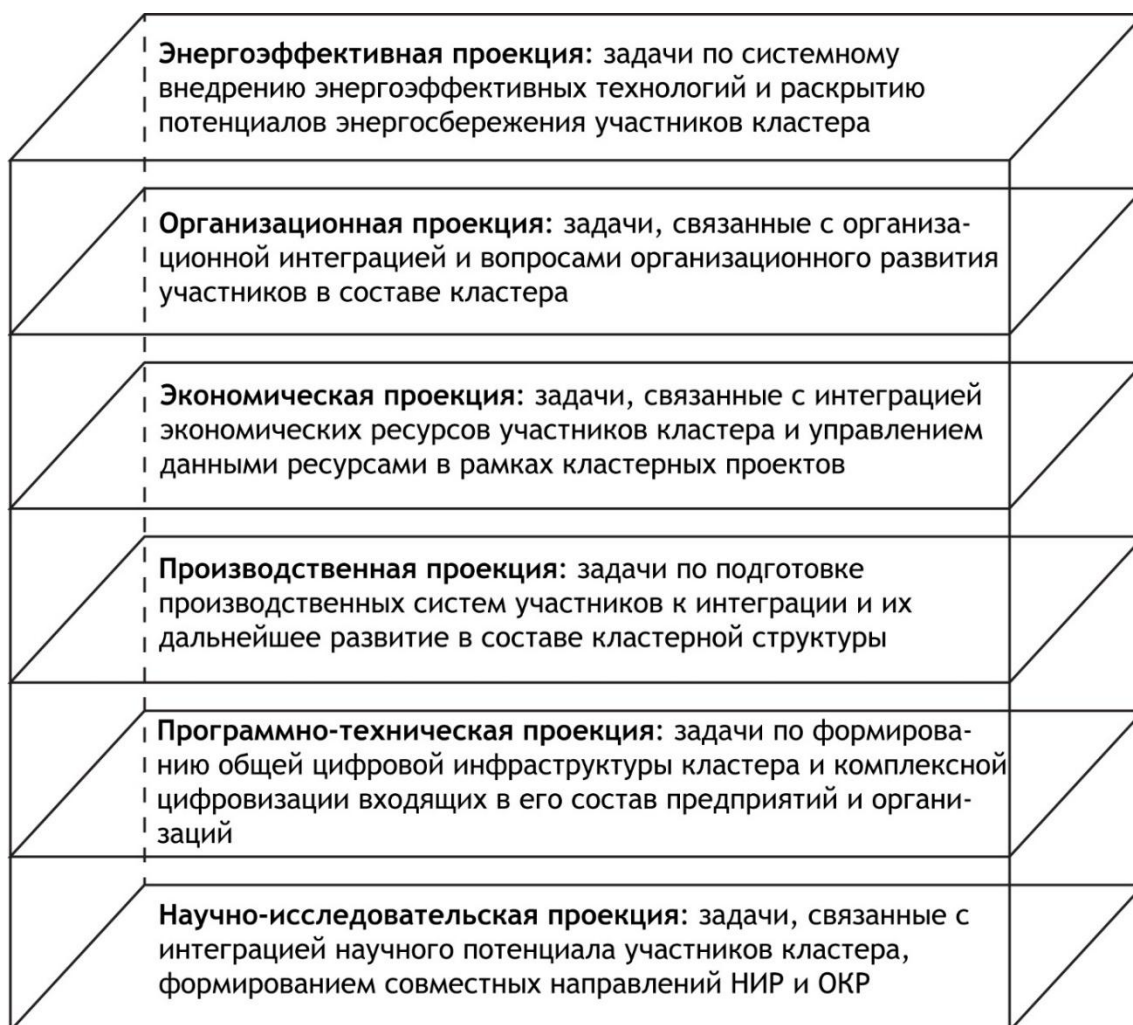


Рис. 2.1. Классификация задач реализации энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

Каждая из представленных на рис. 2.1 проекций представляет собой обособленную область, отражающую важную совокупность процессов построения кластера и включает в себя ряд соответствующих ее специфике задач. Построение подобных проекций представляет собой эффективный инструмент систематизации задач по формированию энергоэффективного промышленного кластера. Благодаря этому работа над отдельными проекциями может быть делегирована соответствующим по профилю деятельности специалистам из проектной команды по созданию кластера.

Рассмотрим отдельные проекции и соответствующие им задачи. Ключевую роль в формировании энергоэффективного промышленного кластера играют задачи, лежащие в плоскости **энергоэффективной проекции**. Решение данных задач определяет саму возможность раскрытия его потенциала энергосбережения, позволяя сформировать необходимые условия для устойчивого и долгосрочного роста его энергетической эффективности. В число задач данной проекции относятся следующие:

- проведение энергетического аудита промышленных предприятий и организации, входящих в состав кластерной структуры;
- выявление и оценка потенциала энергосбережения кластерного образования;
- определение энергобазовой линии, на основе которой фиксируются объемы потребления ТЭР в кластере до начала реализации энергосберегающих мероприятий и внедрения энергоэффективных технологий;
- формирование стратегии повышения энергоэффективности кластера в составе его общей программы стратегического развития;
- интеграция в состав кластера специализированной энергосервисной компании, отвечающей за внедрение энергоэффективных мероприятий и технологий, мониторинг текущего энергопотребления и управление энергосбережением в кластере;

- анализ, выбор и внедрение энергоэффективных технологий как на уровне отдельных предприятий и организаций, так и на уровне всего кластера;
- внедрение автоматизированной системы коммерческого и технологического учета энергии и энергоресурсов;
- выбор и внедрение системы показателей оценки энергоэффективности.

Реализация задач из энергоэффективной проекции нацелена на обеспечение системного подхода к энергосбережению в кластере, ориентированного на достижение устойчивого и долгосрочного прироста его энергетической эффективности. В качестве основного оператора энергоэффективности в структуру кластера входит специализированная энергосервисная компания, которой делегируются функции, связанные с внедрением энергосберегающих мероприятий и технологий.

В свою очередь, в **организационной проекции** лежат задачи, связанные с различными организационными мероприятиями и изменениями, требуемыми для построения кластера как единой структуры. Реализация задач из данной проекции, по мнению автора, является одной из первоочередных, определяя саму возможность дальнейшего формирования кластера. В число ее задач входят:

- разработка организационной структуры энергоэффективного промышленного кластера, результатом которого должна стать согласованная со всеми его участниками внутренне непротиворечивая архитектура, соответствующая как их собственными приоритетам, так и единой цели всего кластера;
- проектирование системы производственно-технологических связей между участниками кластера и организация механизмов внутрикластерного сотрудничества и совместной реализации проектов;
- интеграция в состав кластера инфраструктурных организаций, выполняющих различные вспомогательные функции: консультационные, юридические, технические, информационно-аналитические и др.;

- проектирование системы управления кластером и организация управляющего органа: Совета кластера, в который могут входить не только руководители участвующих в его работе структур, но и представители администрации региона, в котором он расположен;
- организационная интеграция участников в единой кластерной структуре с их последующим организационным развитием в соответствии с реализуемыми проектами, планами технической модернизации, расширением продуктовых линеек и т.д.

Как можно понять из сущности рассмотренных задач, все они обладают тесной взаимосвязью, объединяясь в рамках логической последовательности организационных мероприятий, отражая, при этом, организационный аспект цели формирования энергоэффективного промышленного кластера.

В плоскости **экономической проекции** лежат задачи, связанные с управлением экономическими ресурсами как всего кластера, так и отдельных его участников. В данной проекции сам кластер рассматривается с точки зрения реализуемых его участниками финансово-экономических процессов, от управления которыми зависит полноценное раскрытие экономического аспекта цели его создания. В число задач, располагающихся в экономической проекции, входят следующие:

- разработка и согласование с участниками бюджета энергоэффективного промышленного кластера, учитывающего как их совместную проектную деятельность, так и расходы на обеспечение функционирования его инфраструктуры;
- унификация систем и программных продуктов, применяемых участниками кластера для ведения бухгалтерского и управленческого учета с целью обеспечения их внутренней непротиворечивости и возможностей совместной реализации проектов;

- проектирование системы экономических механизмов взаимодействия между участниками кластера при совместной реализации проектов различного уровня;
- разработка на уровне кластера комплекса маркетинговых мероприятий и коммуникаций, включающего в себя создание брэнда кластера и его продвижение на внутреннем и международных рынках, формирование сбытовых каналов, проведение совместных маркетинговых исследований участниками кластера и т.д.;
- организация работы по привлечению внешних инвестиционных ресурсов в рамках государственных программ по развитию высокотехнологичной промышленности, а также от частных инвестиционных фондов и компаний для реализации проектов кластера и технологического развития его участников;
- создание кластерной системы риск-менеджмента, учитывающий отраслевую специализацию кластера, специфику реализуемых проектов и целевых рынков;
- разработка и внедрение системы показателей оценки эффективности инвестиций в проекты кластера;
- оценка и прогнозирование влияния деятельности энергоэффективного промышленного кластера на развитие экономики региона и государства;
- реализация программ кадрового развития кластера за счет привлечения к работе в его организациях и предприятиях жителей региона с целью создания новых высокотехнологичных рабочих мест;
- организация открытых мероприятий (конференций, «круглых столов», отраслевых семинаров, экспертных сессий) с российскими и зарубежными, инвестиционными компаниями, государственными корпорациями, кластерами с целью привлечения инвестиций, обмена опытом и обеспечения трансфера инноваций.



Важную роль в создании и развитии энергоэффективного промышленного кластера занимает решение задач, лежащих в плоскости **производственной проекции**. Специфика этих задач подразумевает работу с производственными системами предприятий-участников, нацеленную на их адаптацию и гармонизацию в составе кластерной структуры. Спектр задач, относящихся к данной проекции, включает следующие:

- проведение технологического аудита состояния производственных систем входящих в кластер предприятий. В рамках этой задачи определяется как соответствие этих систем существующим нормативным документам, российским и международным стандартам, предполагаемому уровню производства и типам инновационной продукции, так и перечень мероприятий, необходимых для достижения этого соответствия;
- технологическая модернизация устаревшего и изношенного производственного оборудования;
- создание комплексных автоматизированных систем управления производством на базе современных средств и технологий автоматизации: гибких автоматизированных линий и участков, интеллектуальных промышленных роботов;
- создание и развитие необходимой производственной инфраструктуры для обеспечения возможности реализации предприятиями совместных проектов в рамках энергоэффективного промышленного кластера;
- реализация мероприятий по технологической подготовке производства в рамках кластерных проектов;
- внедрение современных методологий и подходов к управлению качеством выпускаемой продукции;
- разработка и внедрение сквозного комплекса методов и методик в сфере оперативного управления производством на уровне кластера: проектирование и моделирование производственных циклов, создание

технологических карт, графиков, внутренних стандартов и иных нормативных документов, призванных синхронизировать и консолидировать в рамках единой методической системы входящие в состав энергоэффективного промышленного кластера предприятия;

- организация системы функционально-стоимостного анализа, применяющегося при внедрении новых образцов продукции в промышленное производство.

Решение перечисленных задач является одним из наиболее трудоемких по сравнению с задачами из других проекций, поскольку требует значительных усилий по оптимизации производственных систем, а также весьма высоких объемов финансовых ресурсов для их выполнения. К одним из наиболее дорогостоящих задач относятся модернизация оборудования и внедрение комплексных автоматизированных систем управления производством, требующих также наличия опытных специалистов для эффективного выполнения этой задачи. Отдельное внимание должно уделяться решению задачи приведения производственных мощностей кластера в соответствие с российскими и международными стандартами, подразумевающими их соответствие общепринятым нормативам качества, экологичности и энергоэффективности оборудования. Так, от подобного соответствия производственных систем входящих в кластер предприятий международным стандартам зависит возможность вывода произведенной продукции на зарубежные рынки.

Тесной внутренней взаимосвязью с задачами, рассмотренными в контексте предыдущих проекций, обладает комплекс задач, находящихся в плоскости **программно-технической проекции**. Задачи, принадлежащие данной проекции, сфокусированы, преимущественно, на цифровизации энергоэффективного промышленного кластера. В состав данных задач входят следующие:

- разработка проекта по цифровизации кластера, включающего в себя модель цифровой инфраструктуры, перечень внедряемых технологий, технические данные о применяемых для этого программных продуктах и аппаратном оборудовании;
- проектирование и организация центра обработки данных (ЦОД), либо аренда серверов уже действующего ЦОД для обеспечения функционирования цифровой инфраструктуры кластера и хранения массивов информации о его деятельности;
- внедрение специализированных программных продуктов, датчиков, сенсоров и контроллеров в сформированные на предприятиях кластера автоматизированные системы управления производством с целью их постепенной трансформации в полноценные киберфизические системы;
- развертывание в рамках программной инфраструктуры кластера систем искусственного интеллекта;
- установка программных продуктов для работы с Большими данными;
- внедрение на входящих в кластер предприятиях и организациях систем дополненной и смешанной реальности для применения их технологий как конструкторами и проектировщиками, так и инженерно-техническим персоналом в рамках операций по обслуживанию оборудования.

Реализация задач из программно-технической проекции прямым образом зависит от решения задач по модернизации и автоматизации входящих в состав энергоэффективного промышленного кластера предприятий, поскольку их успешное решение требует наличия у производителей достаточно высокотехнологичного оборудования, на основе которого могут быть развернуты системы цифровизации производства. В качестве исполнителя для реализации перечисленных задач в структуру кластера может быть включена специализированная компания-интегратор, обеспечивающая формирование его цифровой инфраструктуры. При этом важным элементом цифровизации выступает центр обработки данных, на серверах которого и происходит сбор,

обработка, анализ и интерпретация данных о функционировании участников кластера.

Важную роль при реализации кластера играют задачи из **научно-исследовательской проекции**, решение которых нацелено на консолидацию научного потенциала его участников и создание оптимальных организационных и технологических условий для их кооперации в рамках разработки совместных проектов. Спектр задач научно-исследовательской проекции включает следующие:

- комплексная оценка портфелей проектов, патентов, научно-исследовательских заделов и направлений входящих в состав кластера научных организаций и предприятий;
- разработка единой кластерной научной политики и процедур реализации научно-исследовательской работы в рамках выполнения проектов;
- определение потенциальных направлений для проведения совместных научных исследований и разработок;
- развитие собственных и совместных лабораторий, вычислительных центров и иных исследовательских подразделений в структуре входящих в кластер научных организаций;
- автоматизация управления научно-исследовательской работой кластера;
- создание единого Банка идей, включающего в себя разработки участников кластера и расширяющегося за счет анализа лучшего российского и мирового опыта в развитии инновационных разработок подобного профиля;
- организация междисциплинарных исследований, в том числе с привлечением внешних ученых и научных организаций, в рамках разработки радикальных инноваций;
- создание в структуре научных организаций кластера креативных команд из числа наиболее опытных ученых и исследователей;

- создание совместной с предприятиями кластера сквозной системы опытного производства и прототипирования разрабатываемой продукции;
- разработка программ и планов технологического развития кластера.

Как можно понять из сущности представленных выше задач, работа в научно-исследовательской проекции предполагает как решение задач, связанных непосредственно с организацией и выполнением научных исследований, так и задач, связанных с общим технологическим развитием кластера, адаптацией его возможностей и функций к новым направлениям производственной деятельности.

Последовательная реализация перечисленных выше задач, лежащих в плоскостях различных проекций позволяет повысить внутреннюю согласованность и непротиворечивость процессов построения энергоэффективного промышленного кластера. Вместе с тем, важным условием экономической успешности создаваемого кластера является разработка программы стратегического развития кластера, сущность, структура и содержание которой будут раскрыты в следующем параграфе исследования.

## **2.2. Разработка программы стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера**

Одной из важнейших составляющих механизма формирования энергоэффективного промышленного кластера выступает разработка программы его стратегического развития, представляющей собой систему взаимосвязанных стратегий совместного развития его участников по отдельным направлениям деятельности кластера. Соответственно, в отличие от программ стратегического развития отдельных предприятий и компаний, которые

фокусируются на планировании деятельности локальных организационных структур, она, направлена, прежде всего, на разработку такой системы планов, которая позволяет консолидировать и взаимоувязать имеющиеся потенциалы и возможности участников кластера, учитывая имеющиеся у них стратегические приоритеты и цели. Учет при разработке программы приоритетов и ключевых целей самих участников позволяет обеспечить соблюдение их собственных экономических интересов, что является одним из условий формирования у них мотивации к вхождению в состав кластера.

При этом сама программа должна обеспечивать создание для участников максимально широких возможностей для внутрикластерного сотрудничества, включая механизмы инновационного, экономического и производственно-технологического взаимодействия. Соответственно, она должна, с одной стороны, предлагать оптимальные траектории развития предприятий и организаций в составе кластера, а, с другой – гармонизировать эти траектории в соответствии с его общей целью и задачами развития. Благодаря такому подходу становится возможным достижение синергетического эффекта (эффекта взаимодействия), а также эмерджентных свойств у всего кластера как системы взаимосвязанных организационных структур. В рамках проведенного исследования автором разработана структура программы стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера, которая представлена на следующей схеме (рис. 2.2).

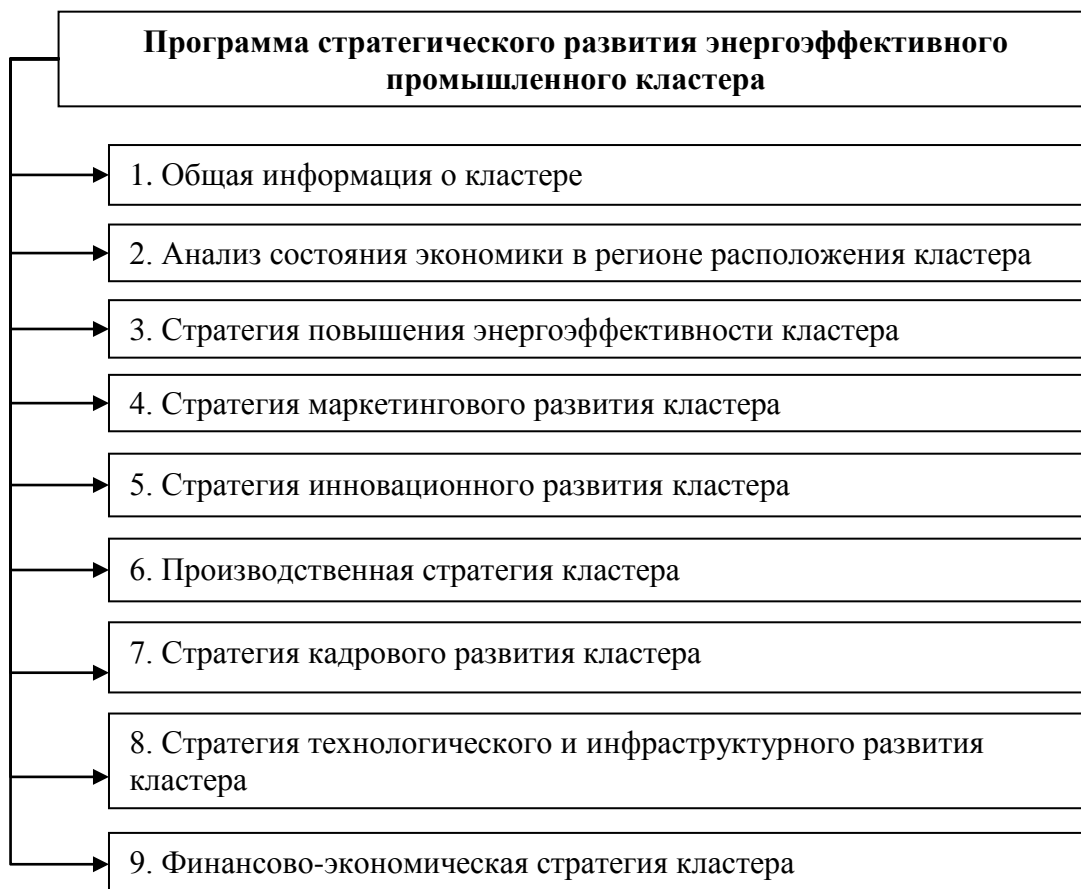


Рис. 2.2. Структура программы стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

Проанализируем более подробно отдельные блоки программы стратегического развития кластера, представленной на рис. 2.2. В качестве первого блока программы автором определен раздел, раскрывающий общую информацию о кластере и включающий в себя развернутую и систематизированную информацию о его участниках. В соответствии с этим, в данном блоке раскрываются сведения о входящих в состав кластера промышленных предприятиях, научно-исследовательских организациях и прочих участниках. Приводимые сведения могут включать в себя данные о специализации входящих в состав кластера организационных структур, их

масштабе, численности персонала, ключевых финансово-экономических показателях, технических возможностях, уже реализованных проектах до вхождения в состав кластера, роли и значимости в развитии экономике региона и др. Применительно к их интеграции в составе кластера в этом блоке формируется структурная схема, в рамках которой между ними определяются кооперационные связи, основные направления их внутрикластерного взаимодействия. Особое внимание, при этом, уделяется проектированию таких связей и направлений кооперации для научно-исследовательских и промышленных структур, осуществляющих непосредственную разработку и внедрение в производство инновационной продукции. Еще одной важной составляющей, отражаемой в этом блоке, выступает структура системы управления развитием энергоэффективного промышленного кластера, включая определение ее полномочий, принципов и инструментов управления, наличие участия в руководстве кластером представителей руководства региона.

В качестве второго блока в структуре программы стратегического развития кластера выступает анализ состояния экономики в регионе расположения кластера, в рамках которого изучается состояние и отдельные показатели социально-экономического развития региона. В рамках данного блока, в числе прочих, анализируются такие показатели как наличие в регионе инвестиционных компаний и частных инвесторов, общая динамика развития экономики региона за прошедшие годы, наличие уже действующих крупных производителей продукции, аналогичной той, которую предполагается производить в рамках создаваемого кластера. Наравне с этим, оценивается имеющийся у региона инновационный потенциал в отрасли, соответствующей отраслевой специализации кластера.

Также анализируются действующие программы государственной поддержки, субсидии и льготы, предоставляемые государством производителям инновационной продукции, а также создаваемым в регионе кластерным структурам. Производится анализ регионального рынка труда на предмет



наличия на нем достаточного количества свободных специалистов для обеспечения кадровых потребностей создаваемого кластера. Отдельное внимание, при этом, уделяется оценке возможностей привлечения в штат предприятий и организаций кластера выпускников функционирующих в регионе ВУЗов, а также их возможности по реализации программ целевого обучения, переподготовки и повышения квалификации для сотрудников кластера. Кроме того, анализируется наличие в регионе промышленных предприятий и научных организаций, соответствующих отраслевой ориентации самого кластера. Целью подобного анализа выступает оценка возможности последующего структурного расширения кластера за счет их привлечения в его состав.

В качестве третьего блока программы стратегического развития кластера выступает стратегия повышения его энергоэффективности, включающая в себя систему взаимосвязанных планов по внедрению энергосберегающих мероприятий и технологий. Исходные данные, позволяющие определить уровни энергоемкости и энергоэффективности входящих в его состав предприятий и организаций, формируются по результатам проведения их энергетических обследований (энергоаудитов). Вместе с этим, проведение подобных обследований позволяет точно локализовать обладающие избыточной энергоемкостью процессы и оборудование, выявить утечки энергии, оценить уровень технического износа инженерных и энергетических коммуникаций. На основе полученных данных составляется перечень рекомендуемых энергосберегающих мероприятий и технологий, внедрение которых позволит обеспечить устойчивый прирост энергоэффективности как на уровне отдельных предприятий и организаций, так и в масштабах всего кластера. Планирование последовательности их внедрения должно предусматривать устранение, в первую очередь, тех утечек, изъянов и технических проблем в системах энергообеспечения предприятия, которые приводят к наиболее значимым энергопотерям. Важной составляющей данной

стратегии является установление плановых значений прироста энергоэффективности, достижение которых определяет эффективность действующей политики в области энергосбережения в кластере и внедряемых при ее реализации мероприятий и технологий. Стратегия повышения энергоэффективности кластера обладает связями с другими блоками стратегической программы ее развития. К примеру, мероприятия по снижению пиковых нагрузок на оборудование входящих в кластер предприятий могут потребовать коррекции графика работы отдельных производственных линий и, как следствие, изменений в структуре производственных процессов. Соответственно, подобные мероприятия способны повлиять на отдельные показатели, установленные в производственной стратегии кластера. В свою очередь, замена энергоемкого промышленного оборудования предприятий способна оказать влияние на стратегию технологического и инфраструктурного развития кластера.

Четвертый блок программы стратегического развития включает в себя стратегию маркетингового развития энергоэффективного промышленного кластера. В рамках ее разработки формулируется маркетинговая политика кластера, определяется комплекс маркетинговых мероприятий, включая исследование и сегментирование целевых рынков, проектирование маркетинговой информационной системы кластера, разработку единого кластерного бренда и т.д. Идентификация приоритетных рыночных сегментов позволяет разработать детальный план по их освоению благодаря выявлению целевых групп потребителей, определить соответствующие инструменты и технологии продвижения продукции кластера, сформировать прогнозы рыночного развития кластера с учетом текущего уровня конкуренции. Кроме того, в данную стратегию целесообразно включать планы по созданию маркетинговой информационной системы, которая должна включать подсистемы, связанные с развитием отдельных направлений маркетинговой деятельности. В число таких подсистем могут входить подсистема

маркетинговых исследований, подсистема маркетинговой разведки, подсистема внутренней маркетинговой информации, подсистема поддержки принятия маркетинговых решений и др. Важной составляющей стратегии маркетингового развития выступают планы по созданию и продвижению кластерного брэнда, использование которого, с одной стороны, позволяет снизить издержки участников кластера на развитие собственных брэндов, а с другой – обеспечивает более высокий уровень узнаваемости их продукции за счет продвижения под ним значительного числа различных продуктов от разных производителей, участвующих в работе кластера.

Одним из приоритетных блоков программы стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера является стратегия его инновационного развития. Ее разработка подразумевает формирование системы планов научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности научных и промышленных структур, входящих в состав кластера, проработку различных сценариев их научно-промышленной кооперации в рамках совместно реализуемой инновационно-инвестиционной деятельности, включая проектирование цепочек внутрикластерной интеграции промышленных и научных структур, а также моделирование сквозных научно-производственных циклов, отражающих их взаимодействие при реализации совместных проектов. При этом проводится анализ и систематизация научно-технического задела входящих в состав кластера научных организаций, включая имеющиеся у них научные наработки, патенты, активные направления исследований, внедренные в производство инновационные разработки. Также, в целях оценки инновационного потенциала кластера, в рамках данной стратегии может проводиться бенчмаркинг, целью которого выступает сравнительный анализ различных характеристик и параметров имеющихся в распоряжении участников кластера перспективных инновационных разработок относительно подобных продуктов, производимых потенциальными конкурентами. Важным условием при разработке данной стратегии является

учет тех данных и факторов, которые были выявлены в рамках разработки стратегии маркетингового развития.

В рамках производственной стратегии кластера разрабатываются планы развития производства входящих в состав кластера промышленных предприятий, а также определяются их роли и потенциал в рамках реализации ими кластерных проектов. Прежде всего, при ее разработке анализируются производственные возможности предприятий, типы и объемы выпускаемой ими продукции, наличие у них ресурсов для расширения производства. Также анализируются существующие связи с поставщиками сырья и комплектующих, а также формулируются задачи по дальнейшему развитию этих связей и привлечению новых компаний-поставщиков. На основе полученных данных планируются направления их производственного взаимодействия и конкретные цепочки научно-технологической интеграции между предприятиями и научными организациями кластера. Разрабатываются планы повышения эффективности и, при необходимости, трансформации действующих на предприятиях кластера подходов и технологий организации производства с учетом новейших тенденций в сфере промышленности.

Седьмой блок программы стратегического развития включает в себя стратегию кадрового развития кластера. Целью ее разработки выступает обеспечение бесперебойного постоянно действующего механизма привлечения новых сотрудников и развитие уже имеющего кадрового потенциала. В основе ее реализации лежит организация взаимодействия между кластером и ведущими образовательными организациями региона, а также развитие внутрикластерных механизмов интеллектуального и профессионального развития. С одной стороны, взаимодействие с подобными организациями обеспечивает возможность привлечения новых сотрудников из состава их выпускников, в том числе путем организации программ целевого обучения по востребованным в кластере специальностям, способствуя росту уровня занятости в регионе за счет создания новых высокотехнологичных рабочих

мест. С другой стороны, оно позволяет развивать имеющийся кадровый потенциал благодаря организации для действующих сотрудников программ дополнительного образования, повышения квалификации и переподготовки, проведение с участием сотрудников образовательных организаций семинаров и курсов на базе предприятий и организаций кластера без отрыва от производства и т.д. Кроме того, данная стратегия включает в себя планы по профессиональному развитию действующих сотрудников за счет создания внутрикластерных образовательных центров, ориентированных на решение таких задач как организация внутренних систем тестирования и оценки компетенций сотрудников, реализация краткосрочных корпоративных программ обучения, проведение всесторонней профессионально-психологической оценки специалистов на основе ассесмент-центра.

В рамках восьмого блока программы стратегического развития кластера осуществляется разработка стратегии технологического и инфраструктурного развития кластера. Она включает в себя совокупность планов по технологическому развитию входящих в состав кластера научных организации и предприятий, а также его инфраструктуры. В рамках ее разработки проводится технико-технологический аудит, целью которого выступает определение текущего состояния оборудования участников кластера, показателей его износа и технологической эффективности. Кроме того, оценивается текущий уровень автоматизации их процессов. На основе полученных данных формируются планы по технологической модернизации, автоматизации и цифровизации оборудования и технических систем участников кластера, а также по внедрению соответствующих технологий в рамках организации сквозных производственно-технологических циклов. При этом особое внимание уделяется также планированию развития единого цифрового пространства кластера, позволяющего повысить эффективность и прозрачность взаимодействия его участников, обеспечив возможности консолидации и обмена данными по реализуемым проектам в режиме

реального времени. Данная стратегия тесно связана со стратегией производственного развития кластера и предполагает, помимо прочего, разработку планов по развитию его инфраструктуры с учетом таких факторов как возможное расширение производства, включение в состав кластера новых участников, необходимости передачи на аутсорсинг большего числа реализуемых ими функций и т.д.

При разработке финансово-экономической стратегии развития кластера осуществляется разработка системы планов его финансово-экономической деятельности, включая планирование значений ключевых показателей экономической эффективности, формируемых с учетом отдельных положений и критериев предыдущих блоков программы стратегического развития. Важную роль в ее разработке играет предварительный анализ экономических показателей входящих в состав кластера предприятий и организаций, на основе которого оцениваются их реальные экономические возможности и доступные ресурсы для обеспечения необходимым финансированием совместных проектов. В частности, при проведении такого анализа в числе прочих показателей оцениваются уровни их ликвидности, финансовой устойчивости, рентабельности, деловой активности, риски и т.д. Задачей разработчиков здесь является выбор оптимального распределения доступных ресурсов между наиболее перспективными направлениями и проектами кластера с учетом стратегических приоритетов, зафиксированных в предыдущих блоках программы стратегического развития. В соответствии с этим, определяются объемы финансирования как самих участников, так и отдельных направлений их развития и кооперации. К примеру, одним из таких направлений выступает цифровизация предприятий и организаций кластера, планы реализации которой формируются в рамках стратегии его технологического и инфраструктурного развития. В рамках данной стратегии также систематизируются источники финансирования проектов кластера, включая собственные средства его участников, инвестиционные ресурсы от сотрудничающих с кластером

инвестиционных компаний, банковские инструменты, средства государственного бюджета.

Следует отметить, что реализация программы стратегического развития кластера происходит в условиях постоянно меняющейся внешней экономической среды и высокой степени неопределенности. Кроме того, точному прогнозированию с трудом поддается и внутреннее развитие кластера, связанное с необходимостью разработки качественно новых и коммерчески успешных инновационных продуктов и учета возникающих при этом прогнозируемых и неявных рисков, созданием сложной системы кооперационных связей между его участниками, долгосрочным технологическим и цифровым развитием его участников и другими факторами, способными оказывать влияние на его результативность в стратегической перспективе.

Это объясняется, прежде всего, спецификой самой инновационной деятельности, на успешность которой влияет значительное число факторов, в том числе малопргнозируемых в рамках традиционных подходов к построению стратегических планов. К примеру, на результативность стратегии его инновационного развития может повлиять появление продуктов-аналогов, созданных конкурентами или серьезный спад рыночного спроса на подобную продукцию, которые могут быть неочевидными при разработке первоначальной версии программы стратегического развития с учетом ограниченности используемых данных, а также интеллектуальных и аналитических возможностей специалистов по стратегическому планированию развития кластера. Подобная ситуация возможна и в рамках реализации производственной стратегии кластера, разработчики которой не всегда могут учесть те перспективные производственные технологии, новые модели организации производственных подсистем его предприятий и иные подобные факторы, способные в обозримом будущем существенно повлиять на конфигурацию данных подсистем.

Повышение точности, адаптивности и эффективности стратегического планирования развития энергоэффективного промышленного кластера может быть достигнуто за счет применения в данном процессе комплекса цифровых технологий, активно развивающихся в контексте Индустрии 4.0. В последние годы их применение при разработке стратегий развития компаний и предприятий различного уровня становится одним из важных трендов в сфере стратегического планирования. Обеспечивая интеллектуальную поддержку на всех этапах стратегического планирования, подобные технологии существенным образом расширяют возможности специалистов по сбору, обработке, анализу и интерпретации значительных объемов данных, а также дальнейшую разработку долгосрочных прогнозов и моделирование различных сценариев развития организационных структур с учетом как явных, так и не очевидных факторов, способных оказать влияние на данный процесс.

Соответственно, практическая реализация программы стратегического развития для энергоэффективного промышленного кластера должна опираться не только на классические подходы к стратегическому планированию, но и учитывать новейшие тенденции цифровизации экономики и промышленности, активно развивающиеся в контексте Индустрии 4.0. В соответствии с происходящими изменениями формируются новые тренды в сфере стратегического планирования, призванные повысить эффективность предприятий и кластеров перед лицом ужесточающейся конкуренции на рынках инновационной продукции и нарастающими темпами технологического развития их конкурентов. Среди таких трендов можно указать следующие:

- адаптивность стратегии к внезапным и незапланированным изменениям во внешней среде, в числе которых можно указать, к примеру, вывод на целевой рынок качественно новой продукции со стороны конкурентов, возникновение значимых для отрасли инноваций, кардинальные изменения динамики спроса на продукцию, введение более агрессивных мер рыночной экспансии конкурентами;



- адаптивность стратегии к изменениям во внутренней среде кластера, которые могут быть связаны с разработкой его предприятиями инновационных продуктов, серьезными техническими проблемами на производстве, расширением и технологическим развитием производства, возникновением сложностей в сфере логистики и т.д.;
- гибкость стратегии, учитывающая возможность разработки различных сценариев развития кластера и связанных с ним рынков с применением инструментов математического и статистического прогнозного моделирования и форсайта;
- тенденция трансформации стратегии из формального комплекса планов в динамичную и тесно связанную с реальными бизнес-процессами и производством систему управления стратегическим развитием кластера, способную гибко и органично изменяться с учетом важных факторов, возникающих во внутренней и внешней среде;
- тенденция цифровизации стратегии с применением в рамках ее разработки и управления стратегическим развитием кластера интеллектуального анализа Больших данных, экспертных систем на базе искусственного интеллекта.

Как можно отметить на основе анализа перечисленных выше тенденций, стратегическое управление развитием кластера в эпоху Четвертой промышленной революции существенно отличается от классических подходов стратегического менеджмента. Оно предполагает максимальную гибкость и адаптивность самой стратегии, ее тесную интеграцию с реальными производственными процессами и элементами цифровой инфраструктуры кластера. Более того, мировые технологические лидеры в сфере производства инновационной продукции стремятся также извлекать максимальную пользу для стратегического планирования и управления из наиболее современных технологий цифровизации, создавая для руководства эффективные механизмы поддержки планирования и принятия решений на базе искусственного

интеллекта, анализа Больших данных, нечетких вычислений и развитых подходов к имитационному моделированию. Тем самым, в качестве одной из важных тенденций, которую приносит Индустрия 4.0 в область стратегического управления кластерами, можно назвать постепенное сближение человеческого и искусственного интеллекта при решении сложных и нелинейных задач, когда искусственный интеллект берет на себя часть трудоемких аналитических и вычислительных функций, предоставляя руководству кластера или компании набор готовых стратегических альтернатив или решений какой-либо сложной проблемы.

Стратегическое управление развитием энергоэффективного промышленного кластера, по мнению автора, должно учитывать проанализированные выше тенденции, связанные с влиянием на сферу стратегического планирования концепций и технологий Индустрии 4.0. С учетом этого фактора автором была разработана организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера, интегрируемой в общую цифровую инфраструктуру кластера, включающей в себя технологии искусственного интеллекта и обеспечивающей автоматический сбор, обработку и анализ данных по всем ключевым направлениям его развития, получаемых из внутренней и внешней среды, с последующим прогнозированием развития кластера, оценкой и прогнозированием сопровождающих его деятельность рисков и формированием развернутых прогнозов и рекомендаций по его развитию для руководства кластерной структуры.

Организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера представлена ниже (рис. 2.3).

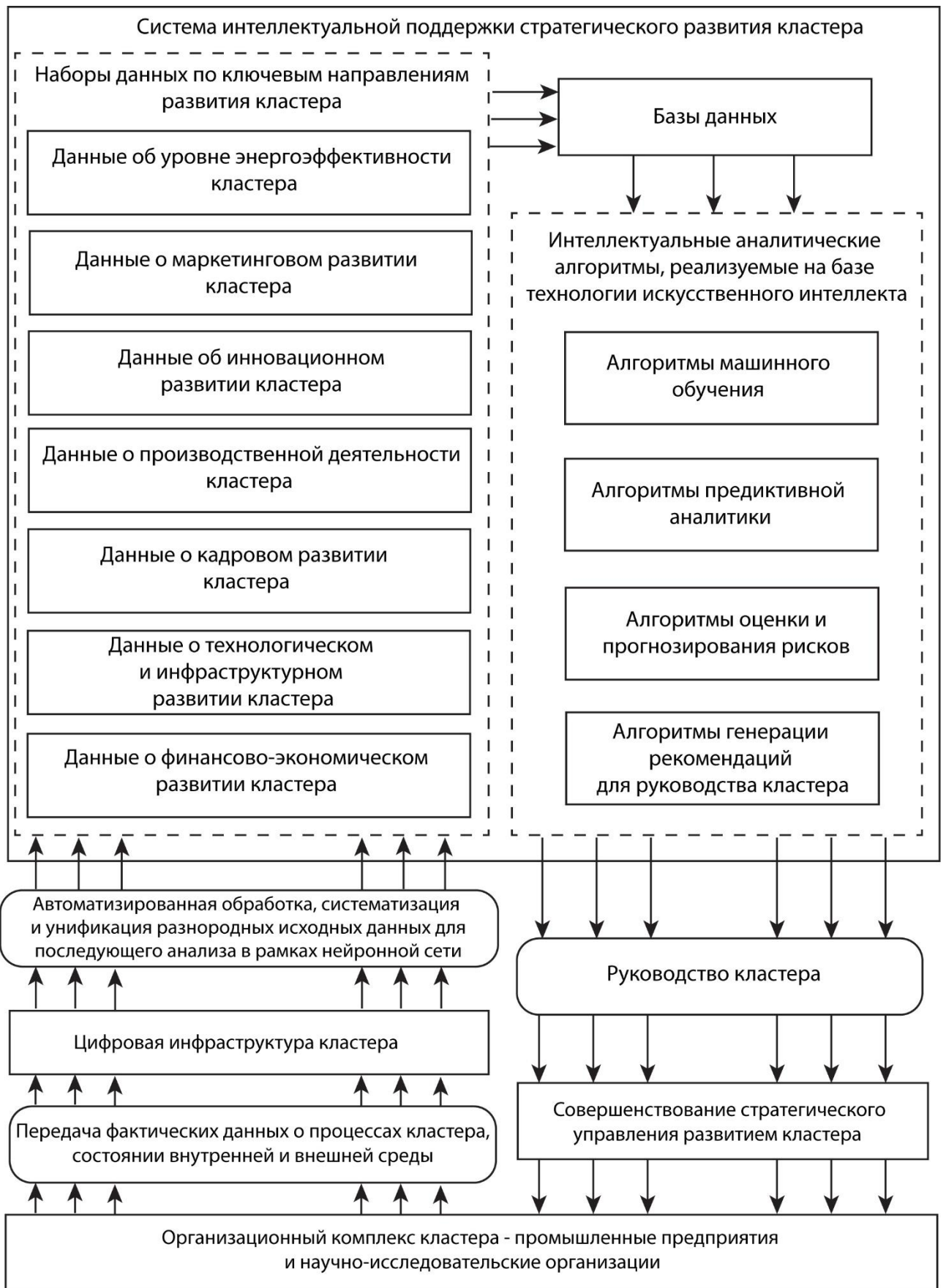


Рис. 2.3. Организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

Рассмотрим подробнее представленную на рис. 2.3 организационно-экономическую модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера. В нижней части схемы располагается организационный комплекс, включающий в себя промышленные предприятия и научно-исследовательские организации, входящие в состав кластера, в рамках которого реализуются реальные процессы и проекты по созданию инновационной продукции и на развитие которого нацелена стратегия кластера. В рамках данного комплекса осуществляется развертывание цифровой инфраструктуры, обеспечивающей сбор данных о процессах развития кластера по различным направлениям его деятельности, в том числе благодаря использованию технологий Промышленного интернета вещей. Благодаря этому, в информационно-аналитические системы на уровне цифровой инфраструктуры кластера непрерывно поступают фактические данные о динамике реализации различных технологических, технических, экономических и иных типов процессов, параметрах внутренней и внешней среды, формируемые как на основе сбора данных от оборудования и технологических систем, так и за счет консолидации данных из программных систем различного профиля, использующихся в своей работе участниками кластера.

В информационно-аналитических системах цифровой инфраструктуры кластера поступающие данные обрабатываются и систематизируются в рамках следующих направлений его стратегического развития:

- данные об уровне энергоэффективности кластера, включающие в себя сведения о текущем уровне энергоемкости участников кластера, объемах используемых ими энергии и энергоресурсов, реализованных и планируемых к внедрению энергосберегающих мероприятий и технологиях, текущем уровне энергоэффективности участников кластера, наличии и параметрах систем автоматизации энергосбережения и т.д.
- данные о маркетинговом развитии кластера, включая информацию о ретроспективной и текущей маркетинговой деятельности,

результативности маркетинговых мероприятий и технологий, актуальные данные о развитии целевых рынков, результаты конкурентного анализа и др.;

- данные об инновационном развитии кластера, которые могут включать в себя информацию о динамике проводимых и о планируемых НИОКР, текущей динамике внедрения инновационных разработок в производство, результатах бенчмаркинга разработок научно-исследовательских организаций кластера и т.д.;
- данные о производственной деятельности кластера, в состав которых входят данные об объемах производимой продукции, действующем на предприятиях кластера промышленном оборудовании, структуре производственных процессов, уровне загрузки производственных мощностей, реализации перспективных планов развития предприятий кластера и др.;
- данные о кадровом развитии кластера, в состав которых могут входить данные об имеющемся персонале участников кластера по различным критериям (возраст, уровень образования, профессия, должность, профессиональные функции и т.д.), уровне кадровой обеспеченности как самих организаций и предприятий, так и реализуемых ими проектов, потребностях в новых кадрах, показателях профессиональной эффективности персонала, информация о сотрудничестве с региональными образовательными организациями в рамках реализации ими программами повышения квалификации, переподготовки и целевого обучения и др.;
- данные о технологическом и инфраструктурном развитии кластера, которые могут включать в себя данные об актуальном состоянии, техническом износе и устаревании оборудования участников кластера, уровне автоматизации и цифровизации их процессов, используемых технологиях автоматизации и программных системах, включая сведения

- об их технологической эффективности в рамках реализуемых проектов, политике и планируемых мерах по технологической модернизации и т.д.;
- данные о финансово-экономическом развитии кластера, в состав которых могут входить данные о финансово-хозяйственной деятельности участников, использовании различных ресурсов и активов, затратах и результатах участников в рамках совместно реализуемой инновационной деятельности, детальные сведения о реализуемых инновационно-инвестиционных проектах и ключевых показателях экономической эффективности участников, существующих темпах и объемах инвестирования в разработки участников кластера, данные о взаимодействии с инвестиционными структурами, налоговых и арендных платежах и др.

Собранные и систематизированные данные по указанным направлениям консолидируются в базах данных, блок которых отражен на схеме в верхнем правом углу. По завершении консолидации необходимого объема данных начинаются процедуры их анализа и обработки со стороны интеллектуальных аналитических алгоритмов, в основе которых лежит применение технологии искусственного интеллекта. Сущность и содержание данных алгоритмов будет рассмотрена далее.

В качестве первого из алгоритмов выступает блок «Алгоритмы машинного обучения», который подразумевает проведение специалистами кластера самостоятельно, либо с привлечением экспертов из внешней среды, разработки и обучения специально создаваемой нейронной сети, целевым образом обучаемой на наборах данных, отражающих техническую и отраслевую специфику, различные параметры внутренней среды кластера и его внешнего окружения, что позволяет повысить точность генерируемых ей решений устанавливаемых перед ней задач и рекомендаций.

С точки зрения практики, в качестве одной из наиболее оптимальных моделей существующих нейронных сетей для решения данной задачи может использоваться рекуррентная нейронная сеть, которая ориентирована на

выполнение функций прогнозирования и предсказания наиболее вероятных состояний и параметров целевого объекта. Подобные нейронные сети обладают возможностями, с одной стороны, запоминания уже полученной информации о своих предыдущих состояниях, а, с другой – поиска взаимосвязей между отдельными элементами последовательности. Одной из перспективных моделей рекуррентной нейронной сети является сеть с долговременной и кратковременной памятью (LSTM - Long short term memory), которая обладает практически неограниченными возможностями масштабирования с точки зрения количества слоев и способна запоминать значительные массивы информации о своих предыдущих состояниях. Ее важным преимуществом выступает возможность детального моделирования различных взаимосвязей между данными на значительных интервалах времени, а также способность хранить информацию в ячейках памяти на всем промежутке временного интервала.

Целесообразным подходом к обучению подобной сети выступает обучение с учителем на основе маркированных наборов данных. Этот подход позволяет как сократить время обучения, так и снизить требования к необходимым для его проведения вычислительным мощностям. В то же время, как было отмечено ранее, обучение с учителем требует изначальной подготовки наборов данных, на основе которой оно будет проводиться. В противоположность ему, обучение без учителя, хотя и позволяет проводить данный процесс без подобных наборов, но является более длительным по времени и требует использования для обучения нейросети значительных вычислительных мощностей, в том числе – специализированного аппаратного обеспечения (GPU, ASIC, FPGA и др.). Наборы данных должны соответствовать основным направлениям обучения нейронной сети. В контексте настоящего исследования такие наборы систематизированы в левой части схемы на рис. 2.3.

Создание и обучение подобной нейронной сети включает в себя этапы подготовки самих наборов данных, подразделяемых на обучающую и тестовую выборки. Обучающая выборка применяется для непосредственного

первоначального обучения нейронной сети. В свою очередь, тестовая выборка, содержащая уже известные разработчикам результаты прогнозов, позволяет проверить качество результатов, получаемых самой сетью, при необходимости скорректировав с веса отдельных параметров, архитектуру, количество слоев до достижения необходимого уровня точности ее прогнозов.

Вторым блоком из числа интеллектуальных аналитических алгоритмов является блок «Предиктивная аналитика». Предиктивная аналитика в контексте настоящего исследования представляет собой взаимосвязанный комплекс операций с наборами фактических данных по отдельным направлениям развития участников кластера, обрабатываемых и анализируемых предварительно обученной нейронной сетью с последующим формированием прогнозов развития кластера по данным направлениям, которые учитывают различные параметры и показатели самих участников и внешней среды. Помимо изолированного анализа каждого из наборов данных в отдельности, целесообразным является проведение их совместного анализа в контексте концепции машинного анализа Больших данных. Таким образом становится возможным выявление скрытых закономерностей и взаимосвязей в обрабатываемых данных, способных оказать влияние на те или иные направления развития кластерной структуры. В настоящее время предиктивная аналитика представляет собой один из наиболее перспективных комплексных подходов к прогностическому анализу, в полной мере используя потенциал современных моделей искусственного интеллекта.

Широта охвата потенциальных направлений для анализа и прогнозирования предиктивной аналитики позволяет использовать ее, к примеру, для прогнозирования будущих состояний производственных систем входящих в кластер предприятий. Тем самым, на основе фактически получаемых данных от датчиков и сенсоров, входящих в инфраструктуру Промышленного интернета вещей и установленных на производственном оборудовании, нейронная сеть способна прогнозировать уровень его отказоустойчивости, технического износа, производительности, соответствия планируемым объемам производства и т.д. Эти данные могут использоваться



для составления планов по планово-предупредительному ремонту, замены и технологической модернизации изношенного и морально устаревшего оборудования, его дальнейшей автоматизации, расширения производства предприятий с учетом будущих потребностей кластера в выпуске новых видов продукции и т.д.

В свою очередь, применение алгоритмов предиктивной аналитики в рамках анализа кадрового развития кластера позволяет оценивать и прогнозировать потребность в специалистах различного профиля с учетом различных изменений во внутренней и внешней среде, развития отрасли и самой кластерной структуры. Кроме того, предиктивная аналитика позволяет прогнозировать наиболее приоритетные направления развития имеющегося кадрового потенциала, предсказывать рост важности отдельных профессиональных компетенций сотрудников кластера, позволяя уже в настоящем времени планировать их обучение или переподготовку.

Далее рассмотрим содержание блока «Алгоритмы оценки и прогнозирования рисков». Деятельность кластера неизбежно связана со значительным числом рисков, образующихся в рамках различных направлений его стратегического развития. При этом организационный масштаб самого кластера, разнородность входящих в его состав участников, сложный характер кооперационных связей между ними, возможное наличие значительного числа одновременно реализуемых проектов – эти и другие факторы серьезно усложняют работу его специалистов по оценке текущего уровня и прогнозированию рисков. Применение нейронной сети, способной эффективно обрабатывать и анализировать крупные массивы данных, позволяет автоматизировать решение задачи по оценке текущего уровня рисков кластера, а также делает возможным построение достаточно точных прогнозов по широкому спектру рисков.

Одной из технологий, используемых для решения данной задачи, является рассмотренное выше машинное обучение, в рамках которого в нейронную сеть загружаются наборы данных (обучающая выборка), отражающих прошлые периоды деятельности участников кластера, с

изначальным определением конкретных видов рисков, которые необходимо оценить и включающие в себя данные о деятельности участников кластера, а также об уже реализовавшихся рисковом событиях. Анализируя попеременно фактические данные о деятельности участников и последовавшие за ними рисковом события по конкретным видам рисков, нейронная сеть постепенно выстраивает взаимосвязи и взаимозависимости между ними, определяя веса соответствующих рисков, вероятность их реализации, а также выявляет неявные и скрытые факторы, которые могли повлиять на их реализацию. Затем эффективность обучения проверяется путем загрузки в нейронную сеть данных из тестовой выборки, на которой проверяется точность прогнозирования рисков. В случае недостаточно высокой точности проводится дополнительная настройка нейронной сети с учетом выявленных отклонений.

В качестве заключительного блока интеллектуальных алгоритмов выступает блок «Алгоритмы генерации рекомендаций для руководства кластера». Основной целью данных алгоритмов выступает систематизация и анализ результатов, полученных в рамках ранее рассмотренных процедур, с последующим формированием набора рекомендаций по корректировке и совершенствованию действующей программы стратегического развития кластера. При этом учитываются результаты прогнозирования развития кластера по всем перечисленным на рис. 2.3 направлениям, а также сопутствующие этому развитию риски. При формировании рекомендаций нейронная сеть оценивает расхождения между уровнями плановых значений ключевых показателей развития кластера, установленными в программе, и значений, полученных в результате прогнозирования. По итогам реализации алгоритмов из рассматриваемого блока нейронной сетью формируется сводный отчет. В зависимости от текущих потребностей руководства, он может включать в себя как общий сводный прогноз с необходимыми рекомендациями, так и несколько сценариев развития кластера, различающихся в зависимости от устанавливаемых специалистами условий и критериев. При наличии необходимости, руководство кластера проводит корректировку текущей версии

программы стратегического развития, а также предпринимает необходимые меры в рамках отдельных направлений развития кластера.

Применение рассмотренной выше системы позволяет обеспечить интеллектуальную поддержку процесса стратегического планирования и управления развитием кластера. Технологии искусственного интеллекта в данном контексте позволяют существенно расширить границы интеллектуальных возможностей человеческого персонала в сфере анализа крупных массивов данных, выявления важных (в том числе неявных) факторов, влияющих на развитие кластера и построения точных прогнозов его развития, в том числе учитывающих возникающие в рамках его деятельности риски. С экономической точки зрения подобная система способна обеспечить устойчивое и стабильное развитие кластерной структуры, позволяя заблаговременно выявлять и предотвращать потенциальные риски и угрозы, пока они не привели к серьезным экономическим убыткам для участников кластера. Это позволяет сделать сам процесс стратегического планирования и управления стратегическим развитием кластера предельно гибким и адаптивным к любым внутренним и внешним факторам, а сама интеллектуальная система становится одним из элементов общей организационно-экономической структуры кластера, разработке которой посвящен следующий раздел исследования.

### **2.3. Разработка организационно-экономической структуры кластера**

«Одной из важнейших составляющих механизма формирования энергоэффективного промышленного кластера выступает разработка его организационно-экономической структуры. Ее проектирование и разработка направлены, прежде всего, на определение иерархического распределения предприятий и организаций, с учетом которого формируются система

управления кластером, совокупность связей и механизмов взаимодействия между отдельными его участниками и подсистемами, организационные и экономические принципы его функционирования» [149].

«Специфика построения энергоэффективного промышленного кластера, помимо разработки механизмов научно-промышленного и инновационно-инвестиционного взаимодействия участников кластера при реализации проектов, требует также интеграции в его структуру организации, на системном уровне проводящей работу по повышению его энергоэффективности. Таким образом, энергосберегающие технологии и процессы органично интегрируются в структуру создаваемого кластера наравне с экономическими, производственно-технологическими, научно-исследовательскими и иными типами процессов, а само энергосбережение становится одним из основных направлений стратегического развития всего кластера» [149].

«Сама архитектура кластера, по мнению автора, должна учитывать наиболее актуальные научные разработки и прикладные технологии Четвертой промышленной революции, максимально задействуя потенциал цифровизации и объединяя участников кластерной структуры в рамках совокупности тесно интегрированных процессов сетевого взаимодействия. В соответствии с этим, автором была разработана собственная модель организационно-экономической структуры энергоэффективного промышленного кластера (рис. 2.4)» [149].



Рис. 2.4. Организационно-экономическая структура энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

«Рассмотрим представленную на рис. 2.4 структуру энергоэффективного промышленного кластера. В качестве управляющего органа, осуществляющего общую координацию и управление всеми процессами кластера, выступает **Совет кластера**. В его состав входят руководители участвующих в работе кластера промышленных предприятий и организаций. Кроме того, членами Совета могут становиться представители администрации региона, в котором располагается кластер. Они курируют его работу, руководствуясь задачами инновационного развития региональной экономической системы, создания новых высокопроизводительных мест в регионе, развития региональной высокотехнологичной промышленности, повышением общих показателей инвестиционной привлекательности региона и подобными приоритетами» [149].

«В центральной части схемы располагается **основной организационный комплекс кластера**, в состав которого для примера автором была включена совокупность промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций. Связи между ними, обозначенные стрелками, отражают механизмы сетевого взаимодействия как при разработке, так и в рамках внедрения в производство инноваций, важные для комплексного развития кластера и раскрытия его потенциала. Организация системной коллаборации между его участниками, по мнению автора, является базовым условием максимизации различных эффектов, ради которых они и объединяются в единую кластерную структуру. В качестве примера ценности подобной коллаборации можно привести объединение усилий ученых входящих в состав кластера научно-исследовательских организаций. Научные сотрудники каждой из этих организаций обладают собственными активными исследовательскими направлениями и базами знаний. Объединение их научно-исследовательских потенциалов способствует взаимному интеллектуальному обогащению, а также увеличению скорости проведения НИОКР за счет объединения интеллектуальных и вычислительных ресурсов. Как показывает мировая практика, наиболее радикальные инновации, обладающие рынокообразующим

масштабом, рождаются не в рамках одной научной области, а при проведении совместных междисциплинарных исследований на пересечении двух и более областей науки. При этом именно кластерные структуры способствуют созданию механизмов такой кооперации с минимальными издержками и обеспечением поддержки для их участников» [149].

«В правой части схемы размещаются **организации инфраструктурного обеспечения**, оказывающие различные виды поддержки непосредственным разработчикам и производителям инновационной продукции: юридические консультации и содействие в патентовании сделанных научных открытий и инновационных разработок, консультационную поддержку по различным вопросам коммерциализации разработок, в том числе – содействие в оценке их экономической эффективности. В число организаций инфраструктуры могут входить компании, осуществляющие техническое обслуживание инженерных и энергетических систем участников кластера, а также компании, выполняющие ремонтные работы. Конечной целью блока инфраструктурных организаций выступает системная и всесторонняя поддержка якорных промышленных участников кластера при осуществлении ими производственной деятельности. С учетом этой цели, оптимальным является включение в состав инфраструктуры тех компаний, которые уже имели опыт работы с предприятиями и научно-исследовательскими организациями до их объединения в кластер. Благодаря этому, специалисты подобных инфраструктурных компаний уже знакомы со спецификой деятельности якорных промышленных участников, обладают опытом сотрудничества с ними и представляют себе круг потенциальных задач и рисков» [149].

«Важным участником энергоэффективного промышленного кластера является **компания-интегратор в сфере цифровизации процессов кластера**. Она представляет собой специализированную структуру, централизованно внедряющую цифровые технологии и системы комплексной цифровизации на предприятиях и в организациях, также создавая при этом элементы межорганизационной цифровой инфраструктуры. Важность централизации

подобной работы под контролем одной структуры объясняется необходимостью обеспечения программной и аппаратной совместимости устанавливаемых систем цифровизации для возможности беспрепятственной организации процессов сквозного внутрикластерного взаимодействия между его участниками. Важным параметром при выборе компании-интегратора является наличие у нее успешного опыта цифровизации процессов в отрасли, к которой относится формируемый кластер. Глубокое понимание отраслевой специфики производства позволяет ей изначально проектировать и формировать системы цифровизации с минимальным количеством ошибок и последующих коррекций уже в процессе работы кластера» [150].

«Важным этапом работы компании-интегратора является создание единой системы управления деятельностью кластера. Как показывает практика, решение задачи централизованного управления кластерными структурами зачастую сопряжено со значительными сложностями, в основе которых лежит необходимость взаимоувязки различных по уровню и профилю организаций, каждая из которых уже обладает собственной архитектурой, системой управления, программным обеспечением и устоявшейся совокупностью административных процессов. В то же время, их реальная интеграция в составе единого кластера подразумевает необходимость гибкого управления как взаимодействием целых организаций и предприятий, так и выборочно отдельными их процессами. Без обеспечения подобного уровня гибкости и вариативности управления сложно говорить о самой возможности реализации ими совместных проектов, поскольку в этом случае участники кластера должны действовать как единая научно-производственная система. Следовательно, руководство кластера должно иметь не только инструменты для детального анализа их процессов, но и эффективные механизмы управления их взаимодействием как единой системой процессов. В противном случае, возникает высокий риск рассогласования их процессов при реализации совместных проектов, выражающийся на практике, к примеру, в нарушении процессов опытного внедрения разработанного продукта, сбоях и задержках



при совместном его производстве разными предприятиями кластера, сложностями в согласовании технических и технологических параметров продукта между конструкторами и технологами и т.д. Все эти негативные факторы приводят к потерям временных и экономических ресурсов, способствуя снижению общих показателей экономической эффективности кластера» [150].

«По мнению автора, создание эффективной системы управления энергоэффективным промышленным кластером должно осуществляться с учетом наиболее прогрессивных технологий Четвертой промышленной революции, развивая ее основные идеи не только на уровне производственной системы, но и на уровне управления всем кластером. В качестве такой системы автором предлагается создание *цифрового облака кластера – единой облачной системы управления, в режиме реального времени осуществляющей сбор, обработку, учет и анализ основных данных о процессах участников кластера с применением технологий искусственного интеллекта и с обеспечением широких возможностей управления ими со стороны Совета кластера.* Формирование цифрового облака происходит на основе создания единого пула вычислительных мощностей в рамках центра обработки данных (ЦОД), на базе которого разворачивается цифровая инфраструктура облачной системы. Исследования в сфере совместного использования общих вычислительных ресурсов проводились в мире еще с 60-х годов прошлого столетия, но широкое практическое развитие они получили в первом десятилетии XXI-го века в результате успешного эксперимента компании Amazon по созданию так называемого «облака эластичных вычислений» (Elastic Computing Cloud), запущенного ей в 2006-м году. В последующие годы облачные вычисления стали одной из наиболее востребованных бизнесом и государствами информационных технологий, а их алгоритмы активно развивались по мере роста вычислительных мощностей современных компьютеров и пропускной способности проводных и беспроводных интернет-коммуникаций» [150].

«В настоящее время облачные системы позволяют обеспечивать доступ к

высокопроизводительным вычислительным кластерам для всех зарегистрированных в данной системе пользователей. В рамках построения энергоэффективного промышленного кластера организация такого облака обеспечивает всех участников кластера постоянным доступом к совместно используемой системе управления кластерной структурой, в соответствующих разделах которой консолидируется информация о показателях текущей деятельности входящих в его состав предприятий и организаций, отдельных проектах, технологическом состоянии оборудования и мощностей его участников и другая информация. При этом важным фактором является то, что значительная часть информации о текущей динамике деятельности участников собирается в автоматизированном режиме, благодаря использованию технологий Промышленного интернета вещей, что исключает возможности умышленного или неумышленного искажения важных для развития кластера данных. Применение облачной системы управления позволяет свести к минимуму негативное влияние на развитие кластера административных барьеров между его участниками, при этом, предоставляя всем участникам справедливый и соответствующий их направлениям работы доступ к информации о деятельности кластера с возможностью выработки в рамках цифрового облака необходимых регулирующих и управляющих воздействий» [150].

«Создание облачных систем управления в настоящее время находится на одном из первоначальных этапов своего развития, но уже активно внедряется крупными производителями корпоративных информационных систем ввиду уникальных выгод и высокого прироста эффективности по сравнению с традиционными системами управления деятельностью компаний и предприятий» [150]. «Облачная организация системы управления кластером обладает следующими преимуществами» [150]:

- «простота, наглядность и систематизация представления информации о текущей деятельности и многочисленных процессах участников кластера в режиме реального времени в формате визуальных моделей» [150];

- «синхронизация в режиме реального времени информации от отдельных участников при реализации совместных проектов в форме виртуальной модели жизненного цикла проекта, что позволяет с минимальными потерями времени и ресурсов выявлять и устранять сбои при его реализации в самом начале их появления» [150];
- «консолидация в едином пространстве цифрового облака детальной информации о техническом состоянии оборудования участников кластера, позволяющая своевременно проводить его планово-предупредительный ремонт, замену и модернизацию» [150];
- «широкие возможности для сбора и обработки информации от оборудования участников кластера и их корпоративных информационных систем, отражающих степень их общей гармонизации в рамках кластерной производственно-технологической системы» [150];
- «консолидация всей информации о проектах участников кластера в единой виртуальной среде, позволяющей получить равный доступ к ней как членов Совета кластера, так и всех руководителей предприятий и организаций, участвующих в данном проекте, что делает управление его реализацией прозрачным процессом, существенно облегчая обсуждения и дискуссии по его спорным аспектам» [150];
- «возможность создания в кластере реестров применяемых его участниками технологий совместного производства, банка разрабатываемых участниками инновационных технологий» [150];
- «возможность создания кластерной базы знаний, использование которой позволит повысить эффективность и скорость проводимых научно-исследовательскими организациями НИОКР» [150];
- «минимизация времени на осуществление управляющих воздействий со стороны Совета кластера: каждое распоряжение, приказ, рекомендация становится видимым для конкретных участников кластера с момента его публикации в соответствующем разделе цифрового облака» [150];

- «объединение данных о научно-исследовательской и производственной деятельности участников кластера с расчетом уровня текущей загрузки участников кластер и его сопоставления с их реальными возможностями для выявления недогрузки или перегрузки мощностей отдельных участников с целью максимизации использования общего потенциала кластера» [150];
- «применение современных средств защиты информации в облаке от несанкционированного доступа» [150];
- «неограниченные возможности для масштабирования системы управления по мере расширения состава участников кластера без необходимости какой-либо ее модернизации или изменения» [150].

В нижней части схемы представлены организационные структуры, чья деятельность направлена на повышение энергетической эффективности кластера. В их число входят энергосервисная компания, производители энергосберегающего оборудования и технологий и образовательные организации. «В качестве основного оператора энергоэффективности кластера выступает **энергосервисная компания**, осуществляющая весь спектр услуг по анализу его потенциала энергосбережения, выбору, внедрению и поддержке энергоэффективных технологий и оборудования. При выборе соответствующей компании организаторы кластера должны учитывать необходимость наличия у нее опыта работы с промышленными предприятиями, а также наличие в ее штате специалистов для проведения всего комплекса аналитических и технических мероприятий» [150].

В рамках подготовительной работы энергосервисная компания проводит энергетический аудит (энергетическое обследование) в целях определения текущего энергопотребления и энергоэффективности объектов участников кластера – зданий, цехов, подразделений. Энергетический аудит включает в себя два укрупненных этапа: документальный аудит и инструментальное энергетическое обследование. В рамках документального аудита специалисты компании анализируют всю документацию участников кластера, касающуюся

различных показателей их энергопотребления, а также документацию по инженерным коммуникациям, посредством которых обеспечивается снабжение их оборудования энергией и энергоресурсами. На втором этапе ее специалисты проводят выездные мероприятия, обследуя системы электроснабжения, водоснабжения, газоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования и текущее состояние ограждающих конструкций при помощи специализированного оборудования. По итогам проведения энергетического аудита ими составляется отчет, в котором отражаются общие данные об объектах, структуре их энергопотребления по различным видам ТЭР, технические характеристики энергооборудования и коммуникаций, энергетические балансы по различным видам энергии и энергоресурсов, уже внедренных энергосберегающих мероприятиях за прошедшие периоды, текущем уровне энергоэффективности, оценочные значения потенциала энергосбережения и рекомендуемый к внедрению перечень энергосберегающих мероприятий.

При организации своей деятельности энергосервисная компания, прежде всего, осуществляет внедрение автоматизированной системы коммерческого учета ТЭР, а также системы диспетчерского контроля и управления. Внедрение этих систем позволяет изначально обеспечить ее сотрудников необходимыми инструментами для анализа внедряемых впоследствии энергосберегающих мероприятий и технологий, а также средствами автоматизации управления энергооборудованием участников кластера. В настоящее время один из наиболее распространенных типов архитектуры подобных систем включает в себя три уровня. В случае систем коммерческого учета ТЭР первый (нижний) уровень иерархии включает в себя приборы учета энергии и энергоресурсов, обеспечивающие непрерывную фиксацию объемов потребленных ресурсов и передачу их данных на второй (промежуточный) уровень. Второй уровень, в свою очередь, включает в себя контроллеры сбора и передачи данных (КСПД), которые, на основе механизмов проводной и беспроводной связи, осуществляют сбор данных, их обработку и передачу на третий уровень, на

котором располагается программное обеспечение для специалистов энергосервисной компании, обеспечивающее консолидацию и наглядное отображение данных об энергопотреблении участников кластера.

В случае автоматизированных систем диспетчерского контроля и управления на первом уровне находятся подключенные к энергооборудованию датчики, сенсоры и различные исполнительные механизмы (клапаны, двигатели, задвижки). Второй уровень включает в себя интеллектуальные контроллеры, обеспечивающие прием поступающих от датчиков и сенсоров данных, их первичную обработку, передачу данных на третий уровень системы и передачу поступающих с него управляющих воздействий на объекты управления к исполнительным механизмам. На третьем уровне располагается специализированное программное обеспечение, анализирующее поступающие от контроллеров данные и предоставляющее результаты анализа в наглядной визуальной форме для специалистов энергосервисной компании.

Если система коммерческого учета ТЭР ориентирована на реализацию только аналитических функций, то автоматизированная система диспетчерского контроля и управления, помимо получения данных от энергооборудования и автоматизации их анализа, обеспечивает возможность обратной связи, на основе которой специалисты компании имеют возможность удаленно изменять режимы работы энергооборудования, запускать и отключать его и проводить прочие операции с учетом возможностей установленных на объектах исполнительных механизмов. Наличие подобного функционала позволяет им, к примеру, оперативно отключать оборудование в случае аварий и нештатных ситуаций, представляющих опасность как для персонала предприятий и организаций кластера, так и для машинного оборудования. Итоговые данные о текущем уровне энергосбережения и состоянии энергооборудования участников кластера из обеих рассмотренных систем поступают в Цифровое облако кластера, где они становятся доступны для анализа со стороны его руководства.

Основным направлением деятельности энергосервисной компании

выступает внедрение энергосберегающих мероприятий, оборудования и технологий с учетом полученных результатов ранее проведенного энергетического аудита. В первую очередь, на наш взгляд, должны внедряться мероприятия и технологии, направленные на устранение явных утечек и потерь энергии и энергоресурсов, выявленных по итогам проведения энергоаудита. Особенно актуальной данная задача является для тех предприятий и организаций кластера, на объектах которых присутствуют изношенные инженерные коммуникации и ограждающие конструкции, чья эксплуатация неизбежно приводит к систематическим потерям энергии и энергоресурсов.

При этом одним из наиболее значимых источников прироста энергоэффективности выступает внедрение энергосберегающего оборудования и технологий в различных системах энергообеспечения участников кластера (электроснабжение, теплоснабжение, водоснабжение и т.д.). Решение задачи по производству и поставке такого оборудования осуществляется **производителями энергосберегающего оборудования**. Как правило, данную роль принимают на себя специализированные предприятия, обладающие опытом разработки и производства подобного оборудования, а также способные обеспечить необходимую поддержку при его установке, техническом обслуживании, ремонте и модернизации. Их участие в кластере позволяет создать ряд важных возможностей для якорных промышленных участников. В основе этих возможностей лежит установление долгосрочных партнерских отношений с якорными участниками кластера, в рамках которых они не только обеспечивают выполнение договорных обязательств, но и могут предоставлять расширенный спектр услуг, включая расширенные гарантийные обязательства и сервисное обслуживание, оперативную диагностику и ремонт неисправного оборудования, всестороннюю техническую и консультационную поддержку работников предприятий кластера, взаимодействующих с данным оборудованием. В то же время, производители энергосберегающего оборудования также могут взаимодействовать с энергосервисной компанией, оказывая содействие ее специалистам в вопросах выбора конкретных типов

оборудования, его монтаже и, при необходимости, подключении к коммуникациям предприятия.

В настоящее время на рынке энергосберегающего оборудования и технологий существует значительное число продуктов, обеспечивающих повышение энергоэффективности для предприятия. К примеру, в целях сокращения затрат электроэнергии в помещениях на объектах участников кластера может устанавливаться автоматизированная система управления освещением, оснащенная датчиками присутствия персонала в помещении и способная автоматически отключать освещение в периоды отсутствия в них сотрудников. В свою очередь, в качестве энергосберегающего мероприятия для системы отопления может выступить установка автоматизированного теплового пункта, способного в автоматическом режиме регулировать теплоснабжение здания с учетом различных параметров.

Еще одним источником энергосбережения является реализация мероприятий по модернизации и замене оборудования участников кластера, используемого ими в основной деятельности и обладающего высокой избыточной энергоемкостью. К примеру, в случае промышленных предприятий, являющихся наиболее крупными потребителями ТЭР в рамках кластера, это может быть замена устаревших станков на новые модели станков с ЧПУ или обрабатывающих центров, обладающие большим уровнем энергоэффективности. Кроме того, как отмечалось ранее, повысить стабильность и эффективность функционирования энергетических систем участников кластера позволяет оптимизация временных графиков и режимов работы энергопотребляющего оборудования, на основе которой минимизируются случаи пиковых нагрузок и потенциально связанные с ними аварии и нештатные ситуации. Следует отметить, что выбор конкретных энергосберегающих мероприятий и технологий зависит от актуального состояния в области энергоемкости и энергосбережения, оценка которого осуществляется в рамках энергетического аудита, основные этапы которого были раскрыты ранее. Результаты применения энергосберегающего



оборудования и технологий в целях модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия при его вхождении в состав энергоэффективного промышленного кластера приведены в Приложении 1.

Отраженные в нижней части схемы **образовательные организации** осуществляют подготовку специалистов, обладающих средним профессиональным и высшим образованием в области энергосбережения для якорных участников кластера. Прежде всего, с учетом масштаба энергоемкости, решение данной задачи обладает высокой степенью важности для входящих в состав кластера промышленных предприятий. Как показывает практика, на большинстве промышленных предприятий отсутствует штат подобных специалистов, обладающих профильным образованием в сфере повышения энергоэффективности, а задачи по энергосбережению делегируются энергетикам и инженерам предприятия. В то же время, имеющиеся на предприятиях специалисты инженерно-технического профиля, обладая компетенциями в сфере обслуживания энергохозяйства предприятия, далеко не всегда могут решать прикладные задачи по повышению энергоэффективности, часто требующие одновременного наличия и инженерных, и экономических компетенций. В результате они далеко не всегда способны оценить экономическую эффективность и выгоду для предприятия от внедрения тех или иных энергоэффективных мероприятий и технологий, вносить системный вклад в реализацию стратегии повышения его энергоэффективности в рамках кластера. Участие в работе кластера образовательных организаций позволяет решить эту задачу, реализуя как подготовку профильных специалистов по энергосбережению, так и, при необходимости, реализуя для якорных участников кластера программы дополнительного профессионального образования, переподготовки и повышения квалификации по образовательным программам в области энергосбережения.

Повышение энергетической эффективности такой крупной интегрированной структуры как кластер требует целенаправленной организации и координации этой деятельности со стороны руководства

кластера, что представляет собой отдельную серьезную задачу. Одним из элементов решения этой задачи является рассмотренная в предыдущем параграфе стратегия повышения энергоэффективности кластера. Наравне с этим, ее решению способствуют такие меры как выработка единой политики в области повышения энергоэффективности на уровне всего кластера, формирование с участием специалистов энергосервисной компании методических материалов и инструкций для специалистов организаций, ответственных за энергосбережение, проведение для них обучающих мероприятий. В качестве одного из инструментов мотивации для руководителей предприятий и организаций кластера в рамках решения данной задачи могут вводиться рейтинги его участников в области достигнутых результатов в сфере энергосбережения, подтверждающие их вклад как в сокращение собственного энергопотребления, так и в рост совокупной энергоэффективности кластера. При этом такие рейтинги могут публиковаться как на информационных ресурсах, связанных с кластером, так и в отраслевых и региональных СМИ.

«Как было отмечено ранее, применение механизма энергетического сервиса позволяет внедрять энергосберегающие технологии без каких-либо затрат со стороны научно-исследовательских организаций и промышленных предприятий. В рамках энергосервисного контракта все затраты берет на себя энергосервисная компания, выполняющая работы за счет привлечения **инвестиций**, отраженных в качестве отдельного блока в нижней части рис. 2.4» [150]. Наличие доступа к инвестиционным ресурсам существенно расширяет возможности самой энергосервисной компании в случае необходимости внедрения масштабных и высокочрезвычайных энергосберегающих мероприятий и дорогостоящего оборудования, финансовое обеспечение которых выходит за рамки ее финансовых возможностей. В Приложении 2 автором приведена структура проектируемого энергоэффективного промышленного кластера, отдельные элементы которого уже функционируют в рамках кластерного взаимодействия.

При этом одной из ключевых задач, которая определяет успешность работы по формированию энергоэффективного промышленного кластера, является оценка эффективности кластерного решения, учитывающая весь спектр эффектов, возникающих в результате его построения. Решению данной задачи посвящена следующая глава диссертационного исследования.

### **Выводы по второй главе:**

1. Разработанная классификация задач реализации энергоэффективного промышленного кластера по шести проекциям представляет собой эффективный инструмент для их систематизации разработчиками с учетом всех приоритетных направлений его развития.
2. Предложенная автором программа стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера содержит в себе семь основных стратегий кластера по отдельным направлениям развития, включая стратегию повышения его энергоэффективности.
3. Стратегия повышения энергоэффективности кластера включает в себя систему взаимосвязанных планов по внедрению энергосберегающих мероприятий и технологий с учетом результатов энергетических обследований участников кластера.
4. С учетом активного развития в условиях Индустрии 4.0 технологии искусственного интеллекта и роста ее возможностей, автором разработана организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера, включающая в себя алгоритмы машинного обучения, предиктивной аналитики, оценки и прогнозирования рисков, а также генерации рекомендаций для руководства кластера, применение которой позволяет повысить качество

принимаемых руководством управленческих решений.

5. Разработанная автором организационно-экономическая структура энергоэффективного промышленного кластера ориентирована на обеспечение эффективного взаимодействия входящих в его состав промышленных и научно-исследовательских структур, предполагая системную реализацию мероприятий по развитию цифровой инфраструктуры и повышению энергетической эффективности участников кластера.
6. Развиваемая компанией-интегратором цифровая инфраструктура на уровне основного организационного комплекса и создаваемая облачная система управления кластером позволяют достичь ряда ценных технологических эффектов, способствуя повышению эффективности как самих участников, так и процессов их внутрикластерного взаимодействия.
7. В рамках организационно-экономической структуры кластера в решении задач по повышению энергетической эффективности принимают участие энергосервисная компания, отвечающая за системное внедрение энергосберегающих мероприятий и технологий, научно-исследовательские организации, производители энергосберегающего оборудования и образовательные организации, осуществляющие подготовку профессионалов в области энергосбережения для якорных промышленных участников кластера. В совокупности их участие в работе кластера позволяет обеспечить системный подход к энергосбережению, достигая устойчивого и долгосрочного прироста энергоэффективности всего кластера.

### **Глава 3. Подходы к оценке эффективности кластерных решений в обеспечении энергосбережения при их практической реализации**

#### **3.1. Основные факторы и источники образования экономических результатов от реализации энергоэффективных промышленных кластеров**

Одним из основных условий успешного практического применения механизма формирования энергоэффективных промышленных кластеров в условиях реальной промышленности выступает получение ее организаторами и участниками ряда экономических результатов и конкурентных преимуществ благодаря использованию механизма кластерной интеграции. Само создание подобных кластеров в рыночной экономике требует от их организаторов планирования и измерения величины достигаемых результатов и управления ими на всех этапах его жизненного цикла. Для решения этой задачи руководству и профильным специалистам кластера требуется создание собственного или адаптация существующего подхода к оценке эффективности, ориентированного на проведение комплексного анализа социально-экономической эффективности кластерной структуры. С учетом объективной необходимости решения этой задачи, в настоящей главе диссертационного исследования автором предлагается методика учета экономических эффектов, возникающих при функционировании энергоэффективного промышленного кластера.

В ее основе лежит систематизация и учет факторов и источников образования экономических результатов от функционирования энергоэффективного промышленного кластера. Под факторами образования экономических результатов в контексте данного исследования понимаются ключевые направления общего совершенствования процессов энергоэффективного промышленного кластера, отражающие рост эффективности его участников в результате эффективно проведенной кластерной интеграции с последующим построением необходимой цифровой

инфраструктуры и объединением их потенциалов вокруг решения общих задач и реализации совместных проектов. Источники образования экономических результатов, в свою очередь, представляют собой те локальные прогрессивные изменения (эффекты) в процессах функционирования участвующих в работе кластера предприятий и организаций, определяющие возможность формирования соответствующих им факторов. Иными словами, факторы представляют собой относительно крупные направления роста эффективности кластера, а соответствующие им источники отражают те эффекты и лежащие в их основе технологии, преимущества и особенности кластерной структуры, которые в совокупности создают необходимые условия для этого роста.

Сложность решения задачи систематизации и учета факторов и источников образования экономических результатов от функционирования энергоэффективного промышленного кластера обусловлена тем, что подобные кластеры представляют собой сложные социально-технологические системы, в которых за ограниченные промежутки времени могут реализовываться тысячи различных процессов на всех уровнях их иерархии. В этой связи, для решения данной задачи автором разработана классификация, в рамках которой вся совокупность факторов и источников систематизирована по шести проекциям, ранее представленным в параграфе 2.1 для систематизации задач создаваемого кластера (табл. 3.1).

Классификация факторов и источников образования экономических результатов от реализации энергоэффективного  
промышленного кластера

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
1.	Организационная проекция	1.1. Повышение операционной эффективности участников кластера	<p>1.1.1. Сокращение расходов участников кластера на консультационную, юридическую, техническую, сервисную и иные виды поддержки их деятельности благодаря использованию общей инфраструктуры кластера</p> <p>1.1.2. Сокращение издержек на внутрикластерные транспортные операции благодаря использованию единой логистической системы</p> <p>1.1.3. Сокращение затрат на внедрение инноваций благодаря оптимизации системы внутрикластерного научно-промышленного взаимодействия и развитию сквозных производственно-технологических связей между его участниками</p>
2.	Экономическая проекция	2.1. Увеличение участниками кластера имеющейся рыночной доли и повышение конкурентоспособности продукции кластера	<p>2.1.1. Экономия средств участников кластера на брэндинг производимой продукции и повышение узнаваемости продукции кластера за счет разработки и популяризации единого кластерного брэнда</p> <p>2.1.2. Экономия средств на создание и развитие собственных рекламных каналов и маркетинговых коммуникаций за счет использования участниками кластера общих рекламных каналов и маркетинговых коммуникаций при организации продвижения и сбыта их продукции</p>

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>2.1.3. Экономия средств на сбор, обработку и анализ внешней и внутренней маркетинговой информации за счет использования ресурсов кластерной маркетинговой информационной системы</p> <p>2.1.4. Экономия от снижения себестоимости производимой продукции благодаря оптимизации производственно-технологических процессов и росту масштаба производства</p> <p>2.1.5. Сокращение затрат на послепродажное сервисное обслуживание и замену бракованной продукции по запросам потребителей в рамках гарантийных программ благодаря повышению уровня качества продукции</p> <p>2.1.6. Прирост объемов продаж продукции, производимой энергоэффективным промышленным кластером за счет ориентации его предприятий на производство востребованной рынком инновационной продукции</p>
		<p>2.2. Повышение эффективности управления финансово-экономическими ресурсами кластера и реализацией его проектов</p>	<p>2.2.1. Сокращение затрат на управление отдельными стадиями жизненного цикла проектов благодаря использованию кластерных механизмов проектного менеджмента</p> <p>2.2.2. Сокращение затрат на обработку и обмен экономической и финансовой информацией между участниками кластера за счет унификации и внедрения единого программного обеспечения для проведения экономических расчетов, ведения бухгалтерского и управленческого учета, систем управления проектами</p>



№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>2.2.3. Повышение операционной эффективности менеджмента при управлении проектами кластера благодаря совместному использованию цифровых инструментов визуализации данных и интеллектуальной коллаборации</p> <p>2.2.4. Сокращение потерь от реализации отдельных экономических, технических и технологических рисков за счет внедрения и использования единой кластерной системы риск-менеджмента</p>
3.	Производственная проекция	3.1. Повышение эффективности предприятий кластера и гибкости реализуемых ими процессов при производстве инновационной продукции	<p>3.1.1. Повышение гибкости и адаптивности производственных систем предприятий за счет внедрения цифровых технологий</p> <p>3.1.2. Сокращение затрат времени и трудовых ресурсов на технологическую подготовку производства, переналадку оборудования, ручную оснастку станков за счет внедрения технологий автоматизации и цифровизации производства</p> <p>3.1.3. Сокращение затрат на производство дополнительных единиц продукции для замены бракованных изделий потребителям за счет повышения качества производимой продукции</p> <p>3.1.4. Сокращение временных затрат на внедрение в производство, экспериментальный и крупносерийный выпуск продукции благодаря использованию автоматизированного оборудования и систем управления производственными процессами</p> <p>3.1.5. Сокращение убытков от простоя оборудования за</p>

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>счет интенсификации его полезного использования</p> <p>3.1.6. Сокращение расходов на техническое обслуживание оборудования сторонними организациями благодаря привлечению имеющихся в структуре кластера инфраструктурных сервисных организаций</p> <p>3.1.7. Сокращение затрат на выплату заработной платы основному и вспомогательному персоналу за счет проведения автоматизации и модернизации производственных подсистем предприятий кластера</p> <p>3.1.8. Снижение ресурсоемкости производства благодаря внедрению на предприятиях кластера системы бережливого производства</p>
		<p>3.2. Повышение объемов выпускаемой предприятиями кластера продукции</p>	<p>3.2.1. Увеличение объемов производимой продукции за счет консолидации производственных потенциалов входящих в состав кластера предприятий</p> <p>3.2.2. Сокращение временных и финансовых затрат на производство благодаря использованию единой системы производственно-технологических связей между участниками кластера</p> <p>3.2.3. Сокращение временных затрат на поставки деталей, узлов, запчастей и ресурсов между предприятиями кластера благодаря использованию единой логистической системы</p>
		<p>3.3. Повышение стабильности и отказоустойчивости производственных подсистем предприятий кластера</p>	<p>3.3.1. Сокращение убытков от аварийных остановок производства, вызванных техническим износом узлов и компонентов оборудования, благодаря передаче данных от</p>

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>автоматизированных систем контроля за состоянием оборудования посредством Промышленного интернета вещей и своевременного проведения планово-предупредительного ремонта</p> <p>3.3.2. Сокращение затрат на выплату компенсаций и пособий по временной нетрудоспособности работникам предприятий кластера за счет снижения числа случаев производственных травм рабочих по причине аварийных остановок и отказов оборудования</p>
4.	Программно-техническая проекция	<p>4.1. Повышение технологической эффективности реализации кластерных проектов</p> <p>4.2. Совершенствование внутренних административных, производственно-технологических и экономических процессов кластера</p>	<p>4.1.1. Сокращение расходов на процедуры мониторинга, сбора и анализа оперативной информации о реализации проектов кластера</p> <p>4.1.2. Сокращение финансовых и временных затрат на организацию проектного сотрудничества между участниками кластера за счет использования электронного документооборота и общего цифрового пространства для взаимодействия и обмена информацией</p> <p>4.1.3. Сокращение убытков от неэффективного проектирования производственных цепочек внутри кластера за счет использования в этом процессе экспертной поддержки систем искусственного интеллекта</p> <p>4.2.1. Сокращение расходов по всем стадиям жизненного цикла проекта за счет применения интеллектуального анализа Больших данных, обеспечивающего постоянную оптимизацию механизмов взаимодействия участников кластера</p> <p>4.2.2. Сокращение расходов на закупку и взаимоувязку</p>

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>программных продуктов разных производителей благодаря формированию и использованию единой цифровой инфраструктуры</p> <p>4.2.3. Снижение трудоемкости технологических операций за счет совершенствования механизмов и технологий человеко-машинного взаимодействия в кластере благодаря внедрению в рамках цифровой инфраструктуры киберфизических систем</p>
5.	Научно-исследовательская проекция	5.1. Расширение возможностей для проведения научно-исследовательской деятельности в рамках кластера	<p>5.1.1. Сокращение временных затрат на проведение НИОКР за счет объединения научных потенциалов научно-исследовательских организаций и промышленных структур и унификации их научной политики, процедур и подходов к проведению НИОКР</p> <p>5.1.2. Повышение эффективности прикладной научно-исследовательской и экспериментальной работы за счет модернизации существующих и создания новых лабораторий и вычислительных центров</p>
		5.2. Повышение эффективности научно-исследовательской работы за счет автоматизации деятельности научно-исследовательских организаций	<p>5.2.1. Сокращение затрат на проведение НИОКР благодаря применению технологий автоматизации научно-исследовательской деятельности</p> <p>5.2.2. Повышение эффективности поиска инновационных идей для дальнейшей проектной реализации благодаря применению алгоритмов глубокого анализа данных Банка идей</p> <p>5.2.3. Сокращение расходов на научно-исследовательское сотрудничество двух и более организаций кластера за счет использования программного обеспечения для</p>

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>виртуализации командной работы</p> <p>5.2.4. Сокращение издержек на проведение сложных вычислений благодаря использованию системы облачных вычислений цифровой инфраструктуры кластера</p> <p>5.2.5. Сокращение издержек на проектирование, прототипирование разрабатываемых продуктов за счет применения унифицированных на уровне кластера систем автоматизированного проектирования</p>
6.	Энергоэффективная проекция	<p>6.1. Повышение энергетической эффективности кластера</p> <p>6.2. Повышение стабильности и отказоустойчивости функционирования энергетических систем участников кластера</p>	<p>6.1.1. Сокращение затрат на оплату электроэнергии, горячего и холодного водоснабжения, теплоэнергии, топливных ресурсов и горючего, используемых участниками кластера благодаря реализации системного энергосбережения, включая модернизацию их энергетических и инженерных коммуникаций, внедрение энергоэффективных технологий, установку энергосберегающего оборудования и систем</p> <p>6.1.2. Сокращение затрат на внедрение энергосберегающих мероприятий и технологий на базе входящих в состав кластера предприятий и организаций за счет использования механизма энергетического сервиса</p> <p>6.2.1. Сокращение потерь от аварийного отключения и перебоев в системах энергоснабжения предприятий и организаций кластера за счет использования автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления</p> <p>6.2.2. Сокращение затрат на оплату больничных, пособий по временной нетрудоспособности вследствие</p>

№ п/п	Наименование проекции развития кластера	Факторы образования экономических результатов	Источники образования экономических результатов
			<p>производственных травм основного производственного и вспомогательного персонала, произошедших при работе в энергосистемах предприятий и организаций кластера</p> <p>6.2.3. Сокращение расходов на ремонтно-восстановительные работы в энергетических системах, запасные части и узлы оборудования предприятий и организаций кластера, поврежденного в результате перебоев в системах энергоснабжения и аварийного отключения питания</p>

В рамках приведенной выше классификации автором было сформулировано значительное количество факторов и источников образования экономических результатов от реализации энергоэффективного промышленного кластера с тем, чтобы сформировать системное представление о тех потенциальных преимуществах и экономических выгодах, которые могут быть получены при его организации. При этом объем использования конкретных элементов в рамках методических подходов к оценке эффективности кластера определяется с учетом параметров оцениваемого проекта и специфики конкретной кластерной структуры. Решению задачи по совершенствованию методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при реализации энергоэффективного промышленного кластера, посвящен следующий раздел диссертационного исследования.

### **3.2. Совершенствование методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при реализации энергоэффективного промышленного кластера**

«Формирование энергоэффективного промышленного кластера представляет собой многоэтапный процесс, требующий для успешной реализации как участия в нем опытной команды разработчиков, так и привлечения весьма существенных объемов инвестиционных ресурсов. Учитывая специфику подобных кластеров, их построение предполагает не просто организационную и технологическую интеграцию промышленных предприятий и организаций, но, также, и реализацию мер по их технологическому развитию. В число направлений такого развития входит модернизация и комплексная автоматизация промышленных предприятий, организация высокотехнологичных лабораторий на базе научных организаций, внедрение дорогостоящего энергосберегающего оборудования и систем учета топливно-энергетических ресурсов, проведение

системной цифровизации участников кластера и т.д. Соответственно, затраты на построение такого кластера могут составлять десятки и сотни миллионов рублей, требуемые на создание необходимых технологических и организационных условий для непосредственной разработки и внедрения в производство высокотехнологичной инновационной продукции. С учетом перечисленных факторов, сам проект по созданию кластера и обоснование принятия решения по его формированию должны базироваться на объективных результатах предварительной оценки его социально-экономической эффективности» [148].

«Разрабатываемые подходы к оценке эффективности проекта по формированию энергоэффективного промышленного кластера, по мнению автора, должны отвечать следующим условиям» [148]:

- «поскольку сам проект по созданию и развитию кластера как постоянно действующей в экономике региона структуры подразумевает его функционирование в перспективе неограниченного временного промежутка, то сама методика должна базироваться на применении динамических показателей оценки эффективности инвестиций, подразумевающих возможность проведения оценки его развития в перспективе двух и более лет» [148];
- «принимая во внимание структурную и функциональную сложность энергоэффективного промышленного кластера как социально-технологической системы и необходимость учета всех факторов образования социально-экономических результатов, методика оценки должна включать в себя оценку возникающих при его функционировании результатов во всех проекциях его развития» [148];
- «при расчете затрат на реализацию кластера необходимо учитывать в качестве отдельной категории затраты на проведение кластерной интеграции предприятий и организаций с учетом расходов на их комплексную сквозную цифровизацию» [148].

Учитывая многоаспектность формирования кластера, следует выбрать необходимый уровень детализации и группировки экономических результатов. В



данной работе предлагается рассматривать деятельность кластера в нескольких проекциях: организационной, экономической, производственной, программно-технической, научно-исследовательской и энергоэффективной проекциях.

«В первую очередь, следует определить результаты от развития кластера в организационной проекции как потенциальный прирост денежного потока и экономию ресурсов, основным источником которых являются преимущества и особенности организационного взаимодействия участников, обусловленные спецификой их объединения в составе единой кластерной структуры:

$$\Delta D_{\text{оп}i} = \Delta_{\text{инф}i} + \Delta_{\text{тр}i} + \Delta_{\text{вн}i} , \quad (3.1)$$

$\Delta_{\text{инф}i}$  – сокращение расходов участников кластера на консультационную, юридическую, техническую, сервисную и иные виды поддержки их деятельности благодаря использованию общей инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{тр}i}$  – сокращение издержек на внутрикластерные транспортные операции благодаря использованию единой логистической системы в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{вн}i}$  – сокращение затрат на внедрение инноваций благодаря оптимизации системы внутрикластерного научно-промышленного взаимодействия и развитию сквозных производственно-технологических связей между его участниками в  $i$ -ом году» [148].

«Результаты от развития кластера в экономической проекции образуются вследствие повышения эффективности управления различными экономическими процессами его участников в результате кластерной интеграции. Расчет потенциального прироста денежного потока от развития кластера в экономической проекции осуществляется по нижеследующей формуле:

$$\Delta D_{\text{эп}i} = \Delta_{\text{об}i} + \Delta_{\text{бр}i} + \Delta_{\text{мк}i} + \Delta_{\text{мис}i} + \Delta_{\text{себ}i} + \Delta_{\text{пс}i} + \Delta_{\text{жц}i} + \Delta_{\text{эпо}i} + \Delta_{\text{риск}i} , \quad (3.2)$$

где  $\Delta_{\text{Об}i}$  – прирост объемов продаж продукции, производимой энергоэффективным промышленным кластером в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{БР}i}$  – экономия средств участников кластера на брэндинг производимой продукции благодаря созданию и продвижению общего кластерного брэнда в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{МК}i}$  – экономия средств на создание и развитие собственных рекламных каналов и маркетинговых коммуникаций за счет использования общих маркетинговых коммуникаций кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{МИС}i}$  – экономия средств на сбор, обработку и анализ внешней и внутренней маркетинговой информации за счет использования общих ресурсов кластерной маркетинговой информационной системы в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{СЕБ}i}$  – экономия от снижения себестоимости производимой продукции благодаря оптимизации производственно-технологических процессов и роста масштаба производства в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ПСО}i}$  – сокращение затрат на послепродажное сервисное обслуживание и замену бракованной продукции по запросам потребителей в рамках гарантийных программ благодаря повышению уровня качества производства в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ЖЦ}i}$  – сокращение затрат на управление отдельными стадиями жизненного цикла проектов благодаря использованию кластерных механизмов проектного менеджмента в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ЭПО}i}$  – сокращение затрат на обработку и обмен экономической и финансовой информацией между участниками кластера за счет унификации и внедрения единого программного обеспечения для проведения экономических расчетов, ведения бухгалтерского и управленческого учета, систем управления проектами в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{РИСК}i}$  – сокращение потерь от реализации отдельных экономических, технических и технологических рисков за счет внедрения и использования единой кластерной системы риск-менеджмента в  $i$ -ом году» [148].

«Важное место в оценке эффективности проекта по созданию кластера занимает анализ и оценка результатов, образующихся в производственной проекции его развития. Совокупность данных результатов отражает те позитивные изменения в результате формирования кластера, которые оказывают влияние на эффективность его производственных процессов, а их оценка осуществляется на основе следующей формулы:

$$\Delta D_{ппi} = \mathcal{E}_{зпi} + \mathcal{E}_{тппi} + \mathcal{E}_{оснi} + \mathcal{E}_{дпi} + \mathcal{E}_{авi} + \mathcal{E}_{коби} + \mathcal{E}_{проби} + \mathcal{E}_{тооби} + \mathcal{E}_{рпi}, \quad (3.3)$$

где  $\mathcal{E}_{зпi}$  – сокращение затрат на оплату труда основного и вспомогательного персонала за счет проведения автоматизации и модернизации производственных подсистем предприятий кластера в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{тппi}$  – сокращение затрат на технологическую подготовку производства в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{оснi}$  – сокращение затрат на ручную оснастку станков за счет применения автоматизированных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{дпi}$  – сокращение затрат на производство дополнительных единиц продукции в рамках программ сервисного обслуживания и замены бракованных изделий потребителям за счет повышения качества производимой продукции в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{авi}$  – сокращение убытков от аварийных остановок производства в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{коби}$  – сокращение затрат на контроль за состоянием оборудования, расходов на запчасти и ремонтные работы за счет внедрения автоматизированных систем контроля на базе Промышленного интернета вещей в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{проби}$  – сокращение убытков от простоя оборудования в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{тооби}$  – сокращение расходов на техническое обслуживание оборудования сторонними организациями благодаря использованию ресурсов, имеющихся в структуре кластера инфраструктурных сервисных организаций в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{\text{рп}i}$  – снижение ресурсоемкости производства благодаря внедрению на предприятиях кластера системы бережливого производства в  $i$ -ом году» [148].

«Влияние на рост экономической эффективности проекта по формированию кластера комплекса цифровых технологий и мероприятий по его цифровизации определяется на основе расчета эффектов от его развития в программно-технической проекции согласно следующей формуле:

$$\Delta D_{\text{птп}i} = \mathcal{E}_{\text{мон}i} + \mathcal{E}_{\text{бн}i} + \mathcal{E}_{\text{нпр}i} + \mathcal{E}_{\text{по}i} + \mathcal{E}_{\text{ижц}i}, \quad (3.4)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{мон}i}$  – сокращение расходов на процедуры мониторинга, сбора и анализа оперативной информации о реализации проектов кластера в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{\text{бн}i}$  – сокращение расходов на бумажные носители, канцелярские принадлежности, расходные материалы и запчасти для оргтехники в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{\text{нпр}i}$  – сокращение убытков от неэффективного проектирования производственных цепочек внутри кластера в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{\text{по}i}$  – сокращение расходов на закупку и взаимоувязку программных продуктов разных производителей благодаря формированию и использованию единой цифровой инфраструктуры в  $i$ -ом году;

$\mathcal{E}_{\text{ижц}i}$  – сокращение расходов по всем стадиям жизненного цикла проекта за счет применения интеллектуального анализа Больших данных, обеспечивающего постоянную оптимизацию механизмов взаимодействия участников кластера в  $i$ -ом году» [148].

«Повышение эффективности научно-исследовательской деятельности, осуществляемой научными организациями кластера с целью разработки инноваций, характеризуется рядом результатов, образующихся в научно-исследовательской проекции развития данной кластерной структуры. Расчет проводится по следующей формуле:

$$\Delta D_{\text{нип}i} = \mathcal{E}_{\text{ниокр}i} + \mathcal{E}_{\text{нис}i} + \mathcal{E}_{\text{выч}i} + \mathcal{E}_{\text{проект}i}, \quad (3.5)$$

где  $\Delta_{\text{НИОКР}i}$  – Сокращение затрат на проведение НИОКР благодаря применению технологий автоматизации научно-исследовательской деятельности в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{НИС}i}$  – сокращение расходов на научно-исследовательское сотрудничество двух и более организаций кластера за счет использования программного обеспечения для виртуализации командной работы в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ВЫЧ}i}$  – сокращение издержек на проведение сложных вычислений благодаря использованию системы облачных вычислений цифровой инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ПРОЕКТ}i}$  – сокращение издержек на проектирование, прототипирование разрабатываемых продуктов за счет применения унифицированных на уровне кластера систем автоматизированного проектирования в  $i$ -ом году» [148].

«Ключевое место в оценке эффективности проекта по созданию кластера занимает оценка прироста его энергетической эффективности, проводимая на основе расчета получаемых в результате внедрения энергосберегающих технологий, оборудования и мероприятий эффектов, образующихся в энергоэффективной проекции его развития:

$$\Delta D_{\text{ЭФП}i} = \Delta_{\text{ЭЭ}i} + \Delta_{\text{ГВС}i} + \Delta_{\text{ОТП}i} + \Delta_{\text{ТОП}i} + \Delta_{\text{ПЕР}i} + \Delta_{\text{РЕМ}i}, \quad (3.6)$$

где  $\Delta_{\text{ЭЭ}i}$  – сокращение затрат на оплату электроэнергии, потребляемой предприятиями и организациями кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ГВС}i}$  – сокращение затрат на оплату горячего и холодного водоснабжения предприятий и организаций кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ОТП}i}$  – сокращение затрат на оплату теплоэнергии, используемой при отоплении предприятий и организаций кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ТОП}i}$  – сокращение затрат на оплату топливных ресурсов и горючего, используемых в процессе функционирования предприятий и организаций кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{ПЕР}i}$  – сокращение потерь от аварийного отключения и перебоев в системах энергоснабжения предприятий и организаций кластера в  $i$ -ом году;

$\Delta_{\text{РЕМ}i}$  – сокращение расходов на ремонтно-восстановительные работы в энергетических системах, запасные части и узлы оборудования предприятий и организаций кластера, поврежденного в результате перебоев в системах энергоснабжения и аварийного отключения питания в  $i$ -ом году» [148].

«Проведя декомпозицию отдельных результатов, потенциально образующих во всех проекциях развития кластера прирост денежного потока, следует раскрыть структуру затрат на формирование и деятельность данного кластера. Наибольший вес в их структуре занимают капитальные затраты на построение энергоэффективного промышленного кластера, расчет которых проводится по следующей формуле:

$$\Delta_{\text{КАП}i} = I_{\text{СТО}i} + I_{\text{СТИ}i} + I_{\text{МОД}i} + I_{\text{АВТ}i} + I_{\text{МЛ}i} + I_{\text{ОНЛ}i} + I_{\text{ПОИНФ}i} + I_{\text{ПОА}i} + I_{\text{ПОН}i} + I_{\text{ЭЭФ}i} + I_{\text{СКТУ}i} ,$$

(3.7)

где  $I_{\text{СТО}i}$  – затраты на строительство зданий и сооружений для обеспечения нужд предприятий и организаций, входящих в основной организационный комплекс кластера, в  $i$ -ом году;

$I_{\text{СТИ}i}$  – затраты на строительство объектов кластерной инфраструктуры (включая центр обработки данных) в  $i$ -ом году;

$I_{\text{МОД}i}$  – затраты на модернизацию промышленного оборудования предприятий кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{АВТ}i}$  – затраты на закупку и внедрение оборудования для проведения комплексной автоматизации на предприятиях кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{МЛ}i}$  – затраты на модернизацию лабораторий, действующих в структуре научных организаций кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ОНЛ}i}$  – затраты на организацию новых собственных и совместных лабораторий в структуре научных организаций кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ПОИНФ}i}$  – затраты на закупку и установку программного обеспечения для построения общей цифровой инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ПОА}i}$  – затраты на закупку и установку программного обеспечения для систем автоматизации предприятий кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ПОН}i}$  – затраты на закупку и установку программного обеспечения для научных организаций кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ЭЭФ}i}$  – затраты на закупку и установку энергосберегающего оборудования и внедрение энергоэффективных технологий на предприятиях и в организациях кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{СКТУ}i}$  – затраты на закупку и установку систем коммерческого и технологического учета топливно-энергетических ресурсов, а также автоматизированных систем диспетчерского контроля и управления на уровне кластера в  $i$ -ом году» [148].

«В качестве отдельной категории затрат на создание и функционирование кластера выступают затраты на проведение кластерной интеграции между его участниками, происходящей как в организационно-технологической и экономической, так и в цифровой плоскостях. Формируя на их основе отдельную категорию, автор подчеркивает важность их анализа и учета как самостоятельного комплекса мероприятий и технологий, обеспечивающего органичную интеграцию разных по сферам деятельности, масштабу и структуре внутренних процессов организаций. Расчет затрат на проведение кластерной интеграции осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{ИНТ}i} = I_{\text{ЦИФ}i} + I_{\text{ИНВ}i} + I_{\text{ОБЛ}i} + I_{\text{СКВ}i} + I_{\text{ВЗУ}i} + I_{\text{ЛОГ}i} + I_{\text{НТД}i} + I_{\text{УЧ}i} + I_{\text{ПЛ}i} + I_{\text{КОМ}i}, \quad (3.8)$$

где  $I_{\text{ЦИФ}i}$  – затраты на развертывание общей цифровой инфраструктуры кластера и ее подключение к Центру обработки данных в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ИНВ}i}$  – затраты на развертывание аппаратной и программной инфраструктуры Промышленного интернета вещей в  $i$ -ом году;

$I_{\text{Обл}i}$  – затраты на проектирование и организацию Цифрового облака кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{СКВ}i}$  – затраты на организацию системы сквозных производственно-технологических процессов в  $i$ -ом году;

$I_{\text{ВЗУ}i}$  – затраты на взаимоувязку входящих в состав кластера организаций и предприятий в общей цифровой инфраструктуре в рамках совместной деятельности в  $i$ -ом году;

$I_{\text{Лог}i}$  – затраты на организацию и развитие единой логистической системы кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{НТД}i}$  – затраты на разработку, внедрение и совершенствование единой системы унифицированной нормативно-технической документации для всех участников кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{Уч}i}$  – затраты на обучение руководителей, инженеров, проектировщиков, программистов и других профильных специалистов основам работы с интеллектуальными системами цифровизации процессов кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{Пл}i}$  – затраты на разработку, внедрение и развитие системы стратегических, тактических и оперативных планов развития кластера в  $i$ -ом году;

$I_{\text{КОМ}i}$  – затраты на организацию научно-промышленных коммуникаций между научными организациями и предприятиями кластера в  $i$ -ом году» [148].

«В свою очередь, эксплуатационные расходы кластера отражают в себе все текущие затраты, осуществляемые для обеспечения функционирования предприятий и организаций кластерной структуры непосредственно при реализации проектов по разработке и производству инновационной продукции. Величина эксплуатационных расходов кластера рассчитывается по нижеследующей формуле:

$$Z_{\text{ЭК}i} = I_{\text{СМ}i} + I_{\text{ТЭР}i} + I_{\text{ТОП}i} + I_{\text{ТОН}i} + I_{\text{АМП}i} + I_{\text{АМН}i} + I_{\text{НПО}i} + I_{\text{ТОЦ}i} + I_{\text{АМЦ}i} + I_{\text{АДМ}i} + I_{\text{ЗПА}i} + I_{\text{ЗПИ}i} + I_{\text{ЗПН}i} + I_{\text{ЗПИ}i} + I_{\text{КОММ}i} + I_{\text{НЛС}i} + I_{\text{ТР}i} + I_{\text{СОЦ}i} + I_{\text{РКМ}i} + I_{\text{ПНР}i} , \quad (3.9)$$



где  $I_{CMi}$  – затраты на сырье и материалы, используемые при производстве инновационной продукции предприятиями кластера в  $i$ -ом году;

$I_{TЭPи}$  – затраты на топливно-энергетические ресурсы, потребляемые предприятиями и организациями кластера при реализации проектов в  $i$ -ом году;

$I_{ТОPi}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт производственного оборудования входящих в состав кластера предприятий в  $i$ -ом году;

$I_{ТОHi}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования для проведения научно-исследовательской работы входящих в состав кластера научных организаций в  $i$ -ом году;

$I_{АМPi}$  – затраты на амортизацию промышленного оборудования предприятий кластера в  $i$ -ом году;

$I_{АМHi}$  – затраты на амортизацию оборудования для проведения научно-исследовательской работы входящих в состав кластера научных организаций в  $i$ -ом году;

$I_{НПОи}$  – затраты на настройку и наладку производственного оборудования входящих в состав кластера предприятий в  $i$ -ом году;

$I_{ТОЦи}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования цифровой инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$I_{АМЦи}$  – затраты на амортизацию оборудования цифровой инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$I_{АДMi}$  – затраты на администрирование программных систем цифровой инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$I_{ЗПАи}$  – затраты на выплату заработной платы руководителям организаций и предприятий кластера и административно-управленческому персоналу в  $i$ -ом году;

$I_{ЗПРи}$  – затраты на выплату заработной платы основному и вспомогательному персоналу промышленных предприятий кластера в  $i$ -ом году;

$I_{ЗПHi}$  – затраты на выплату заработной платы сотрудникам научных организаций кластера в  $i$ -ом году;

$I_{ЗПИi}$  – затраты на выплату заработной платы сотрудникам организаций инфраструктуры кластера в  $i$ -ом году;

$I_{КОММi}$  – затраты на оплату коммунальных услуг организациями и предприятиями кластера в  $i$ -ом году;

$I_{НЛСi}$  – затраты на оплату налоговых отчислений и страховых взносов организациями и предприятиями кластера в  $i$ -ом году;

$I_{ТРi}$  – транспортные расходы, возникающие при реализации проектов кластера в  $i$ -ом году;

$I_{СОЦi}$  – затраты на социальные расходы кластера (оплата программ добровольного медицинского страхования для сотрудников, путевок в санатории и дома отдыха, компенсации для возмещения вреда здоровью, полученного сотрудником на производстве, компенсации для сотрудниц кластера на период декретного отпуска и др.) в  $i$ -ом году;

$I_{РКМi}$  – затраты на подготовку и распространение рекламы продукции кластера по заранее установленным информационным каналам в  $i$ -ом году;

$I_{ПНРi}$  – прочие накладные расходы кластера в  $i$ -ом году» [148].

«Отдельной задачей при оценке эффективности формирования энергоэффективного кластера выступает определение ставки дисконтирования. С учетом того, что энергосберегающий промышленный кластер представляет собой взаимосвязанный комплекс предприятий, научных и инфраструктурных организаций различного масштаба и профиля, а реализация проектов в нем происходит на основе многоуровневой системы связей, наиболее точный расчет ставки дисконтирования, по мнению автора, должен базироваться на методе экспертных оценок. Данный метод предполагает привлечение к процедуре определения ставки дисконтирования ряда опытных экспертов, обладающих обширными познаниями в отрасли специализации кластера и имеющих практический успешный опыт выполнения проектов в данной отрасли. Организация их работы происходит на основе формирования экспертной панели, в фокусе внимания которой находится оценка конкретных проектных инициатив, разработанных участниками кластера. Сама работа такой экспертной панели

предполагает проведение ряда экономических исследований, а сама сложность стоящих перед ней задач объясняется необходимостью учесть в разрабатываемой ставке дисконта максимально приближенные к реальным экономическим условиям уровни неопределенности и риска, характерных для проектов по коммерциализации инноваций» [148].

«В своей работе эксперты анализируют общие параметры структуры и динамики развития целевых для кластера рынков, а также уделяют особое внимание анализу подобных по технической специфике и масштабу проектов по коммерциализации инноваций, уже реализованных конкурентами кластера. Проанализированный опыт конкурентов, полученный теми при реализации аналогичных проектов, раскрывает те реальные проектные риски, которые непосредственно оказали влияние на их проекты и позволяет учесть эти риски при формировании ставки дисконта. Анализ целевых рынков, в свою очередь, призван детализировать и обосновать на основе объективных аналитических данных уровень рыночных рисков, связанных с выводом произведенной кластером инновационной продукции на внутренний и внешние рынки. Благодаря такому исследованию, эксперты получают в свое распоряжение объективные данные для дальнейшего расчета рисков и минимизации уровня неопределенности проекта кластера, на основе которых и с применением личного опыта каждый из экспертов рассчитывает собственную величину ставки дисконтирования. Дальнейшая работа экспертной панели направлена на обсуждение и оценку предложений входящих в нее экспертов, согласование и выбор наиболее оптимальной альтернативы. По мнению автора, рассмотренный метод определения ставки дисконтирования на основе экспертных оценок позволяет получить наиболее оптимальный результат по сравнению с более простыми и популярными методами ее определения в силу их изначальной ориентации на оценку проекта одной организации, а не кластерного образования, а также сложности и специфики прогнозирования кривой жизненного цикла инновации, реализуемой в конкретной отрасли» [148].

«С учетом вышеизложенного в качестве основного показателя оценки эффективности проекта по формированию кластера автором был выбран критерий максимума чистого дисконтированного дохода от реализуемых кластером проектов (NPV – Net Present Value), а в качестве проверочного критерия – индекс доходности (PI – Profitability Index). В соответствии с перечисленными выше условиями, для оценки эффективности проекта по созданию кластера автором была получена следующая формула:

$$NPV_{\text{ЭПК}} = \sum_{i=1}^I \frac{\Delta Д_{\text{ДП}i} + \Delta Д_{\text{ОП}i} + \Delta Д_{\text{ЭП}i} + \Delta Д_{\text{ПП}i} + \Delta Д_{\text{ПТП}i} + \Delta Д_{\text{НИП}i} + \Delta Д_{\text{ЭФП}i}}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^I \frac{З_{\text{КАП}i} + З_{\text{ИНТ}i} + З_{\text{ЭКС}i}}{(1+r)^i} \rightarrow \max, \quad (3.10)$$

где  $I$  – количество расчетных временных периодов функционирования энергоэффективного промышленного кластера;

$\Delta Д_{\text{ДП}i}$  – денежный поток от деятельности кластера без проекта энергоэффективности в  $i$ -ом году;

$\Delta Д_{\text{ОП}i}$  – экономия в организационной проекции в  $i$ -ом году;

$\Delta Д_{\text{ЭП}i}$  – экономия в экономической проекции в  $i$ -ом году;

$\Delta Д_{\text{ПП}i}$  – экономия в производственной проекции в  $i$ -ом году;

$\Delta Д_{\text{ПТП}i}$  – экономия в программно-технической проекции в  $i$ -ом году;

$\Delta Д_{\text{НИП}i}$  – экономия в научно-исследовательской проекции в  $i$ -ом году;

$\Delta Д_{\text{ЭФП}i}$  – экономия в энергоэффективной проекции в  $i$ -ом году;

$З_{\text{КАП}i}$  – капитальные затраты на построение и функционирование кластера в  $i$ -ом году;

$З_{\text{ИНТ}i}$  – затраты на осуществление кластерной интеграции предприятий и организаций, внедрение и поддержку интеграционных механизмов взаимодействия, включая внедрение и поддержку систем цифровизации в  $i$ -ом году;

$З_{\text{ЭКС}i}$  – эксплуатационные затраты на построение и функционирование кластера в  $i$ -ом году;

$r$  – ставка дисконтирования» [148].

«Как можно отметить из данных формулы 3.10, в ее левой части, автором также учитываются те потенциальные эффекты, которые образуются при реализации кластерного проекта во всех проекциях развития энергоэффективного промышленного кластера. Благодаря такому подходу, осуществляется охват максимального числа положительных результатов, являющихся следствием процессов кластеризации, автоматизации и цифровизации организаций и предприятий кластера, формирования совокупности сквозных процессов разработки и внедрения в производство инноваций, а также прирост его энергоэффективности» [148].

«В качестве проверочного критерия для оценки эффективности проекта по созданию энергоэффективного промышленного кластера автор полагает целесообразным использовать индекс доходности, расчет которого проводится по следующей формуле:

$$PI_{\text{ЭПК}} = \frac{\sum_{i=1}^I \frac{D_{\text{СОВ}i}}{(1+r)^i}}{ИН_{\text{ПЕР}}}, \quad (3.11)$$

где  $D_{\text{СОВ}i}$  – совокупный чистый денежный поток от деятельности энергоэффективного промышленного кластера в  $i$ -ом году;

$ИН_{\text{ПЕР}}$  – объем инвестиций, первоначально вложенных в создание энергоэффективного промышленного кластера» [148].

«При проведении расчетов эффективности кластера по формуле 3.11, кластер считается эффективным при  $PI_{\text{ИЭК}} > 1$ . В случае, если  $PI_{\text{ИЭК}} < 1$ , то проект по созданию энергоэффективного промышленного кластера должен быть отклонен» [148].

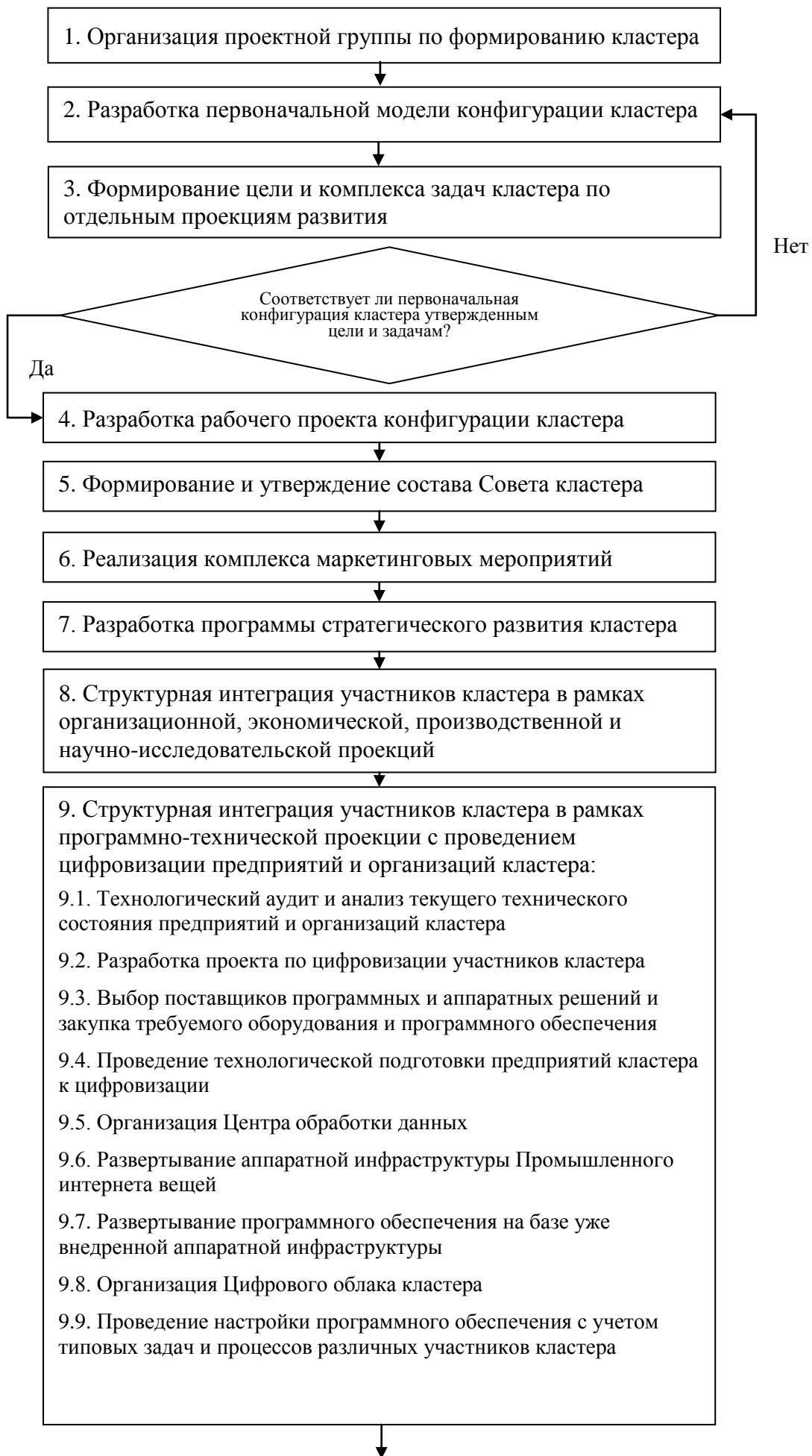
«Разработанные автором решения по оценке эффективности проекта по формированию энергоэффективного промышленного кластера могут применяться как в рамках предварительной оценки эффективности, предшествующей принятию решения о его формировании, так и в процессе его развития. В своей

структуре данный подход содержит исчерпывающее число внутренних компонент, в полной мере отражающих как получаемые при его реализации эффекты, так и всю совокупность затрат на его создание и развитие, включая декомпозицию результатов, связанных с ростом его энергетической эффективности» [148]. Результаты оценки эффективности модернизации цеха якорного промышленного предприятия в рамках создаваемого энергоэффективного промышленного кластера приведены в Приложении 3.

Одной из ключевых прикладных задач по построению энергоэффективного промышленного кластера выступает разработка алгоритма его формирования. Решение этой задачи будет раскрыто автором в следующем разделе диссертационного исследования.

### **3.3. Итоговый алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера**

Практическое формирование энергоэффективного промышленного кластера как сложной социально-технологической системы базируется на решении задачи выбора четкой последовательности отдельных мероприятий и процедур, очередность которых соответствует принципам системного подхода и позволяет наиболее оптимально связать в единой интегрированной структуре разные по своему масштабу, функциональной принадлежности и целевым функциям предприятия и организации. С целью решения данной задачи автором был разработан итоговый алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера, представленный ниже на рис. 3.1.



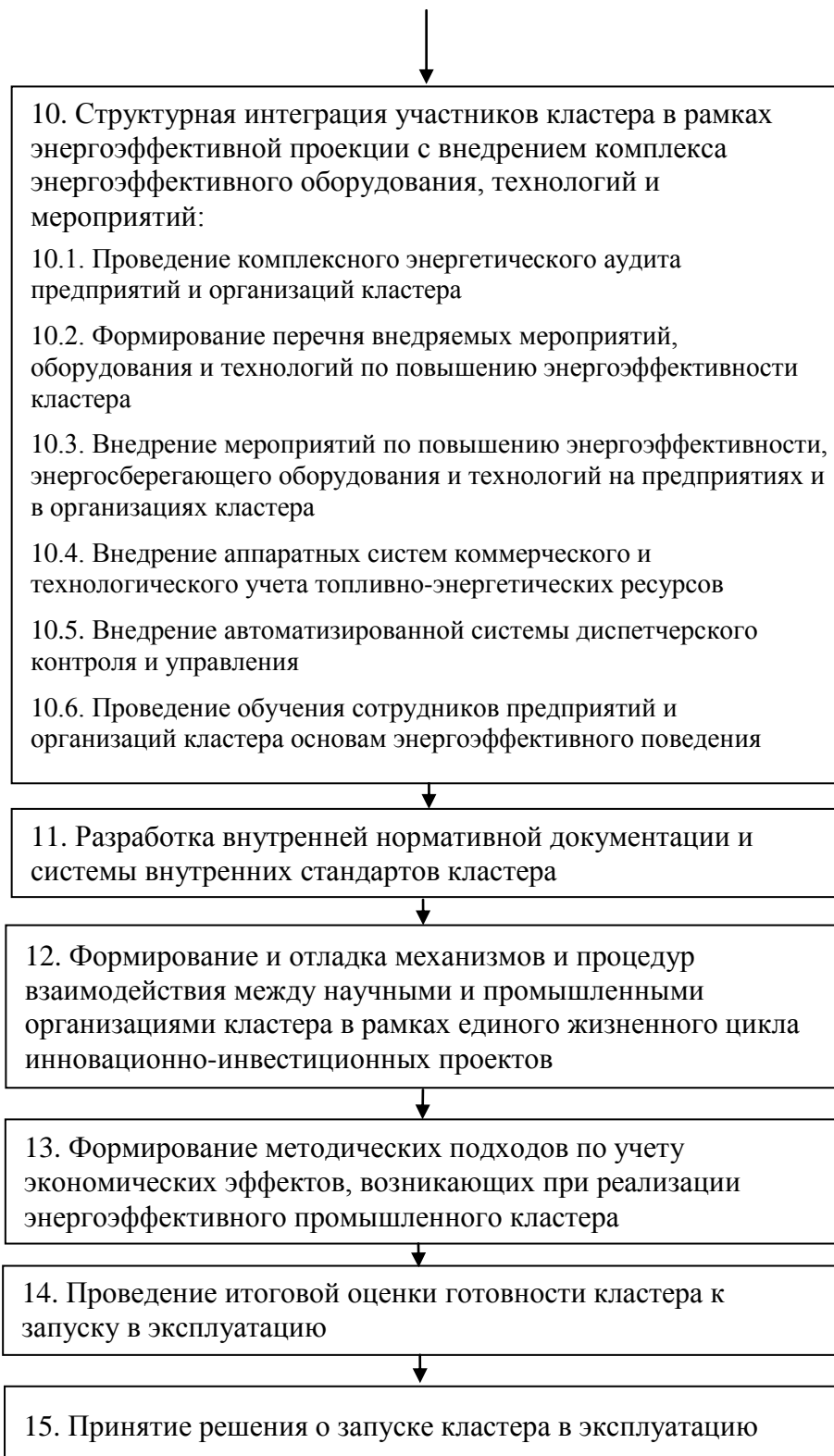


Рис. 3.1. Алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)



Как можно отметить из данных рис. 3.1, весь алгоритм построения энергоэффективного промышленного кластера был структурирован автором в рамках 15 отдельных этапов. Каждый из этапов, представляя, по своей сущности, отдельное мероприятие или набор мероприятий, тесно связан с другими этапами внутренней логикой формирования из группы разрозненных структур единого кластерного образования, обладающего не присущим им по отдельности технологическим и экономическим потенциалом, который используется его руководством для решения ранее недостижимых для отдельных участников задач и целей.

Первым этапом на пути формирования энергоэффективного промышленного кластера выступает организация проектной группы. В ее состав должны входить руководители тех организаций и предприятий, которые планируют свое вхождение в состав создаваемого кластера. Кроме того, в ней принимают участие эксперты из отрасли, в которой будет функционировать кластер, специалисты в области проектирования кластерных структур, консультанты и эксперты из сфер промышленной автоматизации и цифровизации, а также представители энергосервисной компании. Наравне с этим, в проектную группу могут входить технические специалисты, являющиеся опытными профессионалами в таких сферах как строительство, экономика инноваций, исследования инновационных рынков, юриспруденция, проектное управление, финансовое моделирование, проектирование производственных процессов, кластерный менеджмент, взаимодействие с органами государственной власти и др. На долю технических специалистов отводится весь объем оперативной работы, связанной с анализом тех решений и сценариев построения кластера, которые вырабатываются представителями руководящего звена группы, прежде всего, с позиции прикладной эффективности и реализуемости выдвигаемых отдельными руководителями проектной группы инициатив.

На втором этапе участниками проектной группы осуществляется разработка первоначальной модели конфигурации кластера. Участниками группы определяются перспективные направления внутрикластерного взаимодействия с

учетом тех проектов, которые развивались ими до начала кластерной интеграции. Ценную поддержку на этом этапе могут оказать специалисты в сфере исследования инновационных рынков, задачей которых является поиск перспективных инновационных трендов с учетом возможностей потенциальных участников кластера, имеющих в их распоряжении портфели проектов, патентов и технологий. Основной задачей на этом этапе является создание некоей упрощенной модели конфигурации кластера, на основе которой участники проектной группы смогли бы проанализировать наиболее очевидные преимущества от интеграции, получить общее представление о росте возможностей собственных организаций при вступлении в кластер, оценить наиболее вероятные стратегические перспективы, а также изучить потенциальные риски и угрозы. Сама первоначальная модель конфигурации кластера на этом этапе может быть визуализирована в форме комплекса схем и диаграмм, отражающих взаимодействие участников кластера и формализованных при помощи инструментов экономико-математического и финансового моделирования. Данная модель должна включать в себя не только формализованный образ самого кластера, но также те инструменты, бизнес-модели, которые смогут использоваться при коммерциализации создаваемых в нем инноваций. Таким образом, уже на этапе создания предварительной модели конфигурации кластера его участники могут получить необходимое базовое представление о том, каким образом будет осуществляться возврат вложенных в его создание ресурсов.

Третий этап алгоритма по организации кластера посвящается формированию цели и комплекса задач, которые требуется решить для построения кластера. Как было отмечено в параграфе 2.1 настоящего исследования, этот процесс подразумевает определение единой цели и формирование комплекса задач по шести проекциям развития создаваемого кластера: энергоэффективной, организационной, экономической, производственной, программно-технической и научно-исследовательской. При разработке цели и задач построения кластера участники учитывают текущее

экономическое и технологическое состояние организаций и предприятий, участвующих в проекте по созданию кластера. После завершения этого этапа участниками проектной группы проводится оценка соответствия разработанных цели и задач формирования кластера той первоначальной конфигурации самой кластерной структуры, которая была разработана на втором этапе алгоритма. В том случае, если в первоначальной конфигурации кластера в процессе этого анализа эксперты выявляют неспособность участников в установленные временные промежутки успешно решить поставленные задачи в одной или нескольких проекциях, то сама модель конфигурации кластера пересматривается и в нее вносятся необходимые изменения. Данные изменения могут касаться как механизмов внутрикластерного взаимодействия участников, так и предполагать исключение из проекта по созданию кластера отдельных участников, либо привлечение новых организаций и предприятий. Оптимизация модели конфигурации кластера осуществляется до тех пор, пока она не придет в полное соответствие с теми критериями, которые определяют возможность своевременного и полностью успешного решения задач по формированию кластера во всех шести проекциях.

В том случае, если первоначальная модель конфигурации кластера была признана оптимальной с учетом разработанных цели и задач его построения, проектная группа переходит к четвертому этапу алгоритма, на котором проводится разработка рабочего проекта конфигурации кластера. Она предполагает проведение углубленных экономических расчетов, комплексную оценку потенциала каждого из участников кластера в рамках сценариев дальнейшего проектного взаимодействия, согласование тех функциональных ролей, которые участникам предстоит выполнять в рамках кластерного сотрудничества. Кроме того, окончательно определяются организации инфраструктуры кластера, их функции, показатели эффективности и механизмы взаимодействия с предприятиями и организациями, составляющими основной организационный комплекс кластера.

В рамках пятого этапа алгоритма осуществляется выбор, согласование и коллективное утверждение членов Совета кластера – основного управляющего органа, осуществляющего управление развитием кластера и совместными проектами его участников. Прежде всего, в состав Совета кластера входят непосредственные руководители участвующих в нем предприятий и организаций. Кроме того, в том случае, если в работе кластера принимают участие государственные предприятия и организации, в состав Совета могут входить представители администрации региона, в котором формируется кластер.

На шестом этапе алгоритма техническими специалистами проектной группы в сотрудничестве с маркетинговыми подразделениями участников кластера реализуется комплекс маркетинговых мероприятий. В первую очередь, ими проводятся маркетинговые исследования на целевых для кластера рынках, нацеленные на определение приоритетных направлений для проведения НИОКР, разработки и коммерциализации инноваций. Также на данном этапе осуществляется разработка и продвижение единого кластерного брэнда, под которым впоследствии будет осуществляться продвижение продукции его участников, произведенной в рамках их внутрикластерного взаимодействия. Отдельное внимание уделяется построению маркетинговой информационной системы кластера и формированию интегрированных маркетинговых коммуникаций. Конечным итогом работы участников проектной группы и оказывающих им содействие маркетологов из предприятий и организаций кластера выступает развитый комплекс маркетинговых механизмов, который в дальнейшем будет использоваться для решения различных задач, направленных на повышение конкурентоспособности продукции кластера, эффективное взаимодействие с потребителями, экспансию на новые рынки и т.д.

Седьмой этап алгоритма формирования энергоэффективного промышленного кластера посвящается разработке его программы стратегического развития, которая включает в себя следующие разделы:

1. Общая информация о кластере.
2. Анализ состояния экономики в регионе расположения кластера.

3. Стратегия повышения энергоэффективности кластера.
4. Стратегия маркетингового развития кластера.
5. Стратегия инновационного развития кластера.
6. Производственная стратегия кластера.
7. Стратегия кадрового развития кластера.
8. Стратегия технологического и инфраструктурного развития кластера.
9. Финансово-экономическая стратегия кластера.

На восьмом этапе проводится структурная интеграция участников кластера в рамках организационной, экономической, производственной и научно-исследовательской проекций. В организационной проекции осуществляется проектирование системы производственно-технологических связей между участниками кластера и организация механизмов внутрикластерного сотрудничества и др. В экономической проекции участниками проектной группы проводится разработка и согласование с участниками бюджета энергоэффективного промышленного кластера, проектирование системы экономических механизмов взаимодействия между участниками кластера, создание кластерной системы риск-менеджмента и др. В рамках производственной проекции проводится технологическая модернизация устаревшего и изношенного производственного оборудования, создание комплексных автоматизированных систем управления производством, создание и развитие необходимой производственной инфраструктуры для обеспечения возможности реализации предприятиями совместных проектов и другие мероприятия. Структурная интеграция участников кластера в научно-исследовательской проекции предполагает проведение разработки единой кластерной научной политики и процедур реализации научно-исследовательской работы, определение потенциальных направлений для проведения совместных научных исследований и разработок, проектирование и реализацию автоматизированных систем научных исследований и т.д.

Работа проектной группы на девятом этапе алгоритма направлена на решение комплекса задач, связанных со структурной интеграцией участников

кластера в рамках программно-технической проекции с проведением цифровизации предприятий и организаций кластера. В рамках этого этапа реализуются следующие мероприятия:

1. Технологический аудит и анализ текущего технического состояния предприятий и организаций кластера.
2. Разработка проекта по цифровизации участников кластера.
3. Выбор поставщиков программных и аппаратных решений и закупка требуемого оборудования и программного обеспечения.
4. Проведение технологической подготовки предприятий кластера к цифровизации.
5. Организация Центра обработки данных.
6. Развертывание аппаратной инфраструктуры Промышленного интернета вещей.
7. Развертывание программного обеспечения на базе уже внедренной аппаратной инфраструктуры.
8. Организация Цифрового облака кластера.
9. Проведение настройки программного обеспечения с учетом типовых задач и процессов различных участников кластера

Десятый этап алгоритма формирования энергоэффективного промышленного кластера нацелен на структурную интеграцию участников кластера в рамках энергоэффективной проекции с внедрением комплекса энергосберегающего оборудования, технологий и мероприятий:

1. Проведение комплексного энергетического аудита предприятий и организаций кластера.
2. Формирование перечня внедряемых мероприятий, оборудования и технологий по повышению энергоэффективности кластера.
3. Внедрение мероприятий по повышению энергоэффективности, энергосберегающего оборудования и технологий на предприятиях и в организациях кластера.

4. Внедрение аппаратных систем коммерческого и технологического учета топливно-энергетических ресурсов.
5. Внедрение автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления.
6. Проведение обучения сотрудников предприятий и организаций кластера основам энергоэффективного поведения.

На одиннадцатом этапе алгоритма специалистами проектной группы проводится разработка внутренней нормативной документации и системы внутренних стандартов кластера, необходимых для обеспечения согласованности работы участников кластера в единой структуре, а также минимизации потенциальных внутренних конфликтов, связанных с критическими различиями в процедурах и подходах к организации внутренних процессов и ведению проектов. Кроме того, система внутренних стандартов кластера устанавливает общие для их участников требования в части обеспечения качества реализации собственных функций и процессов.

«Работа проектной команды на двенадцатом этапе фокусируется вокруг решения задач формирования и отладки механизмов и процедур взаимодействия между научными и промышленными организациями кластера в рамках единого жизненного цикла проектов. В основе этой работы лежит разработка методического обеспечения, моделей и алгоритмов внутрикластерного взаимодействия между участниками на всем протяжении жизненного цикла проекта» [148]. Определяются процедуры и методы оценки разрабатываемых в рамках НИОКР инновационных разработок и технологий, их последующей апробации и прототипирования в виде опытных изделий, методы тестирования этих изделий с участием формируемых маркетологами кластера фокус-групп из числа потенциальных потребителей. Разрабатываются процедуры взаимодействия между разработчиками, конструкторами и технологами при внедрении разработанного инновационного продукта в производство.

На тринадцатом этапе руководителями проектной команды совместно с участвующими в ее работе техническими специалистами осуществляется

формирование методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при реализации энергоэффективного промышленного кластера. В рамках проведенного исследования решение данной задачи предложено автором в параграфе 3.2.

Четырнадцатый этап алгоритма посвящается проведению итоговой оценки готовности кластера к запуску в эксплуатацию. Для этого участниками проектной группы оценивается полнота и успешность реализованных на более ранних этапах алгоритма мероприятий, уровень и качество внедрения систем цифровизации и повышения энергоэффективности, надежность и отказоустойчивость систем комплексной автоматизации предприятий кластера, наличие у всех участников бесперебойного доступа к цифровой инфраструктуре. Кроме того, техническими специалистами проектной группы проводится тестирование цифровой инфраструктуры, систем автоматизации и производственно-технологических коммуникаций участников кластера с применением различных сценариев, направленных на оценку уровня устойчивости функционирования и взаимодействия организаций и предприятий в случае масштабных программных или аппаратных сбоев, аварий и отказа ключевого оборудования. Также на четырнадцатом этапе проводятся мероприятия по тестированию персонала организаций и предприятий кластера на предмет их готовности к работе с высокотехнологичным оборудованием и цифровой инфраструктурой с учетом выполнения ими своих ключевых показателей эффективности на занимаемых должностях. Любые выявленные на данном этапе алгоритма несоответствия должны быть устранены до запуска кластера в работу, поскольку, в противном случае, их реализация уже в рамках выполнения реальных проектов способна повлечь прямые экономические убытки.

На пятнадцатом этапе, при условии успешно пройденного всестороннего тестирования готовности кластерной структуры, руководством проектной группы и представителями Совета кластера принимается решение о запуске кластера в эксплуатацию, официально подтверждаемое внутренним распоряжением или приказом. С этого момента кластер считается официально действующей



интегрированной структурой, а его участники могут начинать реализацию собственных и совместных проектов.

Разработанный автором алгоритм является относительно универсальным, не обладая зависимостью от специфики конкретной отрасли, и охватывает все ключевые стадии формирования энергоэффективного промышленного кластера. При этом, учитывая сложность и масштаб реальных проектов по формированию кластеров, рассмотренный выше алгоритм может быть расширен с учетом тех задач и этапов, которые отражают индивидуальные потребности проекта, технические и технологические особенности участников кластера, требования законодательства к ним как к представителям определенных отраслей и другие факторы.

#### **Выводы по третьей главе:**

1. Сформирована классификация факторов и источников образования экономических результатов от реализации энергоэффективного промышленного кластера, систематизированная по шести проекциям его развития и отражающая влияние конкретных источников на отдельные направления роста его эффективности.
2. В рамках совершенствования методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при реализации энергоэффективного промышленного кластера, выделены и сгруппированы по шести функциональным проекциям эффекты, оказывающие значимое влияние на его развитие.
3. Обосновано использование метода экспертных оценок для определения ставки дисконта, применяемой в рамках расчета эффективности проекта по формированию энергосберегающего промышленного кластера.

4. В качестве основного критерия для оценки эффективности проекта по формированию кластера выбран максимум чистого дисконтированного дохода, в формуле которого учитываются как выделенные ранее экономические эффекты по шести проекциям, так и затраты, осуществляемые при создании и дальнейшей эксплуатации кластера. В качестве проверочного критерия использован индекс доходности.
5. Разработан итоговый алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера, включающий в себя 15 последовательно реализуемых этапов, начиная от формирования проектной группы по созданию кластера и заканчивая принятием решения о запуске кластера в эксплуатацию.
6. Структурная интеграция участников энергоэффективного промышленного кластера также базируется на их объединении по шести проекциям развития.
7. Особое внимание при детализации отдельных этапов алгоритма автором уделяется структурной интеграции участников в программно-технической и энергоэффективной проекциях, обладающих ключевой важностью для формирования энергоэффективного промышленного кластера.

## Заключение

Высокий избыточный уровень энергоемкости и низкая энергетическая эффективность являются одними из системных проблем для российских промышленных предприятий, приводящими к снижению их экономической эффективности. Помимо влияния на рост себестоимости производимой продукции, высокая энергоемкость косвенно связана и с высоким уровнем технического износа энергетического оборудования и инженерных коммуникаций, за счет чего на предприятии могут образовываться утечки и потери энергии и энергоресурсов. Кроме того, подобный износ в перспективе способен приводить к авариям и неплановым отключениям энергооборудования, что приводит к экономическим убыткам.

Системный подход к повышению энергоэффективности российской промышленности, по мнению автора, должен основываться на формировании устойчивых связей между самими предприятиями, а также структурами, непосредственно специализирующимся в сфере энергосбережения и подготовка кадров – энергосервисными компаниями, производителями энергосберегающего оборудования и технологий, а также образовательными организациями, осуществляющими подготовку профильных специалистов в сфере повышения энергоэффективности. Одной из наиболее оптимальных форм создания таких устойчивых связей выступают кластеры. В рамках проведенного диссертационного исследования автором был разработан механизм формирования энергоэффективного промышленного кластера, позволяющего на системном уровне решить задачу повышения энергетической эффективности входящих в его состав якорных промышленных предприятий за счет формирования связей между ними и перечисленными выше структурами.

Вместе с тем, построение таких кластеров должно учитывать актуальные тенденции, связанные с распространением технологий и подходов Четвертой промышленной революции, охватившей в последнее десятилетие подавляющее

большинство экономик мира, уже сейчас полностью и необратимо изменяет ландшафт глобальной экономической системы, способствуя возникновению совершенно новых рынков, глубоким преобразованиям существующих подходов к организации промышленного производства, переходу к полностью цифровым механизмам взаимодействия с потребителями и другим столь же глубоким изменениям. При этом возрастает и само влияние цифровой инфраструктуры и систем интеллектуальной автоматизации на большинство процессов, реализующихся на промышленных предприятиях. Происходит фундаментальное изменение баланса в человеко-машинных системах предприятий, когда искусственный интеллект постепенно учится управлять теми процессами производства, которые ранее контролировались исключительно человеческим персоналом.

Сопровождающая эти процессы цифровизация производственных систем предприятий способствует формированию сплошной цифровой среды над уровнем аппаратного оборудования, используя которую, системы искусственного интеллекта способны детально анализировать различные процессы предприятия, учиться контролю и управлению ими, составлять развернутые рекомендации по оптимизации этих процессов, а также самостоятельно осуществлять управляющие воздействия на оборудование при помощи аппаратной инфраструктуры Промышленного интернета вещей. При этом возрастающий потенциал самого искусственного интеллекта, а также способствующих росту его производительности вычислительных мощностей компьютеров, уже в настоящее время позволяют создавать параллельные человеческим системам машинные системы управления как отдельными цехами, так и предприятием в целом. Это позволяет сделать вывод о том, что технологии Четвертой промышленной революции создают обоснованные поводы для начала витка качественно новой конкуренции между промышленными структурами, в основе которой лежит стремление к повышению предприятиями собственной эффективности непосредственно через развитие систем цифровизации и системной интеллектуальной автоматизации. А в число основных конкурентных

преимуществ входит наиболее развитая система искусственного интеллекта, становящегося для предприятия ключевым источником прироста этой эффективности за счет непрерывной оптимизации внутренних процессов.

Механизм формирования энергоэффективных промышленных кластеров предполагает предоставление для их якорных участников возможностей по цифровой трансформации и внедрению комплексных цифровых технологий в реализуемые ими процессы и технические подсистемы, обеспечивая высокий уровень их автоматизации. Решение данной задачи осуществляется компанией-интегратором, входящей в состав такого кластера и реализующей весь объем работ по цифровой трансформации его участников и развитию цифровой инфраструктуры. При этом централизованное внедрение цифровых технологий позволяет унифицировать внедряемые программные и технические решения на базе различных участников, повышая возможности их взаимодействия в рамках цифровой инфраструктуры кластера.

Важной задачей в рамках организации кластера выступает разработка методики, позволяющей учесть все ценные экономические эффекты, образующиеся в результате его формирования. В рамках решения данной задачи автором была предложена методика учета экономических эффектов, возникающих при функционировании энергоэффективного промышленного кластера в шести функциональных проекциях его развития: организационной, экономической, производственной, программно-технической, научно-исследовательской и энергоэффективной. Применение данной методики позволяет систематизировать отдельные эффекты для детализации проводимых расчетов эффективности проекта по созданию кластера, повышая точность самих расчетов.

Еще одной важной задачей, возникающей в рамках проекта по формированию энергоэффективного кластера, является разработка такого алгоритма, который позволяет рационализировать и оптимизировать сам процесс его построения. При решении этой задачи автором был составлен итоговый алгоритм создания энергоэффективного промышленного кластера, в рамках

которого систематизирована последовательность действий из 15 этапов, реализуемых при его формировании.

## Список литературы:

1. Указ Президента РФ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 4.06.2008.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009.
3. Федеральный закон № 382-ФЗ «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса» от 3.12.2011.
4. Федеральный закон № 399-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 28.12.2013.
5. Федеральный закон № 194-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса» от 5.07.2018.
6. Постановление Государственной Думы Федерального Собрания РФ № 1311-5-ГД «О проекте федерального закона № 11730-5 "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности от 21.11.2008.
7. Постановление Правительства РФ № 950 «Об участии органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов в осуществлении государственного регулирования и контроля деятельности субъектов естественных монополий» от 10.12.2008.
8. Постановление Правительства РФ № 1221 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ,

- услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных и муниципальных нужд» от 31.12.2009.
9. Постановление Правительства РФ № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» 31.12.2009.
  10. Постановление Правительства РФ № 67 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» 20.02.2010.
  11. Постановление Правительства РФ № 340 «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности» от 15.05.2010.
  12. Постановление Правительства РФ № 391 «О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования» от 01.06.2010.
  13. Постановление Правительства РФ № 318 «Об утверждении Правил осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» от 25.04.2011.
  14. Постановление Правительства РФ № 746 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на реализацию региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» от 05.09.2011.



15. Постановление Правительства РФ № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики"» от 15.04.2014.
16. Постановление Правительства РФ № 275 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам установления первоочередных требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений» от 07.03.2017.
17. Распоряжение Правительства РФ № 1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» от 08.01.2009.
18. Распоряжение Правительства РФ № 1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года» от 13.11.2009.
19. Распоряжение Правительства РФ № 1830-р «Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации» от 01.12.2009.
20. Распоряжение Правительства РФ № 2446-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года"» (вместе с Паспортом государственной программы) от 27.12.2010.
21. Распоряжение Правительства РФ № 1843-р «Об утверждении распределения субсидий, предоставляемых в 2011 году из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на софинансирование расходных обязательств, связанных с реализацией региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» от 21.10.2011.

22. Распоряжение Правительства РФ № 1853-р «Об утверждении Плана мероприятий ("дорожная карта") по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений» от 01.09.2016.
23. Распоряжение Правительства РФ № 703-р «Об утверждении комплексного плана по повышению энергетической эффективности экономики России» от 19.04.2018.
24. Приказ Минэкономразвития РФ № 4 и Минэнерго РФ № 1 «Об образовании межведомственной рабочей группы по проблемам энергосбережения и повышения энергетической эффективности российской экономики» от 13.01.2009.
25. Приказ Минэкономразвития РФ № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» от 17.02.2010.
26. Приказ Минэкономразвития РФ № 174 «Об утверждении примерных условий энергосервисного договора (контракта), которые могут быть включены в договор купли-продажи, поставки, передачи энергетических ресурсов (за исключением природного газа)» от 11.05.2010.
27. Приказ Минрегиона РФ № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений и сооружений» (документ не применяется в связи с отказом в госрегистрации Министерства юстиции РФ; письмо Минюста России от 18.10.2010 № 01/20774-ДК) от 28.05.2010
28. Приказ Минэкономразвития России № 229 «О требованиях энергетической эффективности товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений» от 04.06.2010.

29. Приказ Министерства регионального развития РФ № 338 «Об утверждении перечня рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении объектов инфраструктуры и другого имущества общего пользования садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан» от 29.07.2010.
30. Приказ Минрегиона РФ № 224 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений и сооружений» от 17.05.2011.
31. Приказ Минстроя России № 98/пр «Об утверждении примерных форм перечня мероприятий, проведение которых в большей степени способствует энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов в многоквартирном доме» от 15.02.2017.
32. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации. Министерство экономического развития РФ. 2019. 85 с. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezeniya\\_i\\_povyshenii\\_energeticheskoy\\_effektivnosti\\_v\\_rossiyskoy\\_federacii\\_za\\_2019\\_god.html](https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezeniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2019_god.html) (дата обращения 23.03.2022)
33. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации. Министерство экономического развития РФ. 2020. 117 с. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezeniya\\_i\\_povyshenii\\_energeticheskoy\\_effektivnosti\\_v\\_rf\\_za\\_2020\\_god.html](https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezeniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rf_za_2020_god.html) (дата обращения 23.03.2022)
34. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2021 году. Министерство экономического развития РФ, Центр стратегических разработок. 2022. 127 с. URL:

[https://www.economy.gov.ru/material/file/5a79eed92247fc7cb91873a107625372/Energy\\_efficiency\\_2022.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/5a79eed92247fc7cb91873a107625372/Energy_efficiency_2022.pdf) (дата обращения 23.03.2022)

35. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256884> (дата обращения 22.03.2022).
36. Абашкин В.Л., Артемов С.В., Гусев А.Н. и др. Кластерная политика: достижение глобальной конкурентоспособности. Выпуск 2 // Минэкономразвития России, АО «РВК», Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2018. 346 с.
37. Абашкин В.Л., Артемов С.В., Исланкина Е.А. и др. Кластерная политика: достижение глобальной конкурентоспособности // Минэкономразвития России, АО «РВК», Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2017. 324 с.
38. Агарвал А., Ганс Д., Голдфарб А. Искусственный интеллект на службе бизнеса. Как машинное прогнозирование помогает принимать решения. М.: Манн, Иванов и Фербер. 2019 г. 336 с.
39. Акаткин Ю.М., Карпов О.Э., Конявский В.А., Ясиновская Е.Д. Цифровая экономика: концептуальная архитектура экосистемы цифровой отрасли // Журнал «Бизнес-информатика», № 4 (42), 2017. С. 17-28.
40. Акбердина В.В., Смирнова О.П. Сетевые сопряженные производства в контексте Четвертой промышленной революции // Журнал «Журнал экономической теории», № 4, 2017. С. 116-125.
41. Аристова Н.И., Чадеев В.М. Методика оценки эффекта автоматизации массового производства // Журнал «Автоматизация в промышленности», № 5, 2016. С. 6-9.

42. Армашова-Тельник Т.С. Ключевая проблематика энергопотребления российских промышленных регионов // Журнал «Вестник ВГУИТ». 2022. Т. 84. № 2. С. 368-373.
43. Барзыкина Г.А. Практика применения законодательства в области энергосбережения // Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета». 2012. № 3 (42). Ч. 2. С. 41-45.
44. Бахман Д.А. Перспективы развития цифровой экономики // Журнал «Новые технологии», № 2 (48), 2019. С. 149-157.
45. Башмаков И.А. Энергоэффективность в российских зданиях. Центр энергоэффективности XXI век (ЦЭНЭФ-XXI). 2020. URL: <http://www.cenef.ru/file/OECD-buildings.pptx> (дата обращения: 21.03.2022)
46. Белоусов Ю.В., Тимофеева О.И. Методология определения цифровой экономики // Журнал «Мир новой экономики», № 4, 2019. С. 79-89.
47. Беляев М.К., Чижо Л.Н. Современный взгляд на проблемы снижения энергозатрат в промышленности // Журнал «Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий». 2019. № 3 (31). С. 33-38.
48. Бенджио И., Гудфеллоу Я. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс. 2017 г. 652 с.
49. Блуммарт Т., Ван ден Брук С. Четвертая промышленная революция и бизнес. Как конкурировать и развиваться в эпоху сингулярности. М.: Альпина Паблишер. 2018. 204 с.
50. Бодрунов, С.Д. Информационно-цифровые технологии как основа технологической компоненты новой модели развития экономики // Научные труды Вольного экономического общества России. 2017. Т. 207. № 5. С. 317-328.
51. Бодрунов С.Д., Демиденко Д.С., Плотников В.А. "Цифровая экономика" и фундаментальные принципы реиндустриализации // Журнал «Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ». 2018. С. 82.

52. Бодрунов С.Д., Боровков А.В. Новое индустриальное развитие и модернизация производственных систем российской промышленности // Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент». 2017. Т. 7. № 4 (25). С. 19-29.
53. Борисова И.А. Обеспечение конкурентного преимущества кластеров на основе интеграции теорий инновационного развития // Журнал «Современные проблемы науки и образования», № 1, Ч. 1, 2015. С. 785.
54. Вайгенд А. BIG DATA. Вся технология в одной книге. М.: Бомбора, 2018 г. 384 с.
55. Вайл П. Ворнер С. Цифровая трансформация бизнеса. М.: Альпина паблишер, 2019 г. 258 с.
56. Вартамян А.А. Информационный менеджмент и цифровая трансформация в высокотехнологических отраслях экономики // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2018. № 1. С. 50-53.
57. Вартамян А.А. Стратегические цели и задачи интеллектуальной организации // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2018. № 2. С. 12-15.
58. Вартамян А.А. Трансформация промышленных предприятий в сплошной интеллектуальной среде. Монография. // М.: Издательство «Спутник +». - 2020. - 323 с.
59. Васильева И.В., Васильева Т.Н. новые направления в кластерной политике ЕС // Журнал «Экономика и предпринимательство», № 9 (110), 2019. С. 30-33.
60. Гашин А.М., Гришкина А.С. Обзор тенденций энергосбережения и повышения энергоэффективности зданий и сооружений в России // Журнал «Матрица научного познания», № 1-2, 2017. С. 12-19.
61. Голов Р.С., Агарков А. П., Голиков А. М., Голиков С. А. Проблемы инновационного развития машиностроительного производства // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 1, 2011. С. 24-26.

62. Голов Р.С., Мыльник А.В. Инновационно-синергетическое развитие промышленных организаций. М.: ИТК «Дашков и К», 2010. 420 с.
63. Голов Р.С., Мыльник А.В. Инновационно-синергетический подход как одна из основных научных теорий для модернизации машиностроения // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 2, 2011. С. 15-19.
64. Голов Р.С. Концептуальные основы технологического и экономического развития инновационно-инвестиционных кластеров // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 4, 2012. С. 31-35.
65. Голов Р.С., Мыльник А.В. Концептуальные основы формирования инновационно-инвестиционных кластерных сред в условиях модернизации экономики // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 1, 2014. С. 32-38.
66. Голов Р.С. Основные векторы инновационного развития машиностроения в условиях модернизации экономики // Труды Вольного экономического общества России, Т. 192, № 3, 2015. С. 63-68.
67. Голов Р.С., Мыльник А.В. Системная реиндустриализация экономики: существующие предпосылки и оптимальные пути ее реализации // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 1, 2017. С. 59-64.
68. Голов Р.С., Теплышев В.Ю., Сорокин А.Е., Шинелев А.А. Комплексная автоматизация в энергосбережении. М.: «ИНФРА-М», 2017. 312 с.
69. Голов Р.С. Энергетический сервис как экономический драйвер развития высокотехнологичной промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. 2018. Т. 211. № 3. С. 108-119.
70. Голов Р.С., Мыльник В.В. Формирование гибких производственных систем на базе цифровых технологий на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности // Журнал «СТИН». 2022. № 2. С. 34-36.

71. Голов Р.С., Мыльник В.В. Концептуальные основы построения цифровых экосистем в промышленности в условиях Четвертой промышленной революции // Журнал «СТИН». 2022. № 2. С. 47-49.
72. Голов Р.С., Мыльник В.В., Анисимов К.В. Классификация целей, достигаемых на основе комплексной автоматизации промышленного предприятия // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2018. № 2. С. 4-7.
73. Голов Р.С., Камолов С.Г. Теоретические основы интеграции системы Smart Grid и киберфизической системы предприятия в условиях Энергоперехода 4.0 // Журнал «СТИН». 2022. № 5. С. 61-64.
74. Грингард С. Интернет вещей: Будущее уже здесь. М.: Альпина Диджитал. 2016 г. 188 с.
75. Гулин К.А., Усков В.С. О роли интернета вещей в условиях перехода к Четвертой промышленной революции // Журнал «Проблемы развития территории», № 4 (90), 2017. С. 112-131.
76. Данилов Н.И., Щелоков Я.М., Лисиенко В.Г. Инвестиционная привлекательность технологических процессов и энергетическая эффективность // Известия Уральского государственного экономического университета. 2012. № 1 (39). С. 133-138.
77. Джонсон Н., Моazed А. Платформа. Практическое применение революционной бизнес-модели. М.: Альпина Паблишер. 2020. 288 с.
78. Дресвянников В.А., Страхов Е.П. Классификация аддитивных технологий и анализ направлений их экономического использования // Журнал «Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе», № 2 (26), 2018. С. 16-28.
79. Дубинский М. Ю. Энергоаудит промышленных предприятий // Журнал «Энергобезопасность и энергосбережение». 2010. № 3. С. 14-18.



80. Дырдонова А.Н. Повышение энергоэффективности и активизация энергосбережения на промышленных предприятиях регионального кластера // Журнал «Бизнес. Образование. Право», № 1 (42), 2018. С. 77-81.
81. Евгеньев Г.Б., Крюков С.С., Частухин А.В. Обрабатывающие робототехнологические комплексы в машиностроении // Журнал «Известия высших учебных заведений. Машиностроение», № 5 (686), 2017. С. 60-71.
82. Ермолаев К.А. Влияние процессов энергосбережения и повышения энергоэффективности на инновационное развитие национальных экономик // Журнал «Экономический анализ: теория и практика», Т. 16, № 1 (460), 2017. С. 82-92.
83. Ефимова Н.С., Воленко А.К., Канашова Ю.Г. Инновационная безопасность разработки наукоемкой продукции в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере авиастроения) // Журнал «Инновации и инвестиции». 2018. № 3. С.12-15.
84. Ефимова Н.С., Ермаков А.А. Экономическое обоснование направлений автоматизации процессов планово-производственного планирования на высокотехнологичных предприятиях (на примере авиастроения) // Журнал «Инновации и инвестиции». 2018. № 11. С. 309-316.
85. Ефимова Н.С., Новиков А.Н., Олейникова М.В. Автоматизация бизнес-процессов при взаимодействии предприятий авиастроения с контрагентами // Журнал «Инновации и инвестиции». 2019. № 8. С. 205-215.
86. Жузе В. Б., Голов Р. С., Теплышев В.Ю. Концептуальные основы инновационного развития и модернизации системы муниципального теплоснабжения. Ухта, Москва: 2007. 256 с.
87. Зевайкина А.Н. Понятие и структура энергетического товарного рынка в Российской Федерации // Журнал «Основы экономики, управления и права». 2012. № 2 (2). С. 77-83.

88. Злобина Н.В., Ершова М.В. Формирование научно-производственных кластеров в машиностроении // Журнал «Организатор производства», № 4, 2016. С. 5-12.
89. Иващенко А.В., Корчивой С.А., Прохоров С.А. Инфраструктурные модели цифровой экономики // Журнал «Известия Самарского научного центра Российской академии наук», Т. 20, № 6 (2), 2018. С. 373-378.
90. Калачанов В.Д., Ефимова Н.С., Новиков А.Н., Пронькин Н.Н. Внедрение систем диспетчирования производства на высокотехнологичных предприятиях (на примере предприятий авиастроения) // Журнал Инновации и инвестиции. 2019. № 3. С. 269-274
91. Калачанов В.Д., Ермаков А.А., Щеулина Е.В. Формирование процесса информатизации управления затратами при организации производства на предприятиях авиастроения // Журнал Инновации и инвестиции. 2019. №2. С. 278-282.
92. Калачанов В.Д., Ефимова Н.С., Сорокин А.Е. Автоматизированное управление бизнес-процессами в высокотехнологичных отраслях промышленности. Монография // Чебоксары: ООО "Издательский дом «Среда»". 2022. 160 с.
93. Камолов С.Г. Современные организационно-экономические механизмы инновационного развития ракетно-космической отрасли в России и за рубежом // Журнал «Проблемы экономики и юридической практики». 2018. № 5. С. 33-36.
94. Камолов С.Г. Организационно-экономические механизмы инновационного развития ракетно-космической отрасли европейского союза: в поисках релевантного опыта для России // Журнал «Проблемы экономики и юридической практики». 2018. № 5. С. 115-118.
95. Камолов С.Г. Повышение эффективности систем управления информационными технологиями в организациях наукоёмкого сектора

- экономики (американский опыт) // Журнал «Инновации и инвестиции». 2019. № 5. С. 65-68.
96. Карта кластеров России // Электронный портал Российской кластерной обсерватории. Высшая школа экономики. URL: <https://map.cluster.hse.ru/> (дата обращения: 18.09.2021).
97. Китайгородский М.Д. Индустрия 4.0 и ее влияние на технологическое образование // Журнал «Современные наукоемкие технологии», № 11, Ч. 2, 2018. С. 290-294.
98. Клейнер Г.Б., Кораблев Ю.А., Щепетова С.Е. Человек в цифровой экономике // Журнал «Экономическая наука современной России», № 2 (81), 2018. С. 169-175.
99. Климова Н.В., Ларина Н.В. Зарубежный опыт стимулирования инновационной деятельности в промышленном секторе // Журнал «Фундаментальные исследования», № 6, Ч. 7, 2014. С. 1442-1446.
100. Козлов Д.Р. Индустрия 4.0. Перспективы и вызовы // Журнал «Вестник науки и образования», № 8 (32), 2017. С. 30-33.
101. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. Цифровая бизнес-модель: управление технологиями и контроль прибыли // Журнал «Инновации в менеджменте». 2020. № 3(25). С. 68-78.
102. Ковальчук Ю.А. Интеграционная роль государственного регулирования и государственной поддержки научно-технологического развития // Журнал «Друкерровский вестник». 2019. № 4. С. 70-83.
103. Ковальчук Ю.А. Моделирование вновь созданной стоимости в отрасли на основе технологии «цифровых двойников» // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2018. № 6. С. 12-15.
104. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. Цифровая экономика: трансформация промышленных предприятий // Журнал «Инновации в менеджменте». 2017.

- №1 (11). С. 32-43.
105. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. Проектная и эволюционная составляющие нового индустриального развития рыночной экономики // Журнал «Друкерровский вестник». 2017. № 2 (16). С. 5-18.
106. Кокорев А.С. Инновационное развитие промышленных предприятий в кластере // Журнал «АНИ: экономика и управление», Т. 6, № 2, 2017. С. 130-132.
107. Копырин В. А., Смирнов О. В., Портнягин А. Л. Оценка энергетической эффективности использования внутрискважинных компенсаторов реактивной мощности // Журнал «Омский научный вестник». 2018. № 2 (158). С. 78–83.
108. Костыгова Л.А. Территориальные инновационные кластеры - основа устойчивого развития промышленности России // Журнал «Экономика и управление». 2016. № 6 (128). С. 18-25.
109. Костыгова Л.А., Голов Г.Р. Управление процессом оценки результативности цифровизации в машиностроении на современном этапе // Журнал «СТИН». 2023. № 1. С. 40-42.
110. Костыгова Л.А. Потенциал развития промышленной инфраструктуры России // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2022. № 3. С. 16-19.
111. Костыгова Л.А. Трансформация машиностроения в условиях глобальных вызовов // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2022. № 4. С. 61-64.
112. Костыгова Л.А. Межкластерное сотрудничество самарского и титанового инновационных кластеров // Журнал «Идеи и новации». 2022. Т. 10. № 1-2. С. 135-142.
113. Крафт Й., Зайцев А.В. Наступление Четвертой промышленной революции и формирование рыночных структур // Журнал «Вопросы инновационной

- экономики», Т. 7, № 4, 2017. С. 281-298.
114. Кристенсен К. Дилемма инноватора: Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Альпина Паблишер, 2019. 240 с.
115. Кристенсен К., Диллон К., Холл Т., Данкан Д. Закон успешных инноваций: зачем клиент «нанимает» ваш продукт и как знание об этом помогает новым разработкам. М.: Альпина Паблишер, 2018. 340 с.
116. Кузнецова С.Н., Кузнецов В.П. Вклад цифровой экономики в общую экономику России // Журнал «Научное обозрение: теория и практика», № 6, 2018. С. 177-184.
117. Кузьмина В.А. Внедрение систем энергетического менеджмента на промышленные предприятия как инструмент повышения энергоэффективности и энергосбережения // Журнал «Научно-методический электронный журнал Концепт», Т. 6, 2016. С. 76-80.
118. Куликов Г.Г., Антонов В.В., Антонов Д.В., Шингарев Ф.Ф. Стандартизация информационных потоков посредством интеграции информационных систем как инструмент автоматизации производства // Журнал «Научное обозрение», № 17, 2015. С. 152-155.
119. Левцев А.П., Ауджаеви В.Ш. Кручинкина О.А. Проблемы и пути реализации энергосберегающих проектов, дающих наибольший эффект // Журнал «Регионология». 2015. № 3 (92). С. 79-86.
120. Линев И.В. Эмерджентность и мультипликативный эффект в кластере // Журнал «Вестник ВГУИТ», № 2, 2016. С. 378-383.
121. Лугачев М.И. Влияние информационных технологий на актуальные изменения в экономике // Журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование», Т. 12, № 4, 2016. С. 231-233.
122. Маркофф Д. Homo Roboticus? Люди и машины в поисках взаимопонимания. М.: Альпина нон-фикшн. 2016 г. 408 с.

123. Масааки И. Гемба кайдзен. Путь к снижению затрат и повышению качества. М.: Альпина Паблишер, 2019. 424 с.
124. Мельник А.Н., Ермолаев К.А. Концептуальные основы управления энергосбережением и повышением энергоэффективности на промышленном предприятии в условиях его инновационного развития // Журнал «Экономический анализ: теория и практика», Т. 18, № 1 (484), 2019. С. 22-39.
125. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. СПб.: Питер, 2011. 512 с.
126. Мисбахова Ч.А. Эконометрическое моделирование институтов развития инноваций на мезоуровне // Журнал «Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки», № 3 (43), 2016. С. 48-56.
127. Монастырный Е.А., Пудкова В.В., Павлова И.А., Игнатова Е.В. Процессы формирования кластера информационных технологий и электроники: основные характеристики «зрелого» инновационного кластера // Журнал «Инновации», № 8 (226), 2017. С. 17-24.
128. Мошелла Д. Путеводитель по цифровому будущему. Отрасли, организации и профессии. М.: Альпина Паблишер. 2020 г. 216 с.
129. Неретина Е.А., Корокошко Ю.В. Анализ организации энергетических обследований и энергетического аудита: федеральный и региональный аспекты // Журнал «Экономический анализ: теория и практика». 2014. № 36 (387). С. 56-64.
130. Нив Г. Организация как система. Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга. М.: Альпина Паблишер, 2019. 512 с.
131. Николаев А.А., Чернобров Б.С., Дырдонова А.Н. Повышение энергоэффективности и активизация энергосбережения на промышленных предприятиях // Журнал «Экономика и социум», № 6-2 (37), 2017. С. 726-729.
132. Норицугу У. Общество 5.0: Взгляд Mitsubishi Electric // Журнал

- «Экономические стратегии», Т. 19, № 4 (146), 2017. С. 122-131.
133. О'Коннелл М. Искусственный интеллект и будущее человечества. М.: Бомбора. 2019 г. 272 с.
134. Паламарчук А.Г. Методические основы учета инфляции и рисков при оценке эффективности мероприятий по энергосбережению / Мыльник В.В., Зубеева Е.В., Прокофьев Д.А., Паламарчук А.Г. // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 2, 2018. С. 24-27.
135. Паламарчук А.Г. Ключевые барьеры на пути развития высокотехнологичного машиностроения / Голов Р.С., Мыльник В.В., Паламарчук А.Г. // Труды Вольного экономического общества России, том 213, 2018. С. 304-317.
136. Паламарчук А.Г. «Индустрия 5.0» как основа развития высокотехнологичной промышленности / Голов Р.С., Мыльник В.В., Паламарчук А.Г. // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 6, 2018. С. 8-11.
137. Паламарчук А.Г. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности (часть 1) // Труды Вольного экономического общества России, Т. 221, 2020. С. 270-282.
138. Паламарчук А.Г. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности (часть 2) // Труды Вольного экономического общества России, Т. 222, 2020. С. 362-379.
139. Паламарчук А.Г. Формирование инновационных энергоэффективных кластеров в контексте повышения конкурентоспособности российской высокотехнологичной промышленности (часть 1) // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 1, 2019. С. 29-31.
140. Паламарчук А.Г. Формирование инновационных энергоэффективных кластеров в контексте повышения конкурентоспособности российской

- высокотехнологичной промышленности (часть 2) // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 2, 2019. С. 18-21.
141. Паламарчук А.Г. Концептуальные основы подготовки промышленности к кластеризации / Голов Р.С., Анисимов К.В., Паламарчук А.Г., Прокофьев Д.А., Дорохов В.В., Крицын А.А. // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 4, 2019.
142. Паламарчук А.Г. Инновационно-промышленные кластеры как путь обеспечения экономической безопасности РФ на современном этапе / Голов Р.С., Андрианов А.М., Анисимов К.В., Паламарчук А.Г., Дорохов В.В., Крицын А.А. // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 6, 2019. С. 31-36.
143. Паламарчук А.Г. Концептуальные основы цифровой экономики в контексте развития Четвертой промышленной революции // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 4, 2020. С. 59-64.
144. Паламарчук А.Г. Понятие, сущность и классификация кластеров в условиях инновационной экономики (часть 1) // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 1, 2021. С. 28-32.
145. Паламарчук А.Г. Понятие, сущность и классификация кластеров в условиях инновационной экономики (часть 2) // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 2, 2021. С. 13-17.
146. Паламарчук А.Г. Актуальные вопросы формирования кластерной политики в условиях / Голов Р.С., Паламарчук А.Г., Анисимов К.В., Андрианов А.М. // цифровой экономики // Журнал «СТИН», № 4, 2021 год. С. 6-8.
147. Паламарчук А.Г. Разработка структурной схемы Системы энергоменеджмента промышленного предприятия на основе требований к ее участникам / Голов Р.С., Смирнов В.Г., Теплышев В.Ю., Прокофьев Д.А., Паламарчук А.Г., Анисимов К.В., Андрианов А.М. // Журнал «СТИН», № 10,



2021. С. 42-44.
148. Паламарчук А.Г. Прикладные основы оценки экономической эффективности инновационных энергоэффективных кластеров // Труды Вольного экономического общества России, том 227, 2021. С. 267-291.
149. Паламарчук А.Г. Теоретические основы проектирования организационно-экономической структуры инновационных энергоэффективных кластеров (часть 1) // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 3, 2021. С. 4-7.
150. Паламарчук А.Г. Теоретические основы проектирования организационно-экономической структуры инновационных энергоэффективных кластеров (часть 2) // Журнал «Экономика и управление в машиностроении», № 4, 2021. С. 24-27.
151. Паламарчук А.Г. Анализ требований, связанных с повышением энергетической эффективности промышленного предприятия / Голов Р.С., Смирнов В.Г., Теплышев В.Ю., Прокофьев Д.А., Паламарчук А.Г., Анисимов К.В., Андрианов А.М. // Журнал «СТИН», № 2, 2022. С. 25-27.
152. Паламарчук А.Г. Управление энергосбережением на промышленном предприятии: монография / Голов Р.С., Смирнов В.Г., Теплышев В.Ю., Прокофьев Д.А., Паламарчук А.Г., Анисимов К.В., Андрианов А.М. // М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>». 2022. 363 с.
153. Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. М.: Ленанд, 2020. 416 с.
154. Питерсен В. Стратегия как обучение. Новый взгляд на процесс создания ценности и борьбы за конкурентное преимущество. М.: Альпина Паблишер, 2020. 206 с.
155. Пичугин И.Л. Роль энергоаудита при разработке энергосберегающих мероприятий в бюджетных организациях // Журнал «Вестник ОрелГАУ».

2012. №5 (38). С. 151-154.
156. Плахин А.Е. Сибиряев А.С. Международный опыт организации инновационных кластеров // Журнал «Вестник НГИЭИ», № 5, 2017. С. 80-87.
157. Потапов А.С. Искусственный интеллект и универсальное мышление. М.: Политехника. 2012 г. 711 с.
158. Прудникова М.С., Трифанов И.В. Повышение эффективности потребления электроэнергии ЗАО «Спецтехномаш» на основе энергоаудита // Журнал «Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева». 2014. № 2 (54). С. 174-179.
159. Путятин Л.М., Орлова О.В., Грешневикова Н.А. Мониторинг развития машиностроительных предприятий в современной экономике России // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. № 4. С. 89-97.
160. Путятин Л.М., Арсеньева Н.В. Инновационный потенциал машиностроительного предприятия и методика его оценки// Журнал «Вопросы инновационной экономики». 2020. Т. 10. № 1. С. 563-572.
161. Путятин Л.М., Арсеньева Н.В. Проблема рыночной устойчивости машиностроительных предприятий в современной экономике // Журнал «Экономика, предпринимательство и право». 2020. Т. 10. № 3. С. 763-774.
162. Путятин Л.М., Арсеньева Н.В. Методические аспекты разработки стратегии машиностроительных предприятий при выходе из кризиса // Журнал «Вестник университета». 2021. № 3. С. 59-65.
163. Ракутько С.А., Логачева Е.А., Жданов В.Г. Алгоритмы инструментальных обследований для проведения энергоаудита организаций // Журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета». 2014. № 36. С. 225-229.
164. Рапопорт Г.Н., Герц А.Г. Биологический и искусственный разум. Часть 3.

- Восприятие внешнего мира индивидуальными носителями интеллекта. М.: Ленанд. 2015 г. 232 с.
165. Ратнер С.В. Влияние региональных инновационных систем на успешность реализации программ по энергосбережению и повышению энергоэффективности // Журнал «Инновации», № 7 (201), 2015. С. 60-69.
166. Российская научная электронная библиотека eLibrary.Ru. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения 9.04.2022)
167. Серебрякова Н.А., Петриков А.В. Принципы проектирования и организации функционирования инновационных инфраструктур в условиях Индустрии 4.0 // Журнал «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий», Т. 80. № 4 (78), 2018. С. 384-387.
168. Скотт Э., Олтман Э., Синфилд Д., Джонсон М. Подрывные инновации. Как выйти на новых потребителей за счет упрощения и удешевления продукта. М.: Альпина Паблишер, 2018. 340 с.
169. Скруг В.С. Цифровая экономика и логистика // Журнал «Вестник БГТУ им В.Г. Шухова», № 5, 2018. С. 138-142.
170. Смирнов В.Г. Управление энергосбережением на предприятиях авиационной промышленности // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2021. № 5. С. 35-41.
171. Смирнов В.Г., Анисимов К.В., Прокофьев Д.А., Титов Л.Ю. О сбалансированности факторов производства в машиностроении // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2018. № 6. С. 16-19.
172. Смирнов В.Г. Классическая модель сбалансированности рынка // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2021. № 6. С. 46-51.
173. Смородинская Н.В., Катуков Д.Д. Ключевые черты и последствия индустриальной революции 4.0 // Журнал «Инновации», № 10 (228), 2017. С. 81-90.

174. Степнов И.М. Цифровой стратегический менеджмент: проблемы и перспективы // Журнал «Вестник факультета управления СПбГЭУ», № 3, 2018. С. 89-94.
175. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. Об особенностях управления созданием стоимости на цифровых платформах // Управленческие науки в современном мире. Сборник докладов научной конференции. 2019. С. 294-299.
176. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. Перспективы формирования экспортно ориентированных отраслевых цифровых платформ в рамках развивающихся экосистем в промышленности // Журнал «Экономика. Налоги. Право», Т. 12. № 4, 2019. С. 6-19.
177. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. Стоимостные перспективы цифровых бизнес-моделей // Журнал «Друкерровский вестник», № 1 (33), 2020. С. 67-77.
178. Степнов И.М. Стратегические вызовы новой организации производства в четвертой промышленной революции // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2017. № 4. С. 13-18.
179. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. К вопросу о применимости цифровыми экосистемами бизнеса принципов бережливого производства // Журнал «Друкерровский вестник». 2019. № 3. С. 220-228.
180. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. Перспективы формирования экспортно ориентированных отраслевых цифровых платформ в рамках развивающихся экосистем в промышленности // Журнал «Экономика. Налоги. Право». 2019. № 4. С. 6-19.
181. Степнов И.М. Экономические ловушки внедрения искусственного интеллекта // Журнал «Экономика. Налоги. Право». 2020. Т. 13. № 2. С. 92-102.
182. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. Трансформация управления в экосистемной экономике // Журнал «Друкерровский вестник». 2021. № 1 (39). С. 5-18.

183. Стребков Д.С. Проблемы развития электроэнергетики на основе технологий Николы Тесла // Журнал «Энергетический вестник». 2015. № 20. С. 36-52.
184. Стюарт Р., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход (AIMA-2). М.: Вильямс. 2019 г. 1408 с.
185. Сухарев О.С., Глазунова В.В. Структурная макроэкономика. Институты, инвестиции, инновации, агенты, индустрия, технологии. М.: Едиториал УРСС, 2020. 256 с.
186. Сухарев О.С., Стрижакова Е.Н. Индустриальная политика и развитие промышленных систем. Эволюция, институты и управление. М.: Ленанд, 2015. 160 с.
187. Тарасов И.В. Технологии Индустрии 4.0: влияние на повышение производительности промышленных компаний // Журнал «Стратегические решения и риск-менеджмент», № 2 (105), 2018. С. 62-69.
188. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы и структурное построение системы управления энергосбережением на предприятиях в промышленности // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». М.: 2014, С. 47-50.
189. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы инновационного развития энергетической системы России на базе развития энергосервисного рынка в контексте формирования умных сетей // Научные труды Вольного экономического общества России, Т. 155, 2011. С. 13-18.
190. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы развития системы энергетического сервиса в контексте модернизации энергетической системы России // Научные труды Вольного экономического общества России, Т. 174, 2013. С. 195-206.
191. Теплышев В.Ю. Системно-синергетическая роль энергосервиса в процессе инновационной модернизации энергетической системы России // Научные труды Вольного экономического общества России, Т. 166, 2012. С. 107-112.
192. Теплышев В.Ю. Реализация функций учёта и контроля при формировании

- систем управления энергосбережением // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2014. № 4. С. 47-50.
193. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы и структурное построение системы управления энергосбережением на предприятиях в промышленности // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2014. № 1. С. 46-51.
194. Теплышев В.Ю. Основы стратегического планирования эффективного использования топливно-энергетических ресурсов на промышленных предприятиях // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2016. № 6. С. 34-42.
195. Теплышев В.Ю. Анализ структуры и функций информационно-аналитических систем в энергоменеджменте // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2017. № 2. С. 42-45.
196. Теплышев В.Ю. Формирование энергоэффективных интеллектуальных систем управления энергоснабжением предприятия на основе технологии микрогридов // Журнал «Экономика и управление в машиностроении». 2018. № 1. С. 30-33.
197. Тупикина А. А. Развитие энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России и за рубежом // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития: сб. материалов 4 междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 17 марта 2014 г. Новосибирск : СИБПРИНТ, 2014. С. 216-226.
198. Ф. Голт Пользовательские инновации в цифровой экономике // Журнал «Форсайт». Т. 13, № 3, 2019. С. 6-12.
199. Фахрисламова Е.И., Чернов С.С. Энергоэффективность и энергосбережение как эффективные инструменты повышения конкурентоспособности регионов России // Журнал «Вестник Забайкальского государственного университета», Т. 22. № 4, 2016. С. 123-128.

200. Фрэнкс Б. Революция в аналитике. Как в эпоху Big Data улучшить ваш бизнес с помощью операционной аналитики. М.: Альпина Диджитал. 2020 г. 316 с.
201. Чарыкова О.Г., Маркова Е.С. Региональная кластеризация в цифровой экономике // Журнал «Экономика региона», Т. 15. Вып. 2, 2019. С. 409-419.
202. Чернецова, Н.С. Промышленная политика - основа модернизации российской экономики // Журнал «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки». 2015. №4. С. 179-187.
203. Чернов С.С., Кулак Е.Ф. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения // Журнал «Сибирский экономический вестник», № 3, 2016. С. 117-145.
204. Чичерова Е.Ю., Епифанов В.А., Масютин С.А. Совершенствование воспроизводственных процессов на промышленных предприятиях Российской Федерации // Журнал «Транспортное дело России». 2013. № 6-2. С. 186-187.
205. Шваб К. Технологии Четвертой промышленной революции. М.: Бомбора, 2018 г. 320 с.
206. Шеффер Э. Индустрия Х.О. Преимущества цифровых технологий для производства. М.: Издательская группа Точка. 2019 г. 320 с.
207. Шматко С.И. Об основных направлениях реализации политики энергосбережения и повышения энергоэффективности российской экономики // Журнал «Энергетическая политика», № 5, 2008. С. 4-15.
208. Шмидт С.В. Основные черты и тенденции развития законодательства Российской Федерации в сфере энергосбережения // Журнал «Вестник магистратуры». 2013. № 4 (19). С. 160-162.
209. Шипилук В.С. Развитие обрабатывающих производств: особенности и закономерности // Журнал «Стратегии бизнеса». 2022. Т. 10. № 12. С. 322-331.
210. Шульгин А.В., Полубавкина А.Н., Хрячкова Г.В. Университетско-

- промышленные связи региона и их место в цифровой экономике // Журнал «ФЭС: Финансы. Экономика», Т. 16. № 3, 2019. С. 47-51.
211. Щетинина Н.Ю. Индустрия 4.0: практические аспекты реализации в российских условиях // Журнал «Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе», № 1 (21), 2017. С. 75-84.
212. Электронный портал Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 21.02.2018).
213. Юрина Е.А., Куликова Я.А., Пустовалов Д.В. Основные проблемы, связанные с энергосбережением, и возможные пути их решения // Журнал «Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева». 2021. № 1. Т. 2. С. 144-148.
214. Якубов И. Ориентация на потенциал энергосбережения // Журнал «Вопросы регулирования ТЭК: регионы и Федерация». № 1. С. 19-22.
215. Ashton K. That «Internet of Things» Thing. RFIJ Journal. 22. 2009. P. 97.
216. Berkley C., Altintas I., Jaeger E., Jones M., Ludascher B., Mock S. Kepler: an extensible system for design and execution of scientific workflows. In: Proceedings of 16th international conference on scientific and statistical database management. IEEE. 2004. Pp. 423-424.
217. Bloching B., Leutiger P., Oltmanns T., Rossbach C., Schlick T., Remane G., Shafranyuk O. et al. The digital transformation of industry. Roland Berger Strategy Consultants und Bundesverband der Deutschen Industrie, München. 2015. 52 p. URL:[https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_digital\\_transformation\\_of\\_industry\\_20150315.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf) (дата обращения: 12.02.2021)
218. Bradley J. et al. Digital vortex: How digital disruption is redefining industries // Global Center for Digital Business Transformation: An IMD and Cisco initiative. 2015.
219. Branscomb L., Auerswald P. Between Invention and Innovation: An Analysis of



- Funding for Early-Stage Technology Development. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology; Nov, 2002. NIST GCR 02–841.
220. British Computer Society, 2014. The Digital Economy, British Computer Society, London.  
URL:[https://policy.bcs.org/sites/policy.bcs.org/files/digital%20economy%20Final%20version\\_0.pdf](https://policy.bcs.org/sites/policy.bcs.org/files/digital%20economy%20Final%20version_0.pdf) (дата обращения: 18.02.2018)
221. Brynjolfsson E. & Kahin B. Introduction, in Understanding the Digital Economy. MIT Press, Cambridge, MA, P. 4. 2000.
222. Castro-Alvarez F., Vaidyanathan S., Bastian H., King J. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. // ACEEE. June 2018. Report I1801  
URL:<https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/u1808.pdf>  
(дата обращения: 5.02.2018)
223. Chesbrough H. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Cambridge, M.A.: Harvard Business School Press; 2003.
224. Cimoli M., della Giusta M. The Nature of Technological Change and Its Main Implications on National and Local Systems of Innovation. IIASA Interim Report IR-98-029. 2000.
225. Cooke P., Huggins R. The Cambridge High-Technology Cluster. Sviluppo Locale, Vol. 8, 2001. P. 39.
226. Davis S., Haltiwanger J., Schuh S. Small Business and Job Creation: Dissecting the Myth and Reassessing the Facts. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research; 1993. Working Paper No. 4492.
227. Desai S., Nijkamp P., Stough R.R., editors. New Directions in Regional Economic Development: The Role of Entrepreneurship Theory and Methods, Practice and Policy. Northampton, MA: Edward Elgar; 2011.
228. Dicken P. Global shift: reshaping the global economic map in the 21st century. 4th ed. London: SAGE, 2003. 632 p.

229. Doloreux D. Regional innovation systems in Canada: a comparative study. *Regional Studies*. 2004;38(5):479–492.
230. Doris E., McLaren J., Healey V., Hockett S. *State of the States 2009: Renewable Energy Development and the Role of Policy*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory; 2009.
231. Edler J., Kuhlmann S. Towards one system? The European Research Area initiative, the integration of research systems and the changing leeway of national policies. *Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis*. 2005;1(4):59–68.
232. Feser E. *Interdisciplinary Studies in Economics and Management*. Vol. 4. Vienna: Springer; 2005. *Industry Cluster Concepts in Innovation Policy: A Comparison of U.S. and Latin American Experience*.
233. Furman J., Porter M., Stern S. The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*. 2002. V. 31. Pp. 899-933.
234. Gawer A. *Platforms, Markets and Innovation*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009, pp. 1-18.
235. GDP per unit of energy use (constant 2011 PPP \$ per kg of oil equivalent) // World Bank, World Databank. URL:<https://data.worldbank.org> (дата обращения: 12.10.2017)
236. Hess T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesböck, F. et al. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy // *MIS Quarterly Executive*. 2016. T. 15. № 2.
237. Hu Z. IPR Policies in China: Challenges and Directions. Presentation at Industrial Innovation in China. Levin Institute Conference. July 24-26. 2006.
238. IRENA (2017), *REmap 2030 Renewable Energy Prospects for Russian Federation*, Working paper, IRENA, Abu Dhabi. 2017. URL:[www.irena.org\\_remap](http://www.irena.org_remap) (дата обращения: 16.11.2017)
239. Kagermann H., Lukas W. D., Wahlster W. *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution* // *VDI nachrichten*. 2011. T. 13.

P. 11.

240. Kagermann, H., Wahlster, W. and Johannes, H. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Forschungsunion, 2013.
241. Lane, N. Advancing the Digital Economy into the 21st Century. Information Systems Frontiers 1:3. P. 16 (1999).
242. Marshall A. Principles of Economics. London: Macmillan and Co., Ltd., 1920.  
URL:<http://www.econlib.org/library/Marshall/marP.html> (дата обращения: 5.03.2018).
243. Matt C., Hess T., Benlian A. Digital transformation strategies // Business & Information Systems Engineering. 2015. Т. 57. № 5. P. 339-343.
244. Mesenbourg, T.L., 2001. Measuring the Digital Economy, US Bureau of the Census, Suitland, MD.  
URL:<https://www.census.gov/content/dam/Census/library/workingpapers/2001/econ/umdigital.pdf> (дата обращения: 8.02.2018).
245. Meyer-Krahmer F. Industrial innovation and sustainability – conflicts and coherence. In: Archibugi D., Lundvall B., editors. The Globalizing Learning Economy. New York: Oxford University Press. 2001. Pp. 177-194.
246. Negroponte N. Being digital. New York: Alfred A. Knopf, 1995, 243 p.
247. Oakey R., Kipling M., Wildgust S. Clustering among firms in the non-broadcast visual communications (NBVC) sector. Regional Studies, 35, 2001. P. 406.
248. Organisation for Economic Co-operation and Development. The Digital Economy. OECD. 2013. Paris. URL:<http://www.oecd.org/daf/competition/The-Digital-Economy-2012.pdf>. P. 5. (дата обращения: 14.02.2018).
249. Oughton C., Landabaso M., Morgan K. The regional innovation paradox: innovation policy and industrial policy. Journal of Technology Transfer. 2002;27(1). Pp. 97-110.
250. Palamarchuk A.G. Development of a Set of Marketing Activities in the

- Construction of an Innovative Energy Efficient Cluster. TEM Journal. 2021. Vol. 10. I. 1. Pp. 343- 350.
251. Palamarchuk A.G. Cluster Policy in a Digital Economy / Golov R.S., Palamarchuk A.G., Anisimov K.V., Andrianov A.M. // Russian engineering research. 2021. Vol. 41. № 7. Pp. 631-633.
252. Palamarchuk A.G. Energy efficiency requirements at Russian industrial enterprises / Golov R.S., Smirnov V.G., Teplyshev V.Y., Prokof'ev D.A., Palamarchuk A.G., Anisimov K.V., Andrianov A.M. // Russian Engineering Research. 2022. Vol. 42. № 4. Pp. 398-400.
253. Porter, M.E. Clusters and the New Economics of Competition. Harvard Business Review. 76. 1998. P.79.
254. Roelandt T.J.A., Den Hertog P., Van Sinderen J., Vollaard B. Cluster Analysis and Cluster Policy in the Netherlands, Research Memorandum no. 9701, Ministry of Economic Affairs, Den Haag. 1997. P. 315.
255. Rosenfeld S.A. Industrial-Strength Strategies: Business Clusters and Public Policy, The Aspen Institute for Humanistic Studies, Washington DC. 1995. P. 12.
256. Ruttan V. Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective. Oxford: Oxford University Press; 2002.
257. Schiller D. Digital Capitalism: Networking the Global Market System. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2000. Ed. 1. V. 1. 0262692333.
258. Schumacher, A., Erol, S. and Sihm, W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. Procedia CIRP 52. 2016. P. 161-166.
259. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, what it means and how to respond. URL:<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>. (дата обращения: 16.02.2018).
260. Simmie J., Sennett J. Innovative clusters: global or local linkages. National

- Institute Economic Review. 1999. 170. P. 93.
261. Smit, J., Kreutzer S., Moeller C. and Carlberg M. Industry 4.0 // Policy department A: economic and scientific policy, Rep. European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE), 2016. P. 7. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (дата обращения: 15.03.2021)
262. Soule D.L., Carrier N., Bonnet D., Westerman G.F. Organizing for a digital future: Opportunities and challenges. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting. Working Paper, 2014, no. 10, pp. 1-22.
263. Subramanian, S., H. Bastian, A. Hoffmeister, B. Jennings, C. Tolentino, S. Vaidyanathan, and S. Nadel. 2022 International Energy Efficiency Scorecard URL: <https://www.aceee.org/research-report/i2201> (дата обращения: 28.03.2022)
264. Tan J. Growth of industry clusters and innovation: lessons from Beijing Zhongguancun Science Park. Journal of Business Venturing. 2006 November;21(6). Pp. 827-850.
265. Tapscott D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. McGraw-Hill; 1st edition (October 1, 1995). 368 p.
266. Tödting F, Trippel M. One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach. Research Policy. 2005. V. 34. I. Pp. 1203-1219.
267. Van Alstyne M., Parker G., Choudary S.P. Pipelines, Platforms, and the New Rules of Strategy. Harvard Business Review, April, 2016. Pp. 54-60, 62.
268. Van der Berg L., Braun E., Van Winden W. Growth Clusters in European Cities: An Integral Approach; Urban Studies, 38(1). 2001. P. 187.
269. Wang Q. Effective policies for renewable energy – the example of China's wind power – lessons for China's photovoltaic power. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010. V. 14. Pp. 702-712.
270. Wang, S., Wan, J., Li, D. and Zhang, C. Implementing Smart Factory of

- Industrie 4.0: An Outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks. 2016. V. 12 (1). P. 3.
271. Wong Y.C. et al. Perpetuating old exclusions and producing new ones: Digital exclusion in an information society // Journal of Technology in Human Services. 2009. T. 27. № 1. P. 57-78.
272. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022. Enerdata. [URL:https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html](https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html) (дата обращения: 19.03.2022)
273. Yu J., Jackson R. Regional Innovation Clusters: A Critical Review. Growth and Change. 2011;42(2). Pp. 111-124.

**Результаты применения энергосберегающего оборудования и технологий для модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия при его вхождении в состав энергоэффективного промышленного кластера**

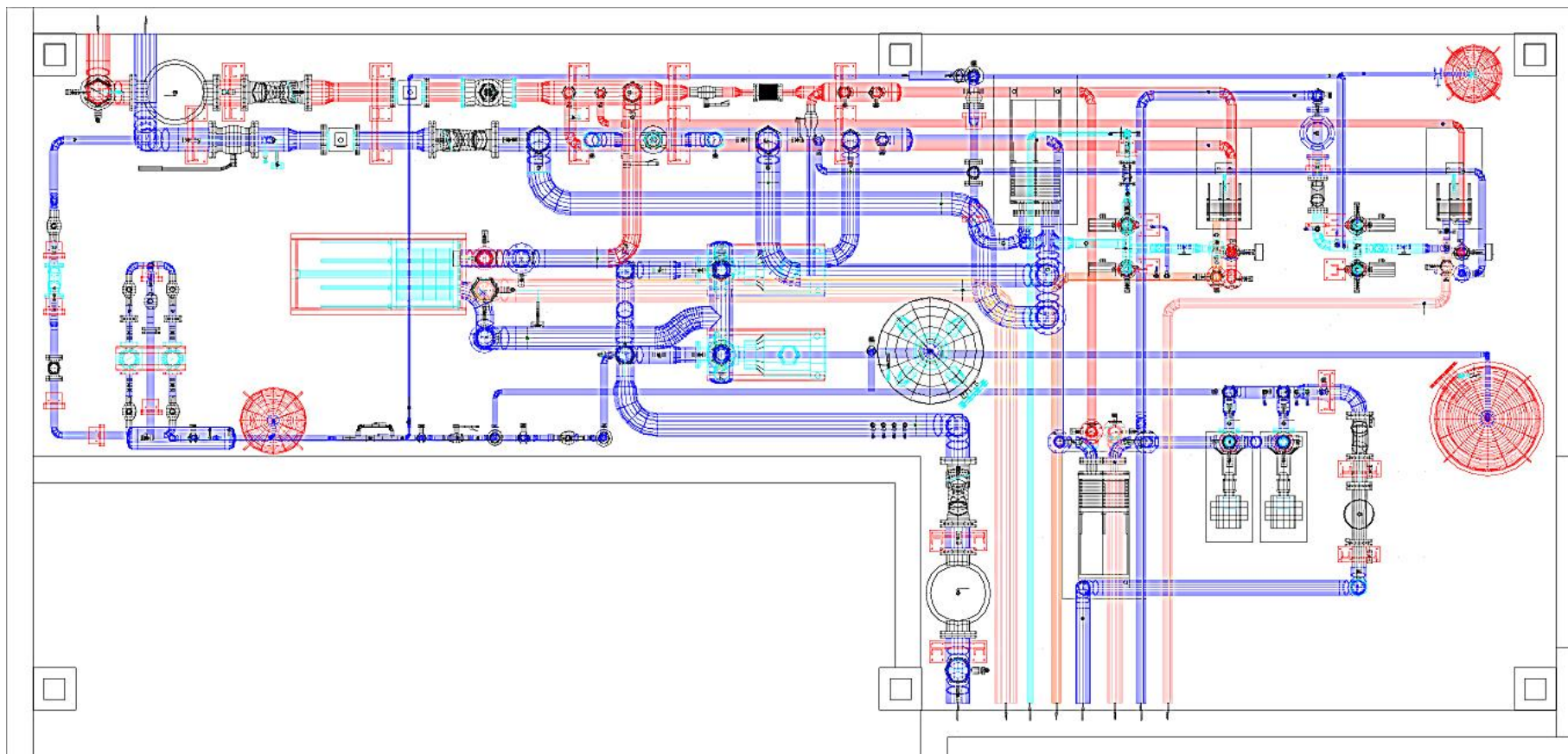
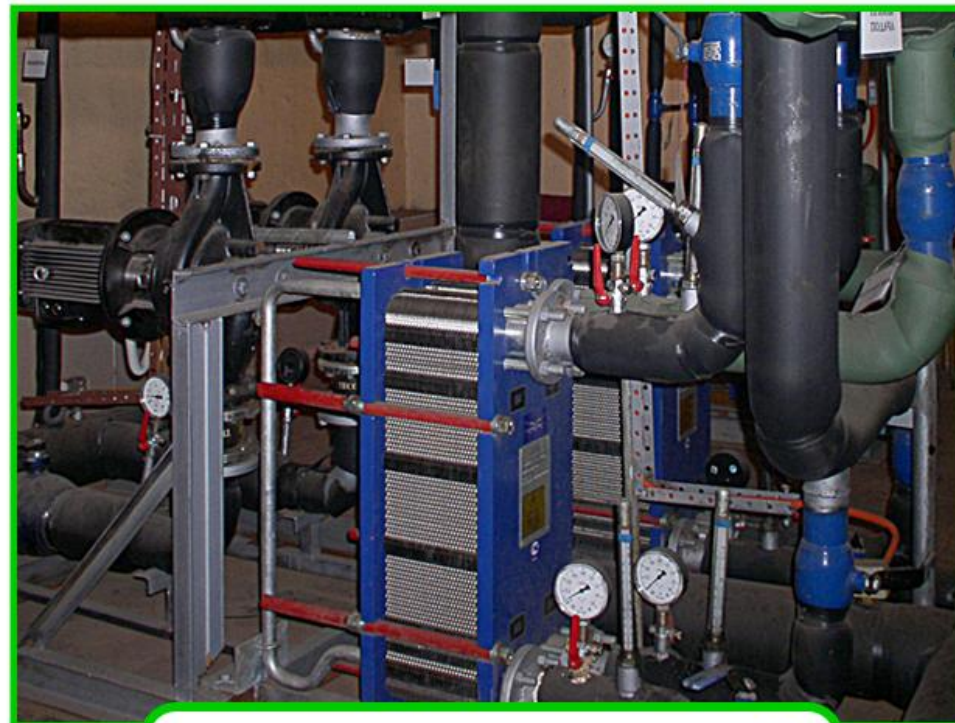


Рис. 1. Схема инженерно-технического проекта энергохозяйства якорного промышленного предприятия



**ЦТП до реконструкции**



**Реконструированный  
ЦТП**

Рис. 2. Результаты модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия (реконструкция индивидуального теплового пункта с применением энергоэффективных материалов и технологий)





**ЦТП до внедрения  
насосного оборудования  
с частотным  
управлением**



**ЦТП после внедрения  
насосного оборудования  
с частотным  
управлением**

Рис. 3. Результаты модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия (внедрение на центральном тепловом пункте насосного оборудования с частотным управлением)

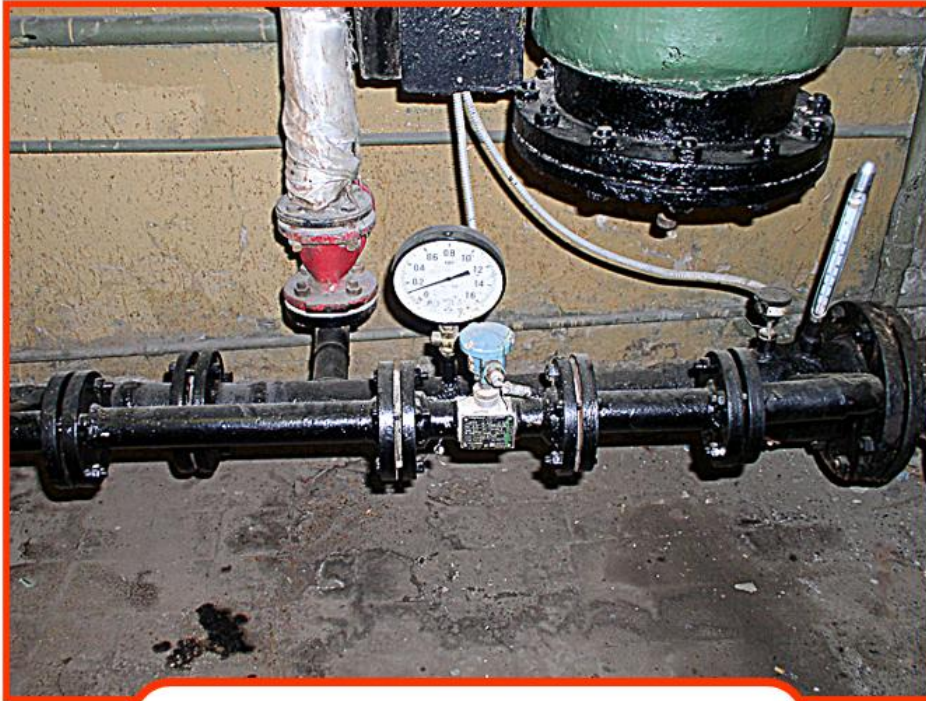


**ЦТП до замены запорной  
арматуры на  
современные шаровые  
краны**



**ЦТП после замены  
запорной арматуры на  
современные шаровые  
краны**

Рис. 4. Результаты модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия (замена в центральном тепловом пункте устаревшей запорной арматуры на современные шаровые краны)



**ЦТП до установки  
приборов учета тепловой  
энергии**

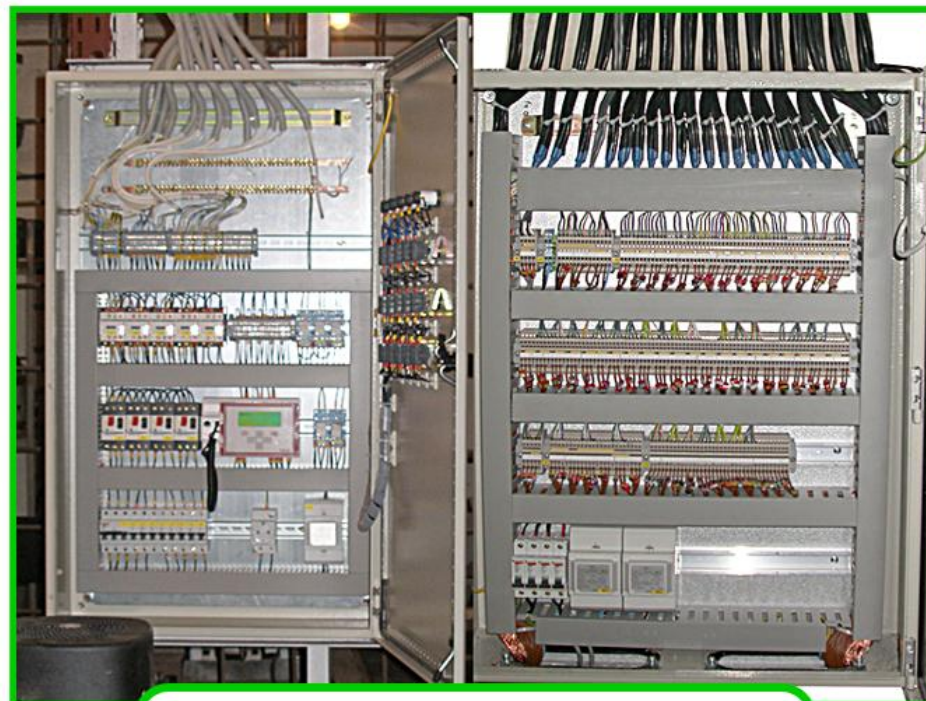


**ЦТП после установки  
приборов учета тепловой  
энергии**

Рис. 5. Результаты модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия (установка в центральном тепловом пункте приборов учета тепловой энергии)



**ЦТП до внедрения АСКУ**



**ЦТП после внедрения АСКУ**

Рис. 6. Результаты модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия (внедрение в центральном тепловом пункте автоматизированной системы контроля и учета (АСКУ) на базе свободно программируемых контроллеров)

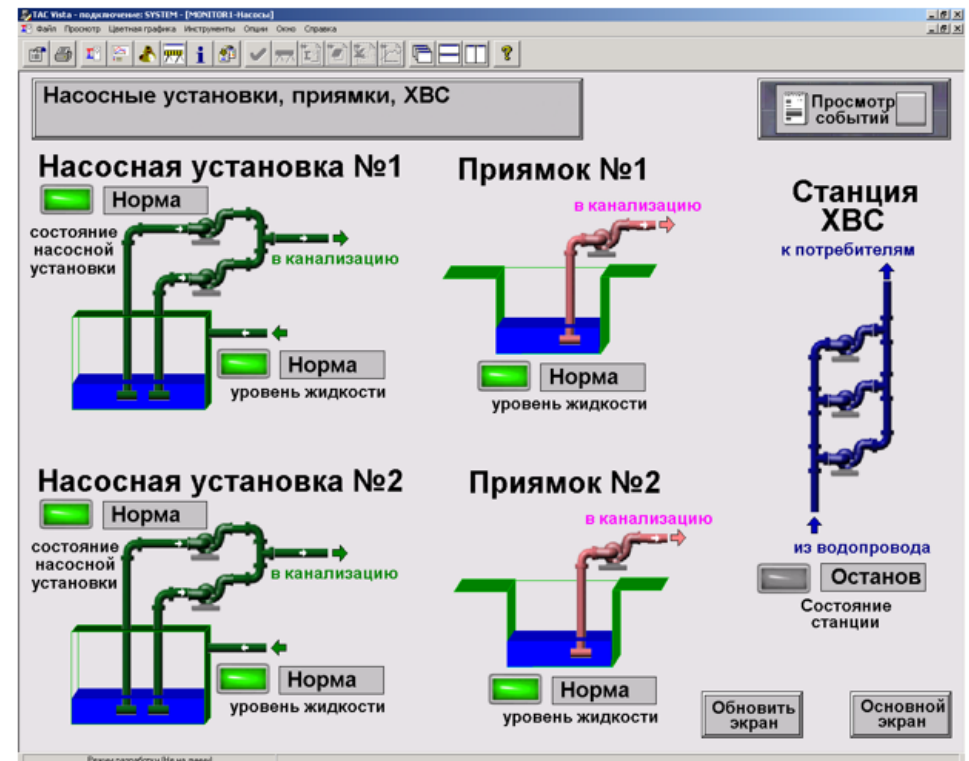
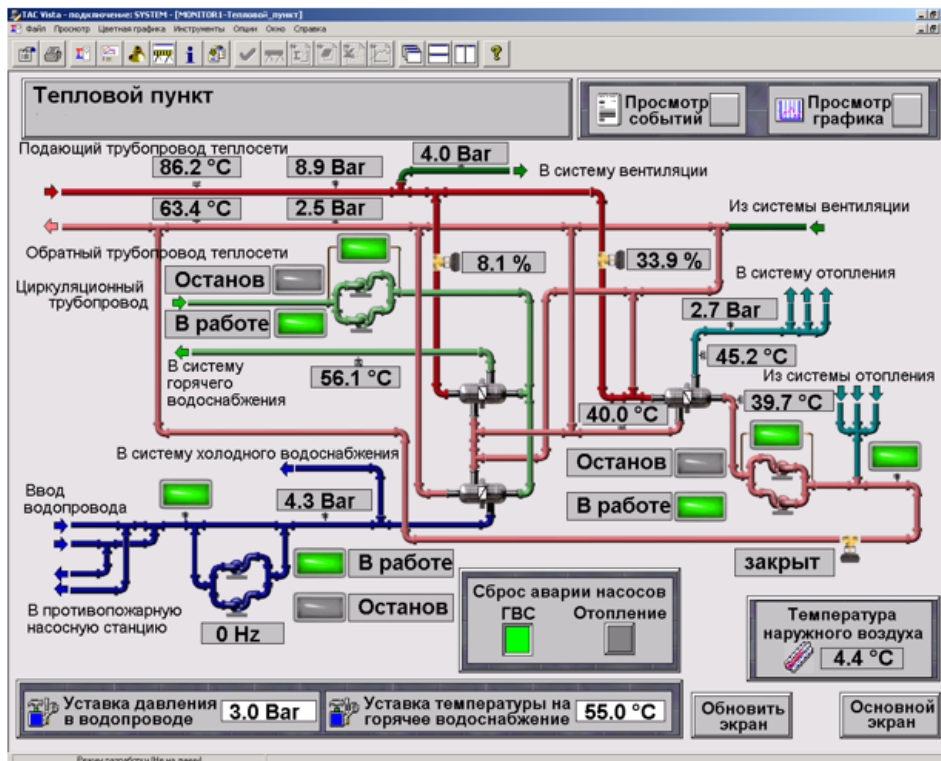


Рис. 7. Результаты модернизации энергетического хозяйства якорного промышленного предприятия (внедрение специализированного программного обеспечения по диспетчеризации и управлению инженерными системами)

Проектирование и формирование энергоэффективного промышленного кластера

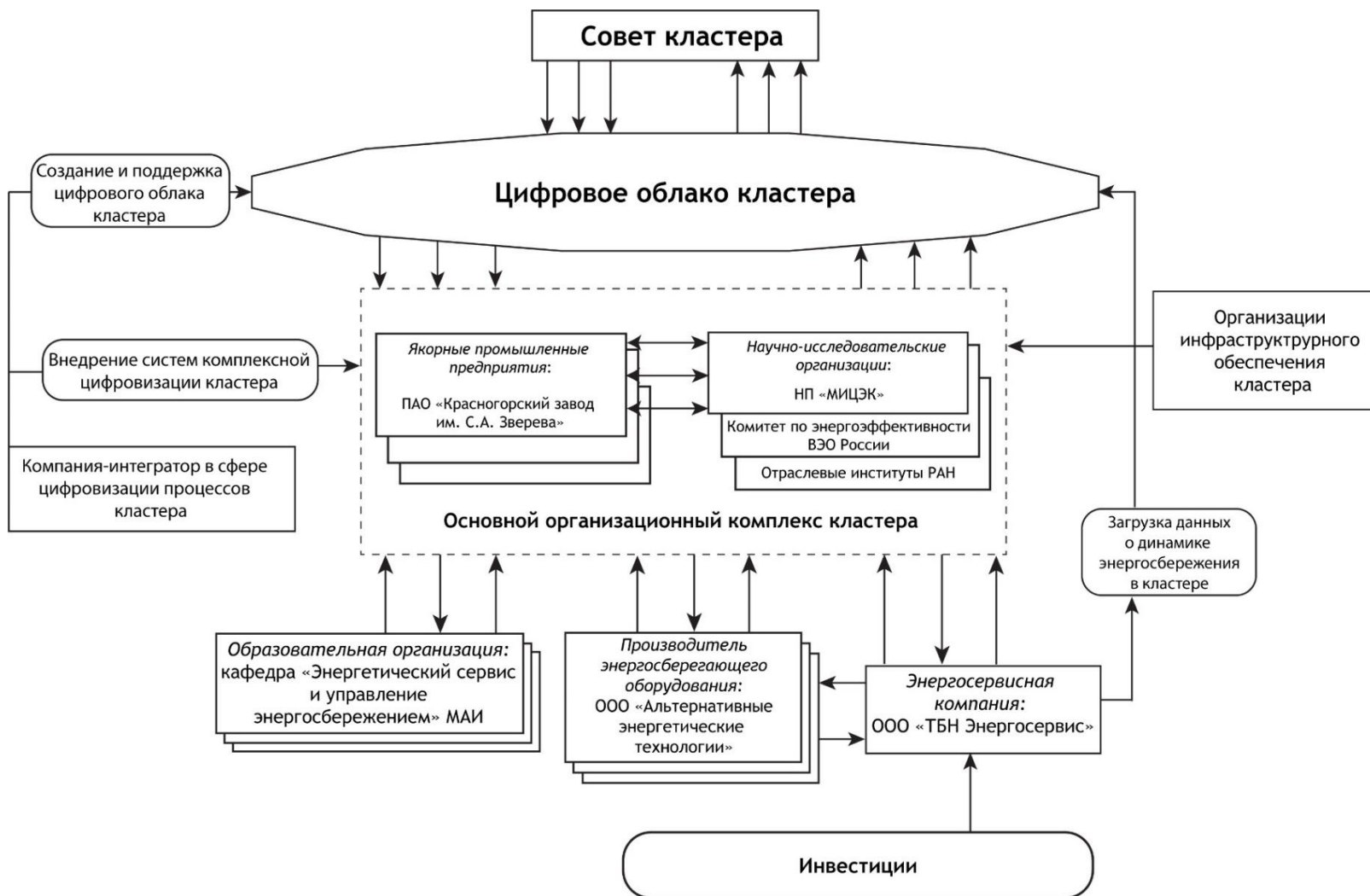


Рис. 1. Структура проектируемого энергоэффективного промышленного кластера

**Результаты оценки эффективности модернизации цеха промышленного предприятия в рамках создаваемого энергоэффективного промышленного кластера**

Участие якорных промышленных предприятий в формируемом энергоэффективном промышленном кластере предполагает проведение их модернизации на основе внедрения в различных подсистемах энергоэффективного оборудования и технологий. Одними из ключевых подсистем, обеспечивающими реализацию ими основной деятельности, выступают производственные цеха, как правило, потребляющие наибольший объем топливно-энергетических ресурсов в масштабах всего предприятия. Соответственно, учет экономических эффектов, возникающих в результате формирования такого кластера, в первую очередь, должен фокусироваться на оценке результатов от внедрения энергосберегающего оборудования и технологий на уровне отдельных цехов. В равной степени это касается и внедрения цифровых технологий при построении подобного кластера, которые, в большинстве своем нацелены на цифровую трансформацию производственных процессов, также реализуемых, прежде всего, на уровне производственных цехов предприятия.

В соответствии с этим, в качестве объекта оценки на основе методики, предложенной в параграфе 3.2, автором выбран типовой цех промышленного предприятия, которое осуществляет модернизацию производства по двум основным сценариям. В первом сценарии оно осуществляет модернизацию производства без кластерного взаимодействия, фокусируясь на внедрении более современного производственного оборудования. Согласно второму сценарию, вместе с проведением тех же объемов модернизации, оно внедряет как энергосберегающее оборудование и технологии, так и реализует мероприятия по цифровой трансформации в рамках кластерной интеграции. Для проведения расчетов автором использовался показатель чистого дисконтированного дохода, в первом случае отражающий агрегированные затраты и результаты от модернизации цеха, а во втором случае также учитывающий весь спектр

агрегированных экономических эффектов и агрегированных затрат, отраженных в параграфе 3.2. По итогам проведения расчетов автором были составлены 2 таблицы с результатами оценки эффективности. Первая из таблиц содержит результаты оценки эффективности модернизации цеха предприятия без вхождения в кластер (табл. 1).

Таблица 1

Результаты оценки эффективности модернизации цеха якорного промышленного предприятия без его вхождения в состав энергоэффективного промышленного кластера

№ п/п	Наименование показателя	2024	2025	2026	2027	2028
1.	Агрегированные капитальные затраты, руб.	50 284 121,00				
2.	Агрегированные эксплуатационные затраты, руб.	1 212 991,00	1 453 015,00	1 470 582,00	1 531 971,00	1 612 417,00
3.	Агрегированный входящий денежный поток, руб.	10 475 022,00	12 572 928,00	14 584 551,00	17 548 273,00	21 389 632,00
4.	Чистый денежный поток, руб.	-41 022 090,00	11 119 913,00	13 113 969,00	16 016 302,00	19 777 215,00
5.	Коэффициент дисконтирования	0,87	0,76	0,66	0,57	0,5
6.	Чистый дисконтированный денежный поток, руб.	-35 689 218,30	8 451 133,88	8 655 219,54	9 129 292,14	9 888 607,50
7.	Чистый дисконтированный доход за 5 лет (NPV), руб.	<b>435 034,76</b>				

Как можно отметить из данных, приведенных в табл. 1, чистый дисконтированный доход за 5 лет составил 435 034,76 руб. Ниже представлены результаты оценки эффективности модернизации цеха предприятия при его вхождении в состав энергоэффективного промышленного кластера (табл. 2).



Результаты оценки эффективности модернизации цеха якорного промышленного предприятия при условии кластерной интеграции в рамках энергоэффективного промышленного кластера

№ п/п	Наименование показателя	2024	2025	2026	2027	2028
<b>1.</b>	<b>Агрегированные затраты и результаты, возникающие при модернизации цеха без учета эффектов и затрат при вхождении предприятия в кластер</b>					
1.1.	Агрегированные капитальные затраты, руб.	50 284 121,00				
1.2.	Агрегированные эксплуатационные затраты, руб.	1 212 991,00	1 453 015,00	1 470 582,00	1 531 971,00	1 612 417,00
1.3.	Агрегированный входящий денежный поток, руб.	10 475 022,00	12 572 928,00	14 584 551,00	17 548 273,00	21 389 632,00
<b>2.</b>	<b>Агрегированные затраты и результаты, возникающие при вхождении предприятия в кластер (без учета затрат и результатов из предыдущего блока)</b>					
2.1.	Агрегированные капитальные затраты, возникающие при вхождении предприятия в состав кластера, руб.	5 202 245,00				
2.2.	Агрегированные эксплуатационные затраты, возникающие при вхождении предприятия в состав кластера, руб.	781 940,00	972 544,00	985 487,00	1 045 259,00	1 091 136,00
2.3.	Агрегированный входящий денежный поток в энергоэффективной проекции, руб.	719 633,60	780 435,20	845 442,00	901 204,60	940 126,80
2.4.	Агрегированный входящий денежный поток в организационной проекции, руб.	388 661,60	409 191,20	435 015,00	447 400,60	464 415,80
2.5.	Агрегированный входящий денежный поток в экономической проекции, руб.	675 598,60	724 403,20	755 518,00	808 306,60	883 222,80
2.6.	Агрегированный входящий денежный поток в производственной проекции, руб.	455 760,60	484 796,20	506 437,00	540 435,60	580 350,80
	Агрегированный входящий денежный поток в программно-технической проекции, руб.	412 656,60	418 598,20	437 626,00	469 224,60	524 294,80
<b>3.</b>	<b>Итоговые экономические результаты, образующиеся при модернизации цеха с учетом вхождения предприятия в состав энергоэффективного промышленного кластера</b>					
3.1.	<b>Совокупный чистый денежный поток, руб.</b>	-44 353 964,00	12 964 793,00	15 108 520,00	18 137 615,00	22 078 490,00
3.2.	Коэффициент дисконтирования	0,87	0,76	0,66	0,57	0,5
3.3.	<b>Совокупный чистый дисконтированный денежный поток, руб.</b>	-38 587 948,68	9 853 242,68	9 971 623,20	10 338 440,55	11 039 245,00
3.4.	Чистый дисконтированный доход за 5 лет (NPV), руб.	<b>2 614 602,75</b>				

С учетом того, что в рамках цеха отсутствует какая-либо научно-исследовательская деятельность, то эффекты, относящиеся согласно методике, приведенной в параграфе 3.2, к научно-исследовательской проекции, в данном случае не учитывались. Как можно отметить, сопоставляя результаты оценки эффективности, приведенные в табл. 1 и табл. 2, величина NPV при условии кластерной интеграции якорного предприятия превышает величину NPV без ее проведения в 6 раз и составляет 2 614 602,75 руб.

Полученные автором результаты подтверждают экономическую эффективность вхождения предприятия в состав энергоэффективного промышленного кластера, отражая однозначное положительное влияние кластерного решения на его экономическое и технологическое развитие. При этом в рассмотренном выше примере внедрение энергосберегающего оборудования и цифровых технологий осуществлялось только на уровне типового цеха. Соответственно, при внедрении энергосберегающего оборудования и проведения цифровой трансформации в контексте вхождения в состав кластера всего промышленного предприятия достигаемые при этом экономические эффекты по всем проекциям возрастут благодаря образованию синергетического эффекта за счет увеличения масштаба производимых изменений, прежде всего, связанных с повышением энергетической эффективности на уровне целого предприятия.