

**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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

МОСКВА – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Научный руководитель: **Голов Роман Сергеевич**
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Шинкевич Алексей Иванович**
доктор экономических наук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Логистики и управления» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Мещерякова Татьяна Сергеевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Менеджмент и инновации» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»

Защита состоится « 27 » декабря 2023 года в 12 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета 24.2.327.10 при ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по адресу: г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, корпус 5, Зал заседаний ученого совета. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, МАИ, ученому секретарю диссертационного совета Пушкаревой Марии Борисовне и по электронной почте ds-econ@mai.ru .

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» и на сайте:
https://mai.ru/events/defence/?ELEMENT_ID=176706

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
24.2.327.10, к.э.н., доцент



Пушкарева Мария
Борисовна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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, определяется не только техническим и экономическим развитием самих российских предприятий, но обеспечением их кооперации с ведущими научно-исследовательскими организациями в рамках реализации совместных проектов по разработке и внедрению в производство инноваций. Одной из наиболее перспективных форм подобной кооперации выступают кластеры – интегрированные организационные структуры, в рамках которых обеспечиваются необходимыми ресурсами и компетенциями все стадии жизненного цикла проектов.

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., Мещеряковой Т.С., 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., Камолов С.Г., 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., Шинкевич А.И., 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 энергоёмкости 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 обеспечивающая 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. Основные положения диссертационной работы прошли апробацию в ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», ООО «ТБН Энергосервис», ООО «Альтернативные энергетические технологии», ООО «Пром Строй Деталь».

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 Министерства 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.

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,

анализируется 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.

2. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. 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 как структурная модель кластера и ориентированность кластера на повышение собственной энергоэффективности.

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).

Таблица 1

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
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

Одним из ключевых классификационных признаков приведенной выше классификации выступает ориентированность кластера на повышение собственной энергоэффективности, в рамках которого автором выделен такой вид кластерных структур как энергоэффективные кластеры. Создание подобных кластеров представляет собой системный подход к снижению энергоемкости входящих в их состав промышленных предприятий. 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. 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*. В представленном определении энергоэффективность выделена автором в качестве одной из ключевых проекций, определяющих структуру, принципы функционирования и целевые приоритеты кластера.

2. 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.

Управление стратегическим развитием энергоэффективного промышленного кластера, по мнению автора, должно учитывать важные технологии Индустрии 4.0, оказывающие значимое влияние на сферу стратегического планирования. 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 (рис. 1).

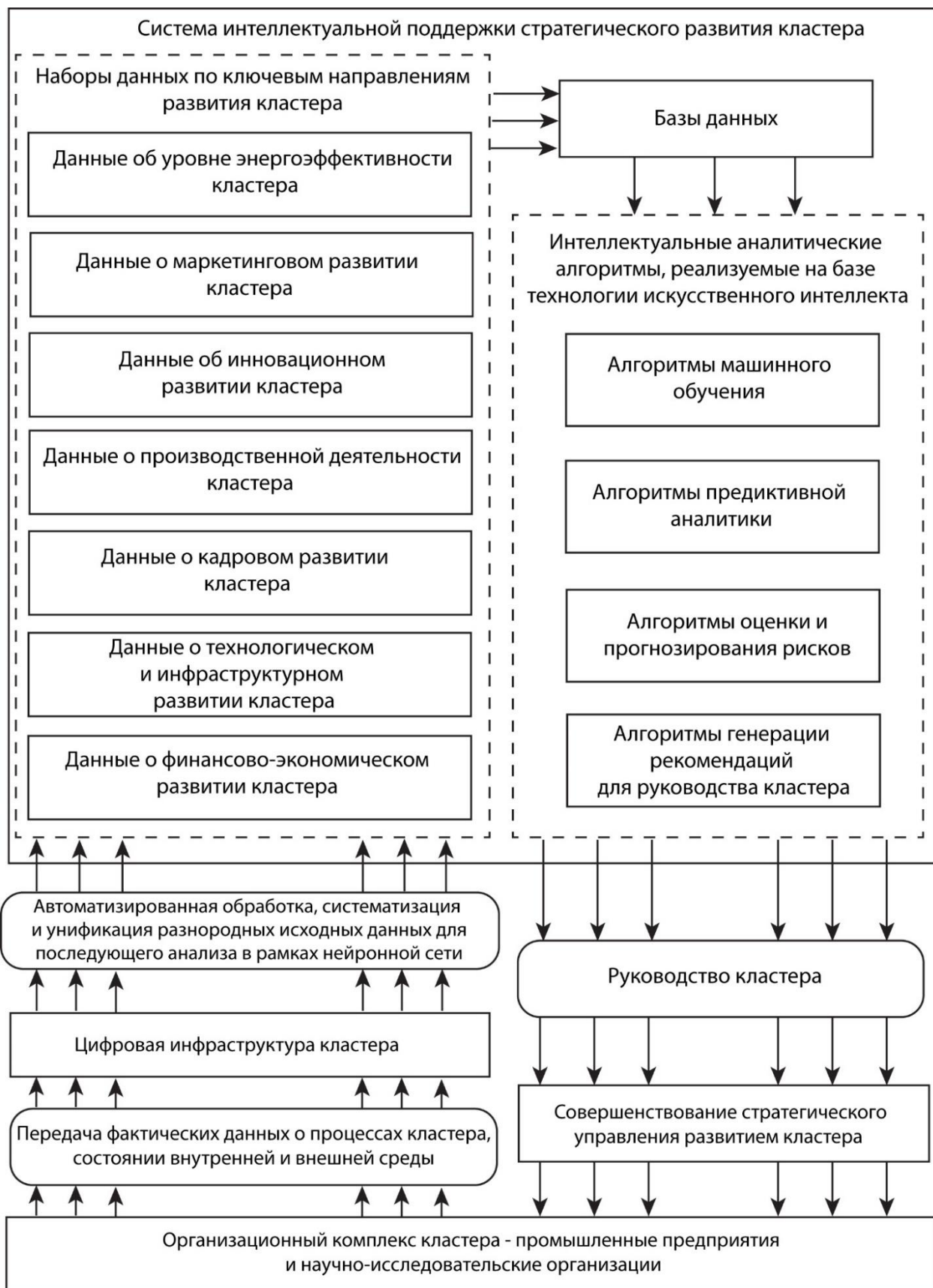


Рис. 1. Организационно-экономическая модель системы интеллектуальной поддержки стратегического развития энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

В нижней части схемы располагается организационный комплекс,

включающий в себя промышленные предприятия и научно-исследовательские организации, от участников которого в цифровую инфраструктуру поступают фактические данные о процессах кластера, состоянии внутренней и внешней среды. В информационно-аналитических системах цифровой инфраструктуры кластера поступившие данные обрабатываются и систематизируются по таким направлениям как данные об уровне энергоэффективности, маркетинговом, инновационном развитии, его производственной деятельности, кадровом, технологическом, инфраструктурном и финансово-экономическом развитии с последующей их передачей в базы данных.

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. В качестве первого блока 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.

Одной из перспективных моделей нейронной сети для применения в рамках рассматриваемой системы является рекуррентная нейронная 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 важными преимуществами выступают возможность детального моделирования различных взаимозависимостей между данными на значительных интервалах времени, а также способность хранить информацию в ячейках памяти на всем промежутке временного интервала.

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.

В свою очередь, блок «Алгоритмы оценки и прогнозирования рисков» предполагает использование потенциала машинного обучения для оценки и прогнозирования тех рисков, которые неизбежно возникают в рамках деятельности кластерной структуры. С учетом ее значительного масштаба, различных типов участников и сложной структуры кооперационных связей между ними потенциальные риски от их деятельности в составе кластера далеко не всегда в полной мере могут учтены при использовании традиционных

подходов к оценке рисков. Реализация данного блока предполагает проведение обучения нейронной сети на основе массивов данных о деятельности участников кластера, отражающих реализацию уже произошедших в прошлом конкретных рисков, в ходе которого ей выявляются как явные, так и скрытые причины и факторы, приведшие к их реализации. Затем эффективность обучения проверяется путем загрузки в нейронную сеть данных из тестовой выборки, на которой проверяется точность прогнозирования рисков.

В качестве заключительного блока интеллектуальных алгоритмов выступает блок «Алгоритмы генерации рекомендаций для руководства кластера», основной целью которых является систематизация и анализ результатов, полученных в рамках ранее рассмотренных процедур, с последующим формированием для руководства кластера набора рекомендаций по корректировке и совершенствованию действующей программы его стратегического развития.

Внедрение рассмотренной выше системы позволяет обеспечить интеллектуальную поддержку стратегического планирования и управления развитием кластера. Применение технологии искусственного интеллекта позволяет, с одной стороны, автоматизировать анализ крупных массивов данных, а, с другой – оперативно выявлять и использовать при построении прогнозов важные (в том числе неявные) факторы, влияющие на стратегическое развитие кластера.

3. 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 обеспечивающая 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.

Одной из важнейших составляющих при формировании энергоэффективного промышленного кластера выступает разработка механизма организации взаимодействия между его участниками. Специфика построения энергоэффективного промышленного кластера, наравне с механизмами научно-промышленного и инновационно-инвестиционного взаимодействия, требует включения в его структуру организации, на системном уровне проводящей работу по повышению его энергоэффективности. Благодаря такому подходу, энергосберегающие технологии и процессы органично интегрируются с прочими процессами, а само энергосбережение становится одним из основных направлений его стратегического развития. Организационно-экономическая структура энергоэффективного промышленного кластера представлены ниже (рис. 2).



Рис. 2. Организационно-экономическая структура энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

На рис. 2 представлена организационно-экономическая структура 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, в Совет кластера могут также входить представители администрации региона. В центральной части схемы располагается основной организационный комплекс кластера, в состав которого для примера автором была включена совокупность промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций.

В правой части схемы размещаются организации инфраструктурного обеспечения, оказывающие различные виды юридической и консультационной поддержки непосредственным разработчикам и производителям инновационной продукции. Важным участником энергоэффективного промышленного кластера является компания-интегратор в сфере цифровизации процессов кластера. Одним из ключевых этапов ее работы является создание единой системы управления деятельностью кластера. 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.

В нижней части схемы представлены организации, чья деятельность направлена на повышение энергоэффективности кластера: энергосервисная компания, производители энергосберегающего оборудования и технологий и образовательные организации. Энергосервисная компания осуществляет весь спектр услуг по анализу его потенциала энергосбережения, выбору, внедрению и поддержке энергоэффективных технологий и оборудования за счет привлечения инвестиций, графически отраженных в нижней части схемы. Участие в работе кластера компаний, производящих подобное оборудование, позволяет обеспечить его прямые поставки как для энергосервисной компании, так и напрямую якорным промышленным предприятиям с последующей поддержкой в его установке, техническом обслуживании, ремонте и модернизации. В свою очередь, привлечение в состав кластера образовательных организаций позволяет решить задачу подготовки кадров в сфере энергосбережения, необходимых для решения оперативных задач в сфере повышения энергоэффективности его якорных промышленных участников. Участие в составе кластера данных структур позволяет создать все необходимые условия для непрерывного повышения энергоэффективности для его якорных участников, существенно упрощая для них как доступ к самим энергосберегающим технологиям и оборудованию, так и процессы их внедрения и последующего сопровождения, а также подготовку профильных кадров.

4. 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.

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:

$$\Delta D_{\text{Оп}i} = \mathcal{E}_{\text{инф}i} + \mathcal{E}_{\text{тр}i} + \mathcal{E}_{\text{вн}i} , \quad (1)$$

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

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

$\mathcal{E}_{\text{вн}i}$ – 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.

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:

$$\Delta D_{\text{Эп}i} = \mathcal{E}_{\text{Об}i} + \mathcal{E}_{\text{Бр}i} + \mathcal{E}_{\text{МК}i} + \mathcal{E}_{\text{Мис}i} + \mathcal{E}_{\text{СЕБ}i} + \mathcal{E}_{\text{ПСО}i} + \mathcal{E}_{\text{ЖЦ}i} + \mathcal{E}_{\text{ЭПО}i} + \mathcal{E}_{\text{РИСК}i} , \quad (2)$$

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

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

$\mathcal{E}_{\text{МК}i}$ – 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.

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:

$$\Delta D_{\text{ПП}i} = \Delta_{\text{ЗП}i} + \Delta_{\text{ТПП}i} + \Delta_{\text{ОСН}i} + \Delta_{\text{ДП}i} + \Delta_{\text{АВ}i} + \Delta_{\text{КОБ}i} + \Delta_{\text{ПРОБ}i} + \Delta_{\text{ТООБ}i} + \Delta_{\text{РП}i}, \quad (3)$$

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

$\Delta_{\text{ТПП}i}$ – сокращение затрат на технологическую подготовку производства в i -ом году;

$\Delta_{\text{ОСН}i}$ – сокращение затрат на ручную оснастку станков за счет применения автоматизированных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров в i -ом году;

$\Delta_{\text{ДП}i}$ – 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;

$\Delta_{\text{АВ}i}$ – сокращение убытков от аварийных остановок производства в i -ом году;

$\Delta_{\text{КОБ}i}$ – 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;

$\Delta_{\text{ПРОБ}i}$ – сокращение убытков от простоя оборудования в i -ом году;

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

$\Delta_{\text{РП}i}$ – снижение ресурсоемкости производства благодаря внедрению на предприятиях кластера системы бережливого производства в i -ом году.

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:

$$\Delta D_{\text{ПТП}i} = \Delta_{\text{МОН}i} + \Delta_{\text{БН}i} + \Delta_{\text{НПР}i} + \Delta_{\text{ПО}i} + \Delta_{\text{ИЖЦ}i}, \quad (4)$$

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

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

$\Delta_{\text{НПР}i}$ – сокращение убытков от неэффективного проектирования производственных цепочек внутри кластера в i -ом году;

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

$\Delta_{\text{ИЖЦ}i}$ – 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.

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:

$$\Delta D_{\text{НИП}i} = \Delta_{\text{НИОКР}i} + \Delta_{\text{НИС}i} + \Delta_{\text{ВЫЧ}i} + \Delta_{\text{ПРОЕКТ}i}, \quad (5)$$

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.

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:

$$\Delta D_{\text{ЭФП}i} = \text{Э}_{\text{ЭЭ}i} + \text{Э}_{\text{ГВС}i} + \text{Э}_{\text{ОТП}i} + \text{Э}_{\text{ТОП}i} + \text{Э}_{\text{ПЕР}i} + \text{Э}_{\text{РЕМ}i} , \quad (6)$$

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

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

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

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

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

$\text{Э}_{\text{РЕМ}i}$ – 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.

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:

$$Z_{\text{КАП}i} = I_{\text{СТО}i} + I_{\text{СТИ}i} + I_{\text{МОД}i} + I_{\text{АВТ}i} + I_{\text{МЛ}i} + I_{\text{ОНЛ}i} + I_{\text{ПОИНФ}i} + I_{\text{ПОА}i} + I_{\text{ПОН}i} + I_{\text{ЭЭФ}i} + I_{\text{СКТВ}i} , \quad (7)$$

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.

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:

$$Z_{\text{инт}i} = I_{\text{ЦИФ}i} + I_{\text{ИНВ}i} + I_{\text{ОБЛ}i} + I_{\text{СКВ}i} + I_{\text{ВЗУ}i} + I_{\text{ЛОГ}i} + I_{\text{НТД}i} + I_{\text{УЧ}i} + I_{\text{ПЛ}i} + I_{\text{КОМ}i}, \quad (8)$$

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;

$I_{КОМi}$ – затраты на организацию научно-промышленных коммуникаций между научными организациями и предприятиями кластера в i -ом году.

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:

$$Z_{ЭКCi} = I_{СМi} + I_{ТЭРi} + I_{ТОПi} + I_{ТОНi} + I_{АМПi} + I_{АМНi} + I_{НПОi} + I_{ТОЦi} + I_{АМЦi} + I_{АДМi} + I_{ЗПАi} + I_{ЗПРi} + I_{ЗПНi} + I_{ЗПИi} + I_{КОММi} + I_{НЛСi} + I_{ТРi} + I_{СОЦi} + I_{РКМi} + I_{ПНРi}, \quad (9)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$I_{ЗПНi}$ – 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.

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.

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:

$$NPV_{ИЭК} = \sum_{i=1}^I \frac{Д_{дпi} + \Delta Д_{опi} + \Delta Д_{эпi} + \Delta Д_{ппi} + \Delta Д_{птпi} + \Delta Д_{нипi} + \Delta Д_{эфпi}}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^I \frac{З_{капi} + З_{интi} + З_{эксi}}{(1+r)^i} \rightarrow \max, \quad (10)$$

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

$Д_{дпi}$ – денежный поток от деятельности кластера без проекта энергоэффективности в i -ом году;

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

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

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

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

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

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

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

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

году;

$Z_{ЭКi}$ – эксплуатационные затраты на построение и функционирование кластера в i -ом году;

r – ставка дисконтирования.

Как можно отметить из данных формулы 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.

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

$$PI_{ИЭК} = \frac{\sum_{i=1}^I \frac{D_{СОВi}}{(1+r)^i}}{ИН_{ПЕР}}, \quad (11)$$

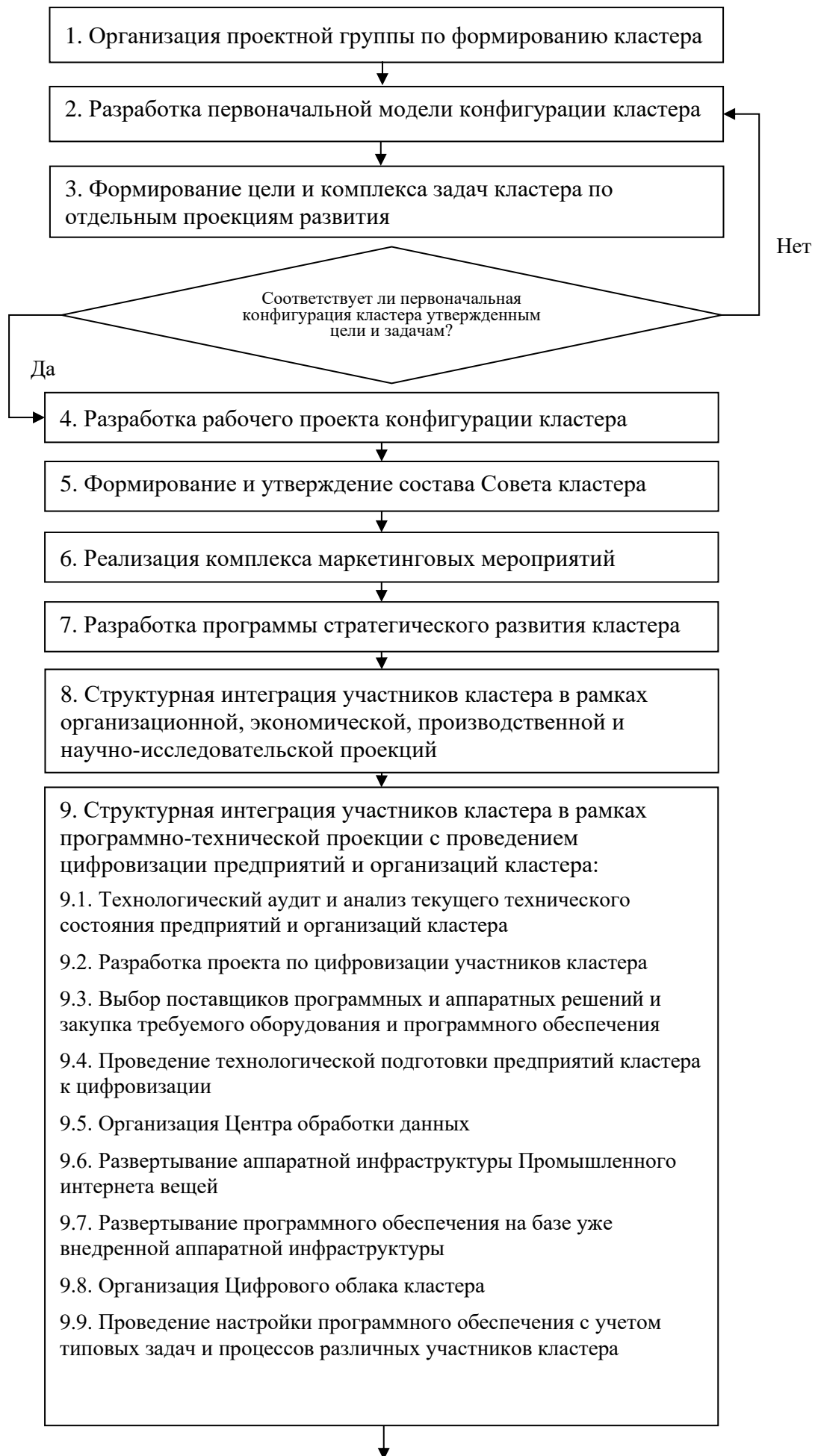
где $D_{СОВi}$ – совокупный чистый денежный поток от деятельности инновационного энергоэффективного кластера в i -ом году;

$ИН_{ПЕР}$ – объем инвестиций, первоначально вложенных в создание инновационного энергоэффективного кластера.

При проведении расчетов эффективности кластера по формуле 11, кластер считается эффективным при $PI_{ИЭК} > 1$. В случае, если $PI_{ИЭК} < 1$, то проект по созданию инновационного энергоэффективного кластера должен быть отклонен

5. 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.

Практическое формирование энергоэффективного промышленного кластера базируется на решении задачи выбора четкой последовательности отдельных мероприятий и процедур по его построению, очередность которых соответствует принципам системного подхода и позволяет наиболее оптимально связать его участников в единой интегрированной структуре. С целью решения данной задачи автором был разработан итоговый алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера, представленный ниже (рис. 3).



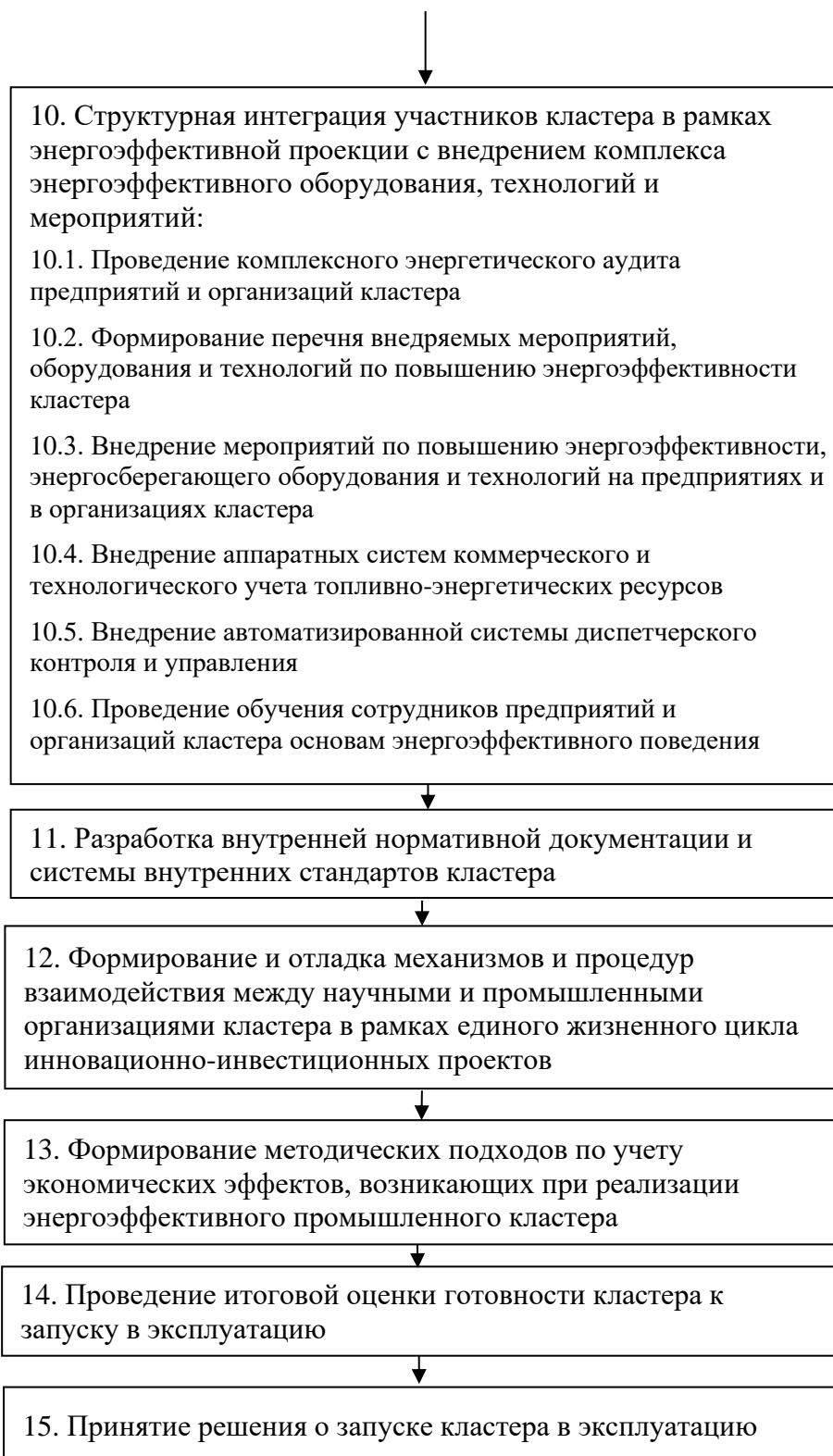


Рис. 3. Алгоритм формирования энергоэффективного промышленного кластера (построено автором)

Как можно отметить на основе анализа схемы, представленной на рис. 3, весь алгоритм построения энергоэффективного промышленного кластера был структурирован автором в рамках 15 отдельных этапов.

На первых этапах алгоритма осуществляется организация проектной группы, разработка ее участниками первоначальной модели конфигурации кластера, а также формирование его цели и комплекса задач по отдельным

проекции развития. На последующих этапах создается рабочий проект его конфигурации, осуществляется выбор, формирование и утверждение состава Совета кластера. Далее, в рамках шестого этапа реализуется комплекс маркетинговых мероприятий, а на седьмом этапе проводится разработка программы стратегического развития кластера.

Восьмой этап посвящен структурной интеграции участников в рамках организационной, экономической, производственной и научно-исследовательской проекций. Для этого в каждой из указанных проекций проводятся соответствующие их специфике мероприятия и процедуры. К примеру, в организационной проекции осуществляется проектирование системы производственно-технологических связей между участниками кластера, организация механизмов внутрикластерного сотрудничества, в экономической проекции участниками проектной группы проводится разработка и согласование с участниками бюджета энергоэффективного промышленного кластера и проектирование системы экономических механизмов взаимодействия и т.д.

На девятом этапе алгоритма работа проектной группы направлена на решение комплекса задач, связанных со структурной интеграцией участников кластера в рамках программно-технической проекции с проведением цифровизации предприятий и организаций кластера начиная от осуществления технологического аудита, разработки проекта по цифровизации кластера, выбора поставщиков программных и аппаратных решений для ее реализации и заканчивая проведением 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, включая проведение комплексного энергетического аудита, формирование перечня внедряемых энергосберегающих мероприятий, оборудования и технологий, их практическое внедрение на предприятиях и в организациях кластера и др.

Последующие этапы алгоритма предполагают разработку внутренней нормативной документации, формирование и отладку механизмов и процедур взаимодействия между научными и промышленными структурами кластера, формирование методических подходов по учету экономических эффектов, возникающих при его реализации, а также проведение итоговой оценки готовности кластера к запуску в эксплуатацию. На заключительном этапе алгоритма, при условии успешно пройденной процедуры итоговой оценки кластера, руководством проектной группы и представителями Совета кластера принимается решение о запуске кластера в эксплуатацию.

Разработанный автором алгоритм является относительно универсальным, не обладая зависимостью от специфики конкретной отрасли, и охватывает все ключевые стадии формирования энергоэффективного промышленного кластера и может быть расширен с учетом тех задач и этапов, которые отражают технические и технологические особенности участников кластера и другие факторы.

3. СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК:

1. Паламарчук А.Г. Экономический механизм управления трансформацией производственных предприятий / Паламарчук А.Г. // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 10 (57). – С. 952-955.
2. 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. // Экономика и управление в машиностроении. – 2018. – № 2. – С. 24-27.
3. Паламарчук А.Г. Ключевые барьеры на пути развития высокотехнологичного машиностроения / Голов Р.С., Мыльник В.В., Паламарчук А.Г. // Труды Вольного экономического общества России. – 2018. – Т. 213. – С. 304-317.
4. Паламарчук А.Г. «Индустрия 5.0» как основа развития высокотехнологичной промышленности / Голов Р.С., Мыльник В.В., Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2018. – № 6. – С. 8-11.
5. Паламарчук А.Г. Формирование инновационных энергоэффективных кластеров в контексте повышения конкурентоспособности российской высокотехнологичной промышленности (часть 1) / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2019. – № 1. – С. 29-31.
6. Паламарчук А.Г. Формирование инновационных энергоэффективных кластеров в контексте повышения конкурентоспособности российской высокотехнологичной промышленности (часть 2) / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2019. – № 2. – С. 18-21.
7. 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. // Экономика и управление в машиностроении». – 2019. – № 4. – С. 4-10.
8. 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. // Экономика и управление в машиностроении. – 2019. – № 6. – С. 31-36.
9. Паламарчук А.Г. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности (часть 1) / Паламарчук А.Г. // Труды Вольного экономического общества России. – 2020. – Т. 221. – С. 270-282.
10. Паламарчук А.Г. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности (часть 2) / Паламарчук А.Г. // Труды Вольного экономического общества России. – 2020. – Т. 222. – С. 362-379.
11. Паламарчук А.Г. Концептуальные основы цифровой экономики в контексте развития Четвертой промышленной революции / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2020. – № 4. – С. 59-64.

12. Паламарчук А.Г. Понятие, сущность и классификация кластеров в условиях инновационной экономики (часть 1) / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2021. – № 1. – С. 28-32.
13. Паламарчук А.Г. Прикладные основы оценки экономической эффективности инновационных энергоэффективных кластеров / Паламарчук А.Г. // Труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 227. – С. 267-291.
14. Паламарчук А.Г. Понятие, сущность и классификация кластеров в условиях инновационной экономики (часть 2) / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2021. – № 2. – С. 13-17.
15. Паламарчук А.Г. Теоретические основы проектирования организационно-экономической структуры инновационных энергоэффективных кластеров (часть 1) / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2021. – № 3. – С. 4-7.
16. Паламарчук А.Г. Теоретические основы проектирования организационно-экономической структуры инновационных энергоэффективных кластеров (часть 2) / Паламарчук А.Г. // Экономика и управление в машиностроении. – 2021. – № 4. – С. 24-27.

*Публикации в научных изданиях, входящих в мировую базу данных
научного цитирования Scopus:*

17. Palamarchuk A.G. Development of a Set of Marketing Activities in the Construction of an Innovative Energy Efficient Cluster / Palamarchuk A.G. // TEM Journal. – 2021. – Vol. – 10. – I. 1. – Pp. 343-350. DOI: 10.18421/TEM101-43
18. 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. – Pp. 631-633. <https://doi.org/10.3103/S1068798X21070108>
19. Palamarchuk A.G. Energy Management System for an Industrial Enterprise / 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. – 2021. – Vol. 41. – Pp. 1275-1276. DOI: 10.3103/S1068798X21120182
20. 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. – С. 398-400. DOI: 10.3103/S1068798X22040104

Монография:

21. 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.: ИТК "Дашков и К", 2023. 364 с.

Публикации в других научных изданиях:

22. Паламарчук А.Г. Роль высокотехнологичных предприятий в развитии рынка инновационных разработок / Паламарчук А.Г., Гаврилова И.С. // XLIII международная научно-практическая конференция «Молодой исследователь: вызовы и перспективы». Сборник тезисов докладов. Москва. 2017. С. 106-111.

23. Паламарчук А.Г. Формирование инновационных энергоэффективных кластеров в условиях цифровой экономики / Паламарчук А.Г. // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика», 23-27 ноября 2020 г. Сборник тезисов докладов. Москва. 2020. С. 915-916.
24. Strategic management of the development of an innovative energy efficient cluster / Palamarchuk A.G. // E3S Web Conf. XXII International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies (EMMFT-2020). V. 244, 2021. 11005. DOI: 10.1051/e3sconf/202124411005