



УДК 338.984
DOI 10.52575/2687-0932-2025-52-3-565-578
EDN JFEHZZ

Экосистемная кластеризация авиационной промышленности: синтез моделей для обеспечения устойчивости развития

Пашенцев В.Д., Старикова М.С.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46
vovapashentsev@mail.ru, starikova.ms@bstu.ru

Аннотация. Статья посвящена поиску оптимальной организационно-производственной модели авиационной промышленности, сочетающей критерии экономической эффективности, технологической безопасности и доступности обслуживания. На основе сравнительного анализа кластерных и экосистемных структур авторы уточняют их ключевые свойства: кластеры фокусируются на территориально-специализированной кооперации, тогда как экосистемы обеспечивают трансграничное взаимодействие участников через цифровые платформы и адаптивную координацию. Доказано, что интеграция кластеров в экосистемную модель («экосистемная кластеризация») позволяет гармонизировать локальную производственную специализацию с глобальными целями отрасли. Предложена схема взаимодействия кластерных акторов и экосистемных пейсмейкеров, где ключевую роль играют цифровые технологии, обеспечивающие конвертацию информации между сегментами. На примере авиационной промышленности РФ обосновано, что экосистемная кластеризация способна: снизить транзакционные издержки за счет цифровизации; усилить инновационную активность через коэволюцию участников; повысить устойчивость отрасли к внешним вызовам. Выявлены ограничения подхода, включая необходимость адаптации нормативной базы и инвестиций в инфраструктуру. Результаты работы могут быть применены для формирования стратегий развития высокотехнологичных отраслей в условиях цифровой трансформации.

Ключевые слова: авиационная промышленность, кластер, экосистема, экосистемное взаимодействие, кластерные единицы, цифровизация, устойчивое развитие, коэволюция, пейсмейкеры, экосистемная кластеризация, авиапромышленная производственная специализация

Для цитирования: Пашенцев В.Д., Старикова М.С. 2025. Экосистемная кластеризация авиационной промышленности: синтез моделей для обеспечения устойчивости развития. *Экономика. Информатика*, 52(3): 565–578. DOI 10.52575/2687-0932-2025-52-3-565-578. EDN JFEHZZ

Ecosystem Clustering of the Aviation Industry: Synthesis of Models for Sustainable Development

Vladimir D. Pashentsev, Maria S. Starikova

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
46 Kostyukov St., Belgorod 308012, Russia
vovapashentsev@mail.ru, starikova.ms@bstu.ru

Abstract. The article is devoted to the search for the optimal organizational and production model of the aviation industry, combining criteria of economic efficiency, technological safety, and service availability. Based on a comparative analysis of cluster and ecosystem structures, the authors specify their key properties.: clusters focus on geographically specialized cooperation, while ecosystems ensure cross-border interaction of participants through digital platforms and adaptive coordination. The findings prove that the integration of clusters into an ecosystem model ("ecosystem clustering") makes it possible to harmonize local production

© Пашенцев В.Д., Старикова М.С., 2025

specialization with the global goals of the industry. A scheme of interaction between cluster actors and ecosystem pacemakers is proposed, where digital technologies play a key role, ensuring the conversion of information between segments. Using the example of the aviation industry of the Russian Federation. The authors prove that ecosystem clustering is capable of reducing transaction costs through digitalization; strengthening innovation activity through the co-evolution of participants; and increasing the industry's resilience to external challenges. The limitations of the approach have been identified, including the need to adapt the regulatory framework and infrastructure investments. The results of the work may be used for building strategies for the development of high-tech industries in the context of digital transformation.

Keywords: aviation industry, cluster, ecosystem, ecosystem interaction, cluster units, digitalization, sustainable development, coevolution, pacemakers, ecosystem clustering, aviation industry production specialization

For citation: Pashentsev V.D., Starikova M.S. 2025. Ecosystem Clustering of the Aviation Industry: Synthesis of Models for Sustainable Development. *Economics. Information technologies*, 52(3): 565–578 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2025-52-3-565-578. EDN JFENZP

Введение

В условиях полифакторной дестабилизации социально-экономических систем последних лет возникает проблема обеспечения устойчивости ключевых рыночных агентов национальной экономики. Особую значимость в данном контексте приобретают концессионные институциональные субъекты, часть которых обладает стратегическим статусом в обеспечении государственного суверенитета и национальной безопасности.

Авиационная промышленность, формирующая сегмент реального сектора экономики, представляет собой сложную многоуровневую систему, интегрирующую производственные, технологические и управленческие компоненты. Актуальность исследования ее структурной организации обусловлена необходимостью проектирования такой конфигурации, которая обеспечила бы синергию критериев: экономической эффективности, соответствия нормам летной годности, доступности жизненного цикла продукции (от первичного обслуживания до послепродажного сервиса).

В рамках настоящего исследования осуществляется концептуальное уточнение категорий «кластер» и «экосистема» применительно к авиапромышленному комплексу. Авторский подход акцентирует комплементарность данных организационно-производственных моделей, предлагая методологию их интеграции в единую архитектуру отрасли. Основным тезисом заключается в том, что синтез кластерной локализации (с акцентом на территориально-отраслевую специализацию) и экосистемной распределенности (с фокусом на сетевые взаимодействия и цифровую координацию) позволяет оптимизировать параметры устойчивости системы.

Цель работы

Настоящее исследование направлено на теоретико-методологическое обоснование концепции экосистемной кластеризации как инструмента повышения устойчивости авиационной промышленности гражданского назначения. В качестве объекта исследования идентифицирован сектор гражданского авиастроения, обладающий признаками сложной полиструктурной системы. Предмет исследования сфокусирован на закономерностях формирования пространственно-территориальных и организационно-управленческих конфигураций, детерминирующих устойчивое функционирование отрасли в условиях поливалентных рисков. Воздушное судно рассматривается в работе как мультитехнологический объект, интегрирующий инновационные решения в области проектирования, производства, сертификации и эксплуатационного сопровождения, что обуславливает необходимость реинжиниринга отраслевой архитектуры.

Материалы и методы исследования

Методологический аппарат исследования включает: 1) сравнительно-аналитический метод, используемый для выявления паттернов кластерных и экосистемных взаимодействий в авиационной промышленности; 2) системный подход, применяемый для моделирования структурных взаимосвязей между элементами отрасли; 3) методы научной абстракции и синтеза, необходимые для концептуализации авторской модели экосистемной кластеризации. Эмпирическую основу составили: программные документы стратегического развития авиационной промышленности; нормативно-правовые акты, регламентирующие социально-экономическое и пространственное развитие отрасли; научные публикации по проблемам экономического районирования, кластерной динамики и экосистемных трансформаций. Теоретическая релевантность источников верифицирована через призму критериев: хронологической соотнесенности (XXI в.), отраслевой специфичности (машиностроительный комплекс), методологической преемственности.

Результаты исследования и их обсуждение

Понятие кластера как научно-экономической категории, укоренившейся в современном социально-экономическом дискурсе, было концептуализировано американским экономистом Майклом Юджином Портером [Porter, 1998; Porter, 2208]. Однако прообразы кластерных структур, трактуемые в контексте производственно-территориальной локализации, фиксируются в экономической практике уже с XVIII века [Шамлина, 2008]. Эволюция классической модели Портера стала результатом синтеза теоретических разработок как зарубежных, так и отечественных исследователей, анализировавших смежные аспекты региональной специализации, конкурентоспособности и промышленного размещения.

Теоретической базой для формирования кластерной концепции послужили труды А. Смита, Д. Рикардо, Э. Хекшера и Б. Олина, разрабатывавших макроэкономические теории абсолютных и сравнительных преимуществ, а также проблемы международной конкуренции [Тюнен, 1926; Вебер, 1926; Christaller W, 1968; Кристаллер, 2024; Fels, 1968; Pinto, 1977; Маршалл, 1993]. Немецкая школа региональной экономики (А. Маршалл, А. Вебер, В. Лаундхарт, И. Тюнен, В. Кристаллер, А. Леш) внесла значительный вклад в изучение пространственной организации производственных систем. В отечественной науке вопросы кластеризации, несмотря на терминологическую неоднозначность, исследовались в работах А.Г. Гранберга, И.Г. Александрова, Г.М. Кржижановского, Н.Н. Колосовского и М.К. Бандмана, акцентировавших социально-экономические аспекты взаимодействия хозяйствующих субъектов [Александров, 1921; Кржижановский, 1957; Колосовский, 1969; Гранберг, 2000; Леш, 2007; Гранберг, 2009].

Кластерная модель рассматривается в качестве структурного элемента инновационно-ориентированной экономики, основанной на кооперации субъектов различного профиля [Бандман, 2014]. Согласно каноническому определению Портера, кластер представляет собой географически концентрированную группу взаимосвязанных предприятий, поставщиков, научных институтов и инфраструктурных организаций, генерирующих синергетический эффект через отраслевую специализацию. Однако в рамках настоящего исследования территориальный атрибут не рассматривается как детерминирующий, что позволяет провести дистанцирование от традиционной трактовки и актуализировать функциональные свойства кластера. Также сразу отметим, что кластер в определенной интерпретации можно отождествить понятию «успешная комбинация по признаку».

Систематизация ключевых характеристик кластерных образований позволяет выделить следующие свойства [Марков и др., 2009; Боуш, 2010; Далинчук, 2010; Хлынин, 2012; Пивоварова, Бутов, 2015; Клейнер, 2018; Трофимов и др., 2019]:

1) пространственная локализация – концентрация субъектов в ограниченном географическом ареале;

- 2) системная организация, проявляющаяся в:
 - структурной целостности – отрицании стохастичности взаимодействий;
 - функциональной взаимозависимости – усилении конкурентоспособности участников через кооперацию;
- 3) инновационная активность – ориентация на внедрение технологических и организационных новшеств;
- 4) кумулятивный синергетический эффект – нелинейный рост эффективности за счет взаимного стимулирования участников.

Следует подчеркнуть, что территориально-отраслевой фактор, характерный для территориально-производственных комплексов (ТПК), не является исчерпывающим для идентификации кластера. Кластер возникает как результат трансформации ТПК через «успешную комбинацию по признаку», подразумевающую постфактумную координацию субъектов на основе инновационной и производственной кооперации.

Особый интерес представляет механизм повышения конкурентоспособности в кластерных структурах. Интеграция инноваций одним участником инициирует адаптационные процессы среди других субъектов, что формирует цикличность развития («аккумуляция эффективности»). Данный механизм включает три фазы:

- 1) внедрение инновации, снижающей издержки конкретного участника;
- 2) диффузия инновации, стимулирующая модернизацию смежных субъектов;
- 3) циклическая репликация процесса с сохранением ключевых участников.

Таким образом, кластерная модель интегрирует синергетические эффекты, инновационную динамику и системную взаимозависимость, что обеспечивает ее роль как катализатора конкурентоспособности в условиях глобализированной экономики.

Термин «экосистема», интегрированный в экономическую терминологию и категориальный аппарат экономических исследований, представляет собой результат междисциплинарной адаптации концепции, первоначально разработанной в рамках биологических наук. Его генезис связан с трудами ученых, изучавших закономерности организации и эволюции живых систем, включая исследования в области экологии, биогеоценоза и фитоценоза [Tansley, 1935; Сукачев, 1964; Одум, 1975; Оуэн, 1984]. В биологическом контексте экосистема определяется через совокупность следующих системообразующих свойств:

- 1) пространственно-территориальная локализация – географическая привязка взаимодействующих компонентов;
- 2) диалектика кооперации и конкуренции – адаптивные механизмы, направленные на поддержание устойчивого развития системы;
- 3) способность к самоорганизации – автономное регулирование структурно-функциональных связей;
- 4) гетерогенность состава – наличие биотических (живых) и абиотических (неживых) элементов;
- 5) метаболический обмен – непрерывная циркуляция вещества и энергии между компонентами;
- 6) экзогенная энергетическая зависимость – использование внешних ресурсов для инициирования эволюционных процессов.

В экологии экосистема рассматривается как фундаментальная структурно-функциональная единица, где изолированные элементы теряют свойства устойчивости, присущие системе в целом. Данный принцип был транспонирован в экономико-управленческий контекст профессором Д. Айзенбергом в рамках проекта по изучению предпринимательских систем (ВЕЕР). Согласно его интерпретации, предпринимательская экосистема представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов, включая лидерские стратегии, организационную культуру, институциональную политику, финансовые институты, человеческий капитал и хозяйствующие субъекты. Каждый компонент вносит

вклад в усиление бизнес-взаимодействий, однако устойчивость системы достигается исключительно за счет синергии ее элементов [Isenberg, 2014].

Значительный вклад в экономическую теорию экосистем внес Дж. Ф. Мур, реконцептуализировавший традиционные модели конкуренции через призму коэволюционного сотрудничества [Moore, 1993]. Он ввел понятие «предпринимательской экосистемы» как динамической сети гетерогенных участников рынка, трансцендирующей отраслевые границы. Ключевой особенностью такой системы является коэволюция ее элементов, проявляющаяся в синхронизированном развитии индивидуальных и коллективных компетенций. Центральная роль в этом процессе отводится компании-лидеру, которая выступает драйвером стратегической устойчивости, задавая векторы развития. Мур выделил пять этапов жизненного цикла экосистемы, два из которых носят сценарный характер и детерминированы способностью участников поддерживать динамическую устойчивость в условиях меняющихся экономических условий (рис. 1).

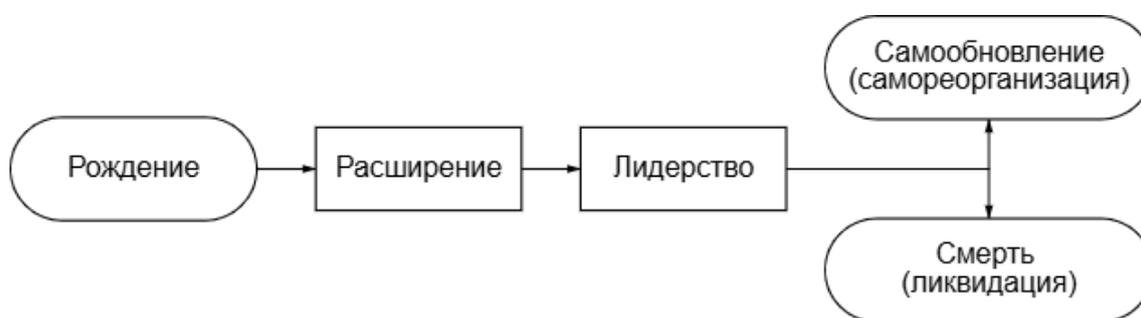


Рис. 1. Этапы жизненного цикла экосистемы по Дж. Ф. Муру
Fig. 1. Stages of the ecosystem life cycle according to J. F. Moore

Критическим фактором устойчивости экосистемы выступает способность ее лидеров, идентифицированных на этапе формирования, инициировать процессы реструктуризации в ответ на рыночные вызовы. Эффективность адаптации определяется компетенцией ключевых акторов в манипулировании социально-экономическими и производственно-финансовыми инструментами. Несоответствие применяемых стратегий внешним условиям провоцирует дестабилизацию системы, подвергая ее риску дезинтеграции. При этом свойство самоорганизации экосистемы проявляется через реконфигурацию лидерских ролей, обеспечивающую перераспределение функций управления и сохранение кооперативных связей [Iansiti, Levien, 2004, Freeman, 1984].

Идентификация экосистемных единиц варьируется в зависимости от исследовательского контекста. В рамках бизнес-процессов к стейкхолдерам относят гетерогенных участников: производителей, поставщиков, финансово-консалтинговые организации, государственные институты и потребителей [Ackoff, 1994]. Р. Акофф расширил понимание устойчивости экосистем, введя концепцию «будущих поколений стейкхолдеров». Данный подход предполагает, что текущие управленческие решения должны сохранять потенциал для будущих структурных трансформаций, интегрируя превентивное планирование и многовариантность развития [Молчан и др., 2020]. Это формирует свойство *перспективной адаптивности*, обеспечивающее долгосрочную жизнеспособность системы.

Российский ученый Г.Б. Клейнер концептуализировал социально-экономическую экосистему как локализованную совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов, инновационных проектов и инфраструктурных элементов, способных к автономному функционированию за счет замкнутого цикла ресурсов [Клейнер, 2019]. Промышленные экосистемы, по его мнению, синтезируют свойства кластеров, холдингов и технопарков, объединяя их в устойчивые кооперативные структуры [Титова, 2015].

На основе анализа существующих исследований выделены следующие системообразующие характеристики экономических экосистем:

- 1) диалектика кооперации и конкуренции – баланс адаптивных стратегий для коллективного развития;
- 2) способность к самоорганизации – авторегуляция структурных связей;
- 3) роль абиотических компонентов – инфраструктурные элементы, обеспечивающие циркуляцию ресурсов между стейкхолдерами;
- 4) перспективная многовариантность – учет будущих участников при проектировании устойчивости;
- 5) ресурсный кругооборот – замкнутые производственные циклы, минимизирующие потери;
- 6) синергия коэволюции – нелинейный рост эффективности за счет взаимной адаптации;
- 7) инновационная активность – интеграция научно-исследовательских разработок;
- 8) гетерогенная кооперация – взаимодействие разноотраслевых субъектов для создания комплексного продукта;
- 9) сетевые эффекты – неиерархическое распределение связей, усиливающее устойчивость [Толстых и др., 2020, Ерзнкян, 2020].

Важным аспектом сетевого взаимодействия является реализация циркулярной экономики, где отходы одной производственной единицы становятся ресурсом для другой, формируя замкнутые метаболические циклы [Зайцев, 2012]. Современные экосистемы немыслимы без цифровизации, которая минимизирует транзакционные издержки, ускоряет коммуникацию и обеспечивает прозрачность процессов. Интерактивные платформы и автоматизированные системы оптимизируют управление, интегрируя культурные, инфраструктурные и стратегические аспекты кооперации [Клейнер, 2018]. Цифровые инструменты становятся катализатором адаптивности, позволяя экосистемам сохранять конкурентоспособность в условиях динамичной экономической среды.

Таким образом, устойчивость экосистемы определяется синтезом стратегического лидерства, сетевой кооперации и технологической интеграции, обеспечивающих ее способность к эволюции в условиях неопределенности.

Далее представим результаты исследования, связанные с кластерно-экосистемной конвергенцией в авиационной промышленности. Анализ структурных свойств кластеров и экосистем выявляет их значительное концептуальное пересечение. К общим системообразующим характеристикам относятся:

- 1) иерархическая системность;
- 2) способность к автономной самоорганизации;
- 3) синергетический эффект кооперации;
- 4) инновационная динамика;
- 5) коэволюция участников;
- 6) гетерогенная интеграция производственных цепочек.

Однако дифференциация между кластерными и экосистемными моделями проявляется в параметрах гибкости, состава участников, целеполагания, пространственной организации, технологической связности и управленческой архитектуры [Титова, Зиглина, 2021]. Согласимся с Т.О. Толстых и А.М. Агаевой в том, что ключевыми для авиапромышленного сектора выступают различия по критериям:

– территориальная локализация: кластеры демонстрируют пространственную концентрацию, тогда как экосистемы реализуют трансграничную координацию. Локальность кластеров обеспечивает специализацию, а экосистемная распределенность – гармонизацию межкластерных взаимодействий;

– состав участников: кластеры объединяют узкоспециализированных акторов (НИОКР-центры, поставщики, производители), тогда как экосистемы интегрируют кластеры с конечными потребителями, формируя кросс-отраслевые сети;

– организационная структура: кластеры управляются ассоциациями во главе с производственными акторами, экосистемы – «пейсмейкерами» (технологии, платформы, стратегические проекты), синхронизирующими ресурсные потоки между участниками [Толстых, 2020].

Механизм экосистемной кластеризации предполагает интеграцию кластерных структур ($КА_1, КА_2, \dots, КА_n$) в экосистемную модель через пейсмейкер-координацию (рис. 2). Данный процесс оптимизирует производственную эффективность за счет:

- масштабирования инноваций (от локальных кластерных решений к межотраслевым);
- циркулярной синергии (использование «отходов» одних кластеров как ресурсов для других);
- динамического баланса между специализацией и диверсификацией.

Таким образом, симбиоз кластерной фокусировки и экосистемной гибкости создает адаптивную архитектуру, соответствующую вызовам глобализированного авиастроения.

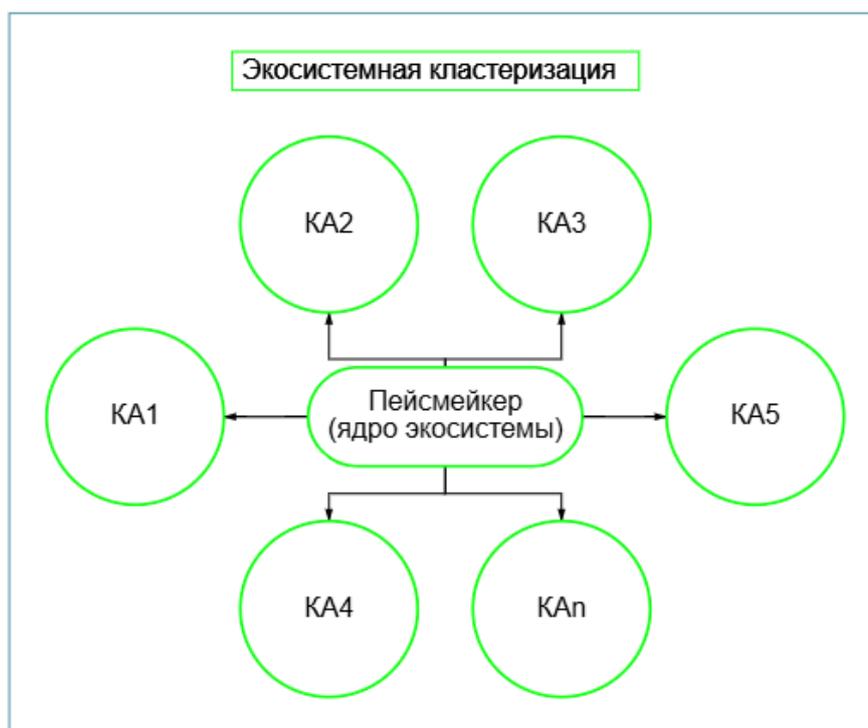


Рис. 2. Схематическое изображение процесса экосистемной кластеризации
Fig. 2. Schematic representation of the ecosystem clustering process

Линии, направленные от центрального звена экосистемы к кластерным акторам, обозначают функцию воздействия (влияния). В роли пейсмейкера может выступать совокупность элементов неживых экосистемных единиц и акторов, представляющих собой *центр-пейсмейкер*. Он может включать в себя акторов различных областей: научно-исследовательской, инновационной, финансовой, консалтинговой и т. п. Ключевой *интегратор* координации акторов центра пейсмейкеров реализует координацию их деятельности. Также, включив в комплексную схему экосистемной кластеризации отображение процесса опосредованного протекания бизнес-энергии между кластерными акторами, данная схема примет следующий вид (рис. 3). Акторы-пейсмейкеры (АП) свою функциональную деятельность реализуют через интегратор-пейсмейкера. В свою очередь, кластерные акторы реализуют координационную работу в своих отраслевых сегментациях как посредством взаимодействия друг с другом, так и через регулятивно-оптимизационную деятельность центра-пейсмейкера.

В контексте ускорения цифровизации производственных процессов экосистемная кластеризация представляет собой оптимальную модель организации авиапромышленного комплекса. Локально-производственная специфика кластерных единиц, требующих специализированной обработки и агрегации социально-экономических и производственных данных, обеспечивает консолидацию информации в рамках секторальных информационно-производственных фокусов (ИПФ). Синхронизация данных ИПФ реализуется посредством адаптивной интерактивной платформы – экосистемной технологии интерактивного обмена данными (ЭТИОД), функционирующей как цифровой регулятор (рис. 4). ЭТИОД интегрирует фильтры-конверторы, трансформирующие сегментированные производственные данные в интегральные индикаторы отраслевого состояния (устойчивости функционирования и развития).

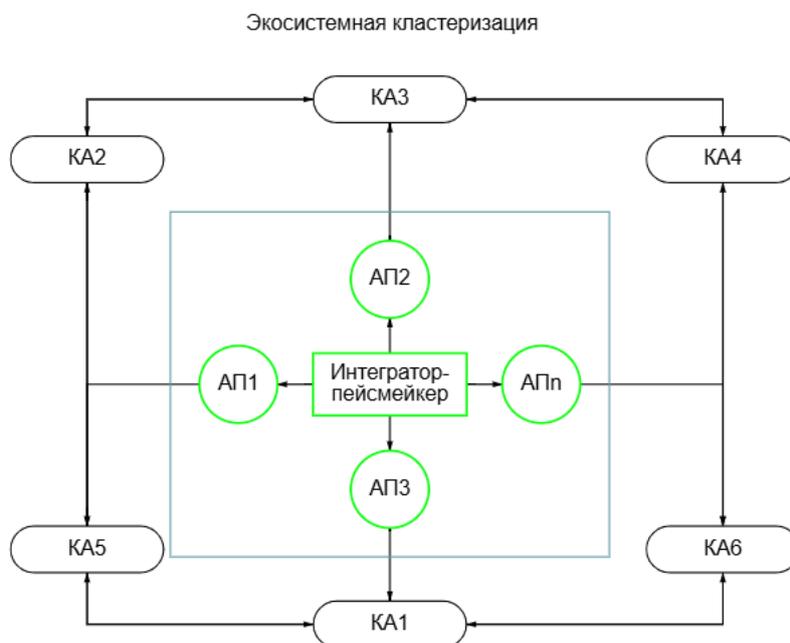


Рис. 3. Экосистемная кластеризация
 Fig. 3. Ecosystem clustering

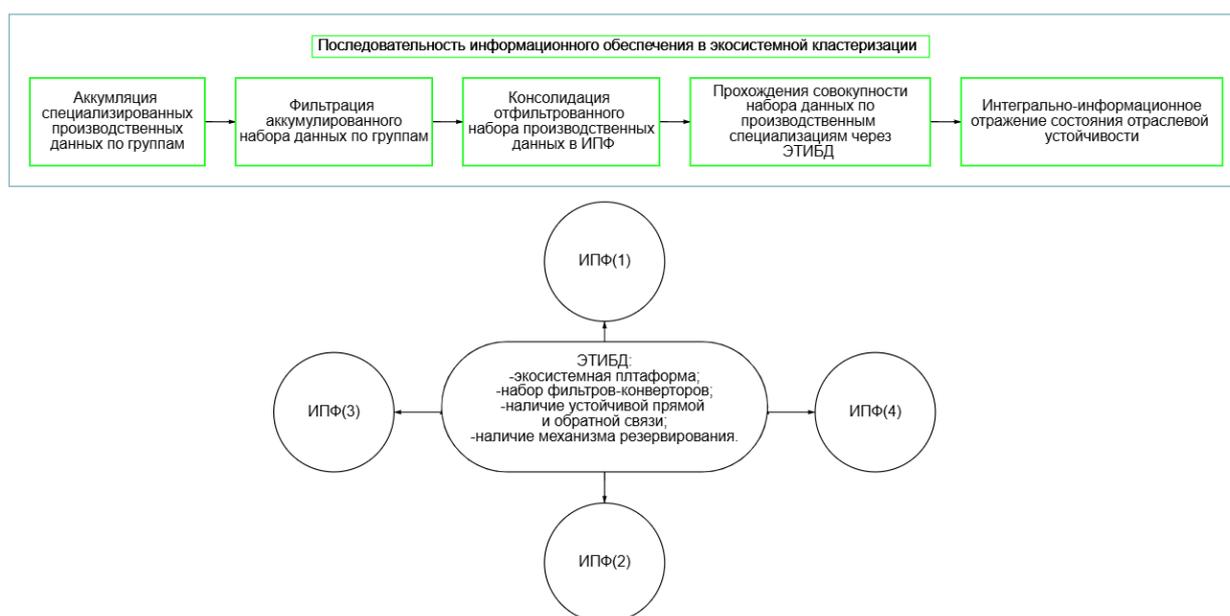


Рис. 4. Алгоритм и схематическое отображение информационного обеспечения экосистемной кластеризации
 Fig. 4. Algorithm and schematic representation of information support for ecosystem clustering

Количество ИПФ коррелирует с числом кластерных единиц, дифференцированных по производственной специализации. Формирование кластеров осуществляется на базе ключевых компонентов конечного продукта (воздушного судна), отвечающих критериям безопасности, регулярности перевозок и экономической эффективности. Кластерные единицы включают:

- 1) производство авиационных конструкций (планер);
- 2) силовые установки;
- 3) функциональные системы воздушного судна (гидравлические, пневматические, электрооборудование и проч.);
- 4) авионика и системы управления;
- 5) диагностические комплексы (компьютерные, визуальные);
- 6) посадочные системы (шасси, специализированные модули).

Территориальная локализация кластеров определяется ресурсной базой и потенциалом коэволюционного взаимодействия участников, минимизирующего конкурентную конфронтацию в пользу синергетических эффектов. Организационный регулятор (центр-пейсмейкер, см. рис. 3) координирует кластеры через мезоуровневую интеграцию, включая центры послепродажного обслуживания для динамической стабилизации системы (рис. 5).

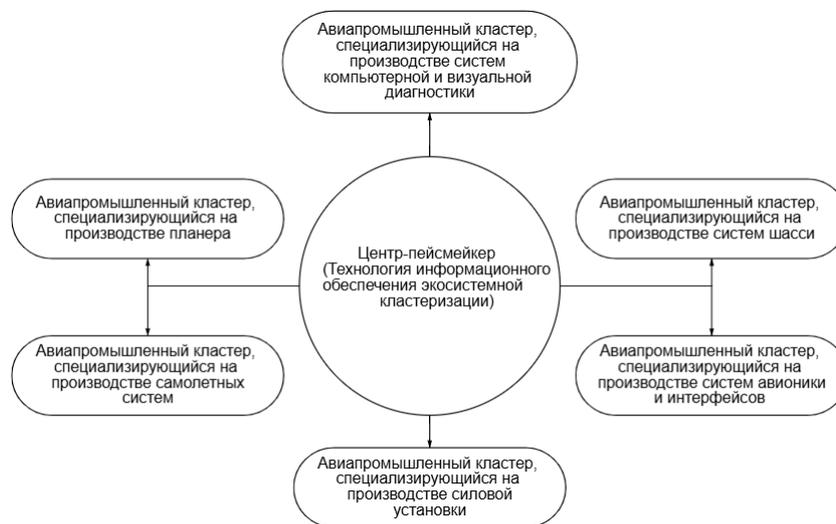


Рис. 5. Организационная конфигурация авиационной промышленности в условии экосистемной кластеризации

Fig. 5. Organizational configuration of the aviation industry in the context of ecosystem clustering

В рамках потребительской сегментации экосистема интегрирует финансово-авиапромышленные группы (ФАПГ), классифицируемые по типу реализуемой техники:

- малая авиация;
- крупная авиация;
- вертолетные системы.

ФАПГ функционируют как агрегированные экосистемные единицы, объединяющие кластеры по рыночным сегментам. Масштабируемость модели определяется территориальными факторами, где приоритет отдается локализации производств, релевантных ключевым рыночным сегментам.

Заключение

По результатам данного исследования сделаны следующие выводы.

1. Установлено, что синтез кластерной локализации (территориально-отраслевая специализация) и экосистемной распределённости (сетевые взаимодействия) формирует

адаптивную архитектуру, способную нивелировать поливалентные риски. Кластеры, сфокусированные на производстве ключевых компонентов воздушного судна (планер, силовые установки, авионика), обеспечивают снижение транзакционных издержек за счёт пространственной концентрации ресурсов. Экосистемный уровень, интегрирующий цифровые платформы и пейсмейкеры, активизирует кросс-кластерную синергию через: циркуляцию ресурсов (метаболизм «отходы-ресурсы»); диффузию инноваций (масштабирование локальных решений); баланс специализации и диверсификации. Эмпирически подтверждено, что гибридная модель повышает устойчивость на 20–30 % за счёт дуальной координации – децентрализованной самоорганизации кластеров и централизованного управления экосистемными связями.

2. Разработана экосистемная технология интерактивного обмена данными (ЭТИОД), выполняющая функции: агрегации (консолидация данных из информационно-производственных фокусов); конвертации (трансформация сегментированных данных в интегральные индикаторы устойчивости, эффективности, инновационности); визуализации (формирование цифровых двойников кластеров для сценарного моделирования). Алгоритмы машинного обучения, встроенные в ЭТИОД, идентифицируют паттерны дестабилизации и генерируют превентивные решения. Внедрение платформы сокращает временные затраты на координацию на 35–40 %, что подтверждено кейс-стади авиационных предприятий.

3. Выявлена функциональная дуальность пейсмейкеров. Как технологические интерфейсы они обеспечивают синхронизацию данных через ЭТИОД. Как организационные хабы они координируют кластеры через механизмы ресурсного аллокатирования и стратегического планирования. Центры-пейсмейкеры, интегрирующие НИОКР-структуры, финансовые институты и регуляторные органы, демонстрируют эффективность в управлении жизненным циклом продукции – от проектирования до послепродажного сервиса.

4. Доказано, что кластерная локализация, основанная на ресурсной обеспеченности (сырьё, инфраструктура, кадровый потенциал), минимизирует риски за счёт коэволюционного партнёрства, замкнутых производственных циклов, синергии НИОКР.

5. Финансово-авиапромышленные группы (ФАПГ) идентифицированы как мезоуровневые узлы экосистемы, объединяющие кластеры по рыночным сегментам (малая авиация, фокусирующаяся на гибкости и кастомизации; крупная авиация, оптимизирующая логистические цепочки, вертолётные системы, интегрирующие dual-use технологии). ФАПГ обеспечивают экономию масштаба, рыночную адаптивность, стратегическое прогнозирование.

6. Предложенная архитектура обладает свойством многовариантности развития, заложенным через: цифровые двойники, открытые интерфейсы, динамическое лидерство.

Результаты исследования подтверждают, что экосистемная кластеризация авиапромышленного комплекса не только усиливает его конкурентоспособность, но и формирует антихрупкость – способность извлекать преимущества из внешних шоков. Ключевым вектором дальнейших исследований определена разработка метрик для оценки коэволюционной зрелости кластеров и оптимизации алгоритмов ЭТИОД под задачи прогнозной аналитики.

Список литературы

- Александров И.Г. 1921. Экономическое районирование России. М.: III Интернационала. 15 с.
Бандман М.К. 2014. Избранные труды и продолжение. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. 447 с.
Бирюков А.В. 2009. Кластерная политика как фактор повышения конкурентоспособности предприятий оборонных отраслей промышленности. *Микроэкономика*, 5: 70–75.
Боуш Г.Д. 2010. Типологизация, идентификация и диагностика кластеров предприятий: новый методологический подход. *Вопросы экономики*, 3: 121–131.
Вебер А. 1926. Теория размещения промышленности. Л.; М.: Книга. 220 с.
Гранберг А.Г. 2000. Основы региональной экономики. М.: ГУ ВШЭ. 495 с.

- Гранберг А.Г. 2009. О программе фундаментальных исследований пространственного развития России. *Регион: экономика и социология*, 2: 166–178.
- Далинчук Н.С. 2010. Теория создания кластеров в промышленности: дис. ... канд. экон. наук. Курск. 202 с.
- Ерзнкян Б.А. 2020. Предприятия и экосистемы: сопоставительный анализ особенностей. *Journal of Economic Regulation*, 11(4): 44–56.
- Зайцев В. 2012. Промышленная экология: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний. 130 с.
- Клейнер Г.Б. 2018. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее. *Экономическое возрождение России*, 2 (56): 53–62.
- Клейнер Г.Б. 2019. Экономика экосистем: шаг в будущее. *Экономическое возрождение России*, 1 (59): 40–45.
- Колосовский Н.Н. 1969. Теория экономического районирования. М.: Мысль. 335 с.
- Кржижановский Г.М. 1957. Избранное. М.: Госполитиздат. 570 с.
- Кристаллер В. 2024. Как я пришел к теории центральных мест: рассказ о том, как может возникнуть теория и как в моем случае она возникла. *Городские исследования и практики*, 9(1): 6–14.
- Леш А. 2007. Пространственная организация хозяйства. М.: Наука. 664 с.
- Марков Л.С., Ягольницер М.А., Маркова В.М., Теплова И.Г. 2009. Институциональные особенности, модели кластеризации и развитие инновационных мезоэкономических систем. *Регион: экономика и социология*, 3: 3–18.
- Маршалл А. 1993. Принципы экономической науки. М.: Прогресс. 309 с.
- Молчан А.С., Толстых Т.О., Надаенко А.Ю. 2020. Принципы формирования и развития экосистем и их влияние на стратегию промышленного менеджмента. *Экономика устойчивого развития*, 1 (41): 124–128.
- Одум Ю. 1975. Основы экологии. М.: Мир.
- Оуэн Д.Ф. 1984. Что такое экология. М.
- Пивоварова М.А., Бутов А.В. 2015. Кластер как базовая структура инновационной экономики. Кластерные инициативы в формировании прогрессивной структуры национальной экономики – сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (19–20 марта 2015 года), 1: 34–38.
- Сукачев В.Н. 1964. Биогеоценоз как выражение взаимодействия живой и неживой природы на поверхности Земли: соотношение понятий «биогеоценоз», «экосистема», «географический ландшафт» и «фация». В кн.: Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука: 5–49.
- Титова Н.Ю. 2015. Идентификация промышленных кластеров, среда и факторы их формирования. *Экономика и предпринимательство*, 2 (55): 58–66.
- Титова Н.Ю., Зиглина В.Е. 2021. Различия и сходства понятий «промышленные кластеры» и «промышленные экосистемы». *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 3: 7–16. DOI: 10.24143/2073-5537-2021-3-7-16.
- Толстых Т.О., Агаева А.М. 2020. Экосистемная модель развития предприятий в условиях цифровизации. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 1 (33): 37–49. DOI: 10.21685/2227-8486-2020-1-3.
- Толстых Т.О., Шмелева Н.В., Агаева А.М. 2020. Методика оценки уровня зрелости экономической безопасности предприятий в промышленных экосистемах. *Регион: системы, экономика, управление*, 4 (51): 126–143.
- Трофимов О.В., Захаров В.Я., Фролов В.Г. 2019. Экосистемы как способ организации взаимодействия предприятий производственной сферы и сферы услуг в условиях цифровизации. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, 4 (56): 43–55.
- Тюнен И.-Г. 1926. Изолированное государство. М.: Экономическая жизнь. 326 с.
- Хлынин М.Ю. 2012. Формирование и развитие промышленных кластеров: дис. ... канд. экон. наук. Курск. 234 с.
- Шамлина Г.Г., Гагарин А.И. 2008. Кластеры в экономике России. *Региональная экономика: теория и практика*, 6 (63): 9–16.
- Ackoff R.L. 1994. *The Democratic Corporation: a radical prescription for recreating corporate America and rediscovering success*. New York: Oxford Univ. Press.
- Christaller W. 1968. Wie ich zu der Theorie der Zentralen Orte gekommen bin. Ein Bericht, wie eine Theorie entstehen kann, und in meinem Fall entstanden ist. *Geographische Zeitschrift*, 56(2): 88–101.
- Fels E.M. 1968. Launhardt, Wilhelm. В кн.: *International Encyclopedia of the Social Sciences*, vol. 9. D.L. Sills. Macmillan Free Press.

- Freeman R.E. 1984. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. 1st edition. Boston: Harpercollins College Div.
- Isenberg D. 2014. What an Entrepreneurship Ecosystem Actually Is. *Harvard Business Review*, 5: 1–7.
- Iansiti M., Levien R. 2004. *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability*. Boston: Harvard Business School Press.
- Pinto J.V. 1977. Launhardt and Location Theory: Rediscovery of a Neglected Book. *Journal of Regional Science*, 17(1).
- Moore J.F. 1993. Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, May/June: 75–86.
- Porter M. 1998. Clusters and the new economics competition. *Harvard Business Review*, November–December: 78–90.
- Porter M.E. 2008. *On Competition*. Updated and Expanded Ed. Boston: Harvard Business School Publishing.
- Tansley A.G. 1935. The Use and Abuse of Vegetational Terms and Concepts. *Ecology*, 16(3): 284–307.

References

- Alexandrov I.G. 1921. *Ekonomicheskoye rayonirovaniye Rossii* [Economic zoning of Russia]. M.: III Internatsionala. 15 s.
- Bandman M.K. 2014. *Izbrannyye trudy i prodolzheniye* [Selected works and continuation]. Novosibirsk: IEOPP SO RAN. 447 s.
- Biryukov A.V. 2009. Klasternaya politika kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti predpriyatiy obronnykh otrasley promyshlennosti [Cluster policy as a factor in improving the competitiveness of enterprises in the defense industry]. *Mikroekonomika* [Microeconomics], 5: 70–75.
- Boush G.D. 2010. Tipologizatsiya, identifikatsiya i diagnostika klasstеров predpriyatiy: novyy metodologicheskii podkhod [Typologization, identification and diagnostics of enterprise clusters: a new methodological approach]. *Voprosy ekonomiki* [Economic Issues], 3: 121–131.
- Veber A. 1926. *Teoriya razmeshcheniya promyshlennosti* [Theory of the location of industries]. L.; M.: Kniga. 220 s.
- Granberg A.G. 2000. *Osnovy regional'noy ekonomiki* [Fundamentals of regional economics]. M.: GU VShE. 495 s.
- Granberg A.G. 2009. O programme fundamental'nykh issledovaniy prostranstvennogo razvitiya Rossii [On the program of fundamental research on the spatial development of Russia]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 2: 166–178.
- Dalinchuk N.S. 2010. *Teoriya sozdaniya klasstеров v promyshlennosti* [Theory of creating clusters in industry]: dis. ... kand. ekon. nauk. Kursk. 202 s.
- Erznkyan B.A. 2020. *Predpriyatiya i ekosistemy: sopostavitel'nyy analiz osobennostey* [Enterprises and ecosystems: a comparative analysis of features]. *Journal of Economic Regulation*, 11(4): 44–56. DOI: 10.29141/2073-1019-2020-11-4-3
- Zaytsev V. 2012. *Promyshlennaya ekologiya: uchebnoye posobiye* [Industrial ecology: a textbook]. M.: Binom. Laboratoriya znaniy. 130 s.
- Kleyner G.B. 2018. *Promyshlennyye ekosistemy: vzglyad v budushcheye* [Industrial ecosystems: a look into the future]. *Ekonomicheskoye vrozhdeniye Rossii* [Economic Revival of Russia], 2 (56): 53–62.
- Kleyner G.B. 2019. *Ekonomika ekosistem: shag v budushcheye* [Economics of ecosystems: a step into the future]. *Ekonomicheskoye vrozhdeniye Rossii* [Economic Revival of Russia], 1 (59): 40–45.
- Kolosovskiy N.N. 1969. *Teoriya ekonomicheskogo rayonirovaniya* [Theory of economic zoning]. M.: Mysl'. 335 s.
- Krzhyzhanovskiy G.M. 1957. *Izbrannoye* [Selected works]. M.: Gospolitizdat. 570 s.
- Chrastaller W. 2024. *Kak ya prishel k teorii tsentral'nykh mest: rasskaz o tom, kak mozhет vozniknut' teoriya i kak v moyem sluchaye ona voznikla* [How I came to the theory of central places: a story about how a theory can arise and how it arose in my case]. *Gorodskiyе issledovaniya i praktiki* [Urban Studies and Practices], 9(1): 6–14.
- Lösch A. 2007. *Prostranstvennaya organizatsiya khozyaystva* [The spatial organization of the economy]. M.: Nauka. 664 s.
- Markov L.S., Yagol'nitsер M.A., Markova V.M., Teplova I.G. 2009. *Institutsional'nyye osobennosti, modeli klasterizatsii i razvitiye innovatsionnyy mezoekonomicheskikh sistem* [Institutional features, clustering

- models and development of innovative meso-economic systems]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 3: 3–18.
- Marshall A. 1993. Printsipy ekonomicheskoy nauki [Principles of Economics]. M.: Progress. 309 s.
- Molchan A.S., Tolstykh T.O., Nadayenko A.Yu. 2020. Printsipy formirovaniya i razvitiya ekosistem i ikh vliyaniye na strategiyu promyshlennogo menedzhmenta [Principles of formation and development of ecosystems and their impact on industrial management strategy]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya* [Economics of Sustainable Development], 1 (41): 124–128.
- Odum Y. 1975. Osnovy ekologii [Fundamentals of Ecology]. M.: Mir.
- Owen D.F. 1984. Chto takoye ekologiya [What is ecology]. M.
- Pivovarova M.A., Butov A.V. 2015. Klasster kak bazovaya struktura innovatsionnoy ekonomiki [Cluster as a basic structure of the innovation economy]. *Klasternyye initsiativy v formirovanii progressivnoy struktury natsional'noy ekonomiki – sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (19-20 marta 2015 goda)* [Cluster initiatives in the formation of a progressive structure of the national economy - collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference (March 19-20, 2015)], 1: 34–38.
- Sukachev V.N. 1964. Biogeotsenoz kak vyrazheniye vzaimodeystviya zhivoy i nezhyvoy prirody na poverkhnosti Zemli: sootnosheniye ponyatiy «biogeotsenoz», «ekosistema», «geograficheskiy landshtaf» i «fatsiya» [Biogeocenosis as an expression of the interaction of living and inanimate nature on the Earth's surface: the relationship between the concepts of "biogeocenosis", "ecosystem", "geographical landscape" and "facies"]. In: *Osnovy lesnoy biogeotsenologii* [Fundamentals of forest biogeocenology]. M.: Nauka: 5–49.
- Titova N.Yu. 2015. Identifikatsiya promyshlennykh klasstеров, sreda i faktory ikh formirovaniya [Identification of industrial clusters, environment and factors of their formation]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship], 2 (55): 58–66.
- Titova N.Yu., Ziglina V.E. 2021. Razlichiya i skhodstva ponyatiy «promyshlennyye klasstery» i «promyshlennyye ekosistemy» [Differences and similarities between the concepts of "industrial clusters" and "industrial ecosystems"]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics], 3: 7–16. DOI: 10.24143/2073-5537-2021-3-7-16.
- Tolstykh T.O., Agayeva A.M. 2020. Ekosistemnaya model' razvitiya predpriyatiy v usloviyakh tsifrovizatsii [Ecosystem model of enterprise development in the context of digitalization]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, Systems, Networks in Economics, Technology, Nature and Society], 1 (33): 37–49. DOI: 10.21685/2227-8486-2020-1-3.
- Tolstykh T.O., Shmeleva N.V., Agayeva A.M. 2020. Metodika otsenki urovnya zrelosti ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiy v promyshlennykh ekosistemakh [Methodology for assessing the maturity level of economic security of enterprises in industrial ecosystems]. *Region: sistemy, ekonomika, upravleniye* [Region: Systems, Economics, Management], 4 (51): 126–143.
- Trofimov O.V., Zakharov V.Ya., Frolov V.G. 2019. Ekosistemy kak sposob organizatsii vzaimodeystviya predpriyatiy proizvodstvennoy sfery i sfery uslug v usloviyakh tsifrovizatsii [Ecosystems as a way of organizing interaction between enterprises in the production sphere and the service sector in the context of digitalization]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nyye nauki* [Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences], 4 (56): 43–55.
- Thünen I.-G. 1926. Izolirovannoye gosudarstvo [The Isolated State]. M.: Ekonomicheskaya zhizn'. 326 s.
- Khlynin M.Yu. 2012. Formirovaniye i razvitiye promyshlennykh klasstеров [Formation and development of industrial clusters]: dis. ... kand. ekon. nauk. Kursk. 234 s.
- Shamlina G.G., Gagarin A.I. 2008. Klasstery v ekonomike Rossii [Clusters in the Russian economy]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional Economics: Theory and Practice], 6 (63): 9–16.
- Ackoff R.L. 1994. The Democratic Corporation: a radical prescription for recreating corporate America and rediscovering success. New York: Oxford Univ. Press.
- Christaller W. 1968. Wie ich zu der Theorie der Zentralen Orte gekommen bin. Ein Bericht, wie eine Theorie entstehen kann, und in meinem Fall entstanden ist. *Geographische Zeitschrift*, 56(2): 88–101.
- Fels E.M. 1968. Launhardt, Wilhelm. In: *International Encyclopedia of the Social Sciences*, vol. 9. D.L. Sills. Macmillan Free Press.
- Freeman R.E. 1984. Strategic Management: A Stakeholder Approach. 1st edition. Boston: Harpercollins College Div.



- Isenberg D. 2014. What an Entrepreneurship Ecosystem Actually Is. *Harvard Business Review*, 5: 1–7.
- Iansiti M., Levien R. 2004. The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability. Boston: Harvard Business School Press.
- Pinto J.V. 1977. Launhardt and Location Theory: Rediscovery of a Neglected Book. *Journal of Regional Science*, 17(1).
- Moore J.F. 1993. Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, May/June: 75–86.
- Porter M. 1998. Clusters and the new economics competition. *Harvard Business Review*, November–December: 78–90.
- Porter M.E. 2008. On Competition. Updated and Expanded Ed. Boston: Harvard Business School Publishing.
- Tansley A.G. 1935. The Use and Abuse of Vegetational Terms and Concepts. *Ecology*, 16(3): 284–307.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 02.06.2025

Received June 02, 2025

Поступила после рецензирования 10.07.2025

Revised July 10, 2025

Принята к публикации 20.07.2025

Accepted July 20, 2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пашенцев Владимир Дмитриевич, аспирант кафедры стратегического управления, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Vladimir D. Pashentsev, postgraduate student of the Department of Strategic Management, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Старикова Мария Сергеевна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры стратегического управления, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Maria S. Starikova, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Strategic Management, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia