

---

## ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

---

### Экосистемная модель развития отрасли беспилотных авиационных систем

© 2024 г. А.В. Быстров, А.Г. Радайкин, Ф.А. Загуменнов, Ю.В. Бутенко

**А.В. Быстров,**

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва; e-mail: bistrov-sun@mail.ru

**А.Г. Радайкин,**

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва; e-mail: radaykin.ag@rea.ru

**Ф.А. Загуменнов,**

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва; e-mail: sgw32@yandex.ru

**Ю.В. Бутенко,**

ГБУ «МосТрансПроект», Москва; e-mail: u.v.butenko@gmail.com

Поступила в редакцию 25.09.2023

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 23-28-01419), <https://rscf.ru/project/23-28-01419/>

**Аннотация.** Статья посвящена анализу структурных преобразований российской промышленности в контексте внешних ограничений и необходимости обеспечения технологического суверенитета в высокотехнологичных отраслях. Научной гипотезой работы является предположение о важности межотраслевой координации субъектов промышленной политики в целях развития производства критически важной продукции. В качестве объекта исследования рассматривается цифровая промышленная экосистема отрасли беспилотных авиационных систем (БАС). Цель исследования является разработка основ структуры экосистемной модели развития отрасли БАС и обоснование целесообразности ее применения в интересах совершенствования высокотехнологичных отраслей промышленности Российской Федерации. В статье предлагаются авторские трактовки понятий «цифровая промышленная экосистема» и «межотраслевая экосистема», обосновываются принципы функционирования экосистемной модели и ее архитектура. Разработана экосистемная модель развития отрасли БАС, включая органы управления, техническую инфраструктуру, организационно-экономические инструменты, технологические кластеры и сеть участников. Основной отличительной особенностью предлагаемой модели от существующих является распределенность органов управления экосистемой, поддерживающих автономность управления на всех горизонтальных и иерархических уровнях ее организации. Экосистема рассматривается в качестве инструмента механизма стратегического развития высокотехнологичных отраслей, участвующих в создании БАС гражданского назначения, и обеспечивает межотраслевое взаимодействие участников в целях ускоренного развития промышленного производства и становления рынка БАС. Экосистемная модель управления обеспечит владение актуальными данными фактических и планируемых индикативных оценочных показателей состояния и развития отрасли в масштабе времени, близкому к реальному, на основе принципа цифровой прозрачности.

**Ключевые слова:** беспилотная авиационная система (БАС); БПЛА; промышленная экосистема; межотраслевое взаимодействие; цифровая платформа; отраслевой рынок; сквозные технологии; цифровая трансформация промышленности.

**Классификация JEL:** L52, L60, O32.

**УДК:** 338.012.

Для цитирования: Быстров А.В., Радайкин А.Г., Загуменнов Ф.А., Бутенко Ю.В. (2024). Экосистемная модель развития отрасли беспилотных авиационных систем // Экономика и математические методы. Т. 60. № 3. С. 70–81. DOI: 10.31857/S0424738824030078

## ВВЕДЕНИЕ

Возникновение новых отраслей и технологических рынков неразрывно связано с цифровой трансформацией экономики и стремительным ускорением технологических процессов на фоне внедрения технологий искусственного интеллекта, Big Data, цифровых «двойников» и «фабрик», нейротехнологий и многих других. Симбиоз цифровых и промышленных технологий на стыке

отраслей позволяет создавать высокотехнологичные продукты, обладающие немислимыми ранее функциями и характеристиками.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью поиска и обоснования новых организационно-экономических моделей функционирования и развития высокотехнологичного сектора промышленности Российской Федерации в условиях цифровизации экономики, структурных ограничений и необходимости расширения кооперационных связей в рамках межотраслевого взаимодействия.

Важность внедрения механизмов межотраслевой координации субъектов различных отраслей промышленности, в основе которых цифровые технологии, платформенные бизнес-модели и экосистемы, отмечается как российскими, так и зарубежными исследователями (Дементьев, Евсюков, Устюжанина, 2017; Komninos, 2022; Farhadi, 2019).

Цифровая трансформация промышленного комплекса предъявляет новые требования к инструментам и способам разработки и реализации стратегий высокотехнологичных отраслей, вследствие чего актуальным является переход к цифровому *стратегированию бионических промышленных систем* (Квинт, Бабкин, Шкарупета, 2022), под которыми понимается совокупность субъектов, осуществляющих замкнутый цикл производства на основе цифрового стратегирования и объединяющих новые технологии с возможностями человека для повышения эффективности совместного взаимодействия и ускорения инноваций.

Объектом исследования в настоящей статье является новая единица экономического анализа — *цифровая промышленная экосистема*. Такая экосистема представляет собой совокупность хозяйствующих субъектов реального сектора экономики в рамках одной отрасли или на стыке отраслей, осуществляющих деятельность, связанную с производством промышленной продукции, оказанием услуг в связи с ее использованием, а также ее потребителей, координирующих свою деятельность посредством цифровых платформ (Клейнер, 2018; Jacobides, Cennamo, Gawer, 2015).

На современном этапе экономико-технологического развития важнейшую роль играет развитие промышленного производства беспилотных авиационных систем (БАС), которое нуждается в обеспечении межотраслевой координации участников из разных отраслей.

Целью данной работы является исследование возможностей внедрения цифровых промышленных экосистем и разработка основополагающих принципов экосистемной модели развития новой отрасли — производство БАС в Российской Федерации. Достижение данной цели требует теоретического обоснования механизма межотраслевого взаимодействия участников экосистемы БАС и необходимости внедрения экосистемной модели.

## СОВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ БАС

Отрасль БАС представляет собой совокупность научно-исследовательских и образовательных организаций, промышленных предприятий, малых инновационных компаний, осуществляющих разработку, производство беспилотных летательных аппаратов различного типа, а также компаний, предоставляющих услуги с использованием БАС в различных отраслях народного хозяйства (Радайкин, 2019). В данной статье рассматривается исключительно гражданский рынок БАС.

Объем мирового рынка гражданских БАС в 2021 г. составил 26,3 млрд долл. Прогнозируется, что рынок гражданских БАС вырастет до 41,3 млрд долл. к 2026 г. (рис. 1). Среднегодовой рост мирового рынка



Рис. 1. Динамика мирового рынка гражданских и военных БАС, млрд долл.

Источник: Stockholm International Peace Research Institute.

гражданских беспилотников превышает рост военных примерно на 500 млн долл. ежегодно. Согласно оценке (Фаттахов, Киреев, Клец, 2022) российский рынок БАС в стоимостном выражении составляет 2% мирового.

Подтверждением стратегической важности отрасли БАС для развития промышленного комплекса России стали «Перечень поручений Президента РФ по вопросам развития беспилотных авиационных систем от 30 декабря 2022 г.» и «Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г.», утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р. Согласно стратегии целевыми значениями ключевых показателей развития отрасли беспилотной авиации к 2030 г. являются: объем российского рынка БАС — более 1 млн единиц; доля отечественных БАС на российском рынке — 70%; число произведенных российских БАС — 157,6 тыс. единиц; численность специалистов в отрасли БАС — 1,1 млн человек.

Отечественная отрасль БАС отличается отсутствием либо недостаточным уровнем производства таких высокотехнологичных компонентов, как двигательные установки, аккумуляторные батареи, системы управления, элементы инфраструктуры связи, электронная компонентная база, полезные нагрузки. *Локализация данных компонентов БАС является одной из главных задач стратегии*, решать которую предлагается поэтапно, финансируя и оказывая поддержку разработчикам и производителям всех уровней.

Основа современной модели управления такими высокотехнологичными отраслями промышленности, как БАС, сформирована в *советский период*. Централизация органов управления государственными предприятиями и компаниями является неотъемлемым признаком системы управления промышленным комплексом Российской Федерации и во многом опирается на принципы плановой экономики.

Эксперимент передачи полномочий в управлении промышленным комплексом региональным органам исполнительной власти проводился в некоторых республиках в конце 1950-х годов (Гапсаламов, Васильев, Бочкарева, 2023), однако он оказался неудачным. Внедрение территориальной системы управления промышленностью негативно сказалось на состоянии кооперационных связей на союзном уровне.

В современных реалиях инструментом территориальной формы управления промышленностью можно назвать отраслевые и региональные *кластеры* и *особые экономические зоны*. Кластерная модель развития отраслей и региональных промышленных комплексов доказала свою эффективность в конце XX в. в США, Японии, Германии, Франции, Финляндии, Китае (Ксенофонтова, 2015), а с начала 2000-х годов такая модель активно внедряется в промышленной политике России (Череповская, Селезнева, 2021; Шаталова, Касаткина, Лившиц, 2022). В настоящее время в России действует 52 промышленных кластера в 42 регионах, в составе которых функционирует более 650 промышленных предприятий.

Кластерный подход развития отрасли БАС также используется и сегодня. Правительство Москвы совместно с Правительством Российской Федерации, Министерством промышленности и торговли в 2023 г. открыло кластер беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в Индустриальном парке «Руднево» особой экономической зоны «Технополис Москва». Этот проект является первым кластером, открытым в Российской Федерации в целях развития отрасли БАС, где также планируется создание *федерального центра* БАС. В Индустриальном парке планируется размещать производства и исследовательские центры, центры испытаний с полигоном, обеспеченные всей необходимой инфраструктурой. Компании—участники кластера сконцентрируются на разработке и создании новых моделей БПЛА, программного обеспечения, совершенствовании авионики и внедрении технологий искусственного интеллекта.

Современная организационная модель управления развитием новой отрасли БАС в Российской Федерации находится в стадии формирования, но формируется она в соответствии с традиционными подходами в управлении высокотехнологичным сектором промышленности. Текущую модель можно разделить на три уровня: национальный, федеральный и отраслевой (рис. 2).

Развитие высокотехнологичной отрасли и нового межотраслевого рынка БАС в существующей модели управления промышленным комплексом сдерживают следующие факторы: 1) запретительная нормативно-правовая база в сфере регулирования и эксплуатации БАС, поддержание регуляторных барьеров; 2) высокая степень централизации промышленного производства с сохранением



для участника экосистемы такое объединение происходит незаметно — на основе принципа бесшовности. Бизнес-структурам цифровые экосистемы могут предлагать набор цифровых продуктов и технологий, которые компании могут использовать для взаимодействия со своими клиентами, партнерами и другими заинтересованными сторонами.

Сегодня крупнейшие технологические корпорации создают собственные экосистемы. Мировыми промышленными лидерами, обладающими собственными промышленными экосистемами, являются компании из США: Apple, Boeing с экосистемой Digital Airline, General Electric с GE Open Innovation. Также можно выделить экосистемы Volkswagen Industrial Cloud и Siemens из Германии, а также французскую компанию Schneider Electric.

Особенностью промышленных экосистем является отраслевая или продуктовая направленность, в рамках которой обеспечивается взаимовыгодное взаимодействие множества участников из различных отраслей экономики в целях создания новой промышленной продукции или сервисов на основе сквозных цифровых процессов производства (Шкарупета, Дударева, 2021).

Под промышленной экосистемой авторы понимают организационно-экономическую модель взаимодействия государственных ведомств, реализующих промышленную политику, и научно-исследовательских организаций, предприятий промышленности, малых инновационных предприятий, образовательных учреждений, а также институтов развития и регулирующих органов в едином цифровом контуре с целью обеспечения ускорения разработки и производства высокотехнологичной продукции (Быстров, Толстых, Радайкин, 2020).

Основой инфраструктуры промышленной экосистемы чаще всего является *цифровая платформа*, или совокупность платформ, которые интегрированы между собой и обеспечивают участникам экосистемы бесшовное предоставление цифровых сервисов, выступая инструментом снижения транзакционных издержек. Промышленные экосистемы обеспечивают взаимосвязь государственного, корпоративного и потребительского секторов экономики.

Одной из самых развитых на сегодняшний день является цифровая экосистема автономного вождения Apollo от компании Baidu, которая насчитывает более 100 партнеров по всему миру. Такая обширная экосистема дает компании огромное преимущество, так как она использует опыт, компетенции, ресурсы и бренд разных партнеров (рис. 3).

Цифровые экосистемы являются одними из самых сложных существующих бизнес-моделей. В настоящее время можно выделить пять крупнейших компаний, которые построили экосистемные бизнес-модели: Apple, Amazon, Google, Alibaba, Tencent. Контролеры таких экосистем, как Amazon, Alibaba, Google, Apple, Tesla, привлекают клиентов с помощью различных сервисов на разных платформах. Затем они могут использовать знания и данные для повышения продаж существующим клиентам и приобретения новых клиентов благодаря эффекту «привязки к поставщику».

Экосистема Apple включает оборудование (iPhone, iPad, Mac), программное обеспечение (iOS, macOS) и сервисы (App Store, iTunes, iCloud, Apple Music, Apple TV+, Apple Fitness+, Apple Arcade, Apple One, Apple Books, Apple Podcasts и др.). Аналогично Google предлагает экосистему, которая включает Android, Chrome, Google Search, Google Docs, Google Play Store, YouTube, Gmail, Google Maps, Google Drive и множество других сервисов. Экосистема Microsoft включает Windows, Office 365 и облачные сервисы Azure.

В России лидерами внедрения платформенных технологий и построения экосистем в реальном секторе являются компании топливно-энергетического сектора и машиностроения: ГК «Росатом», ПАО «Газпром», ПАО «Газпромнефть», ОАК, ОСК, АО «Вертолеты России». Компании реализуют проекты внедрения цифровых решений для своих предприятий в области промышленного

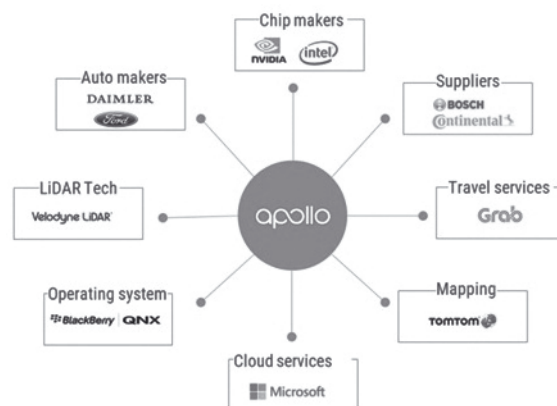


Рис. 3. Экосистема автономного вождения Apollo, Baidu

Источник: CBINSIGHTS.

интернета, энергосбережения, технологий машинного зрения, управления производственными процессами и взаимоотношениями с клиентами.

Российские финансово-технологические и телеком-компании Сбер, Яндекс, Mail.ru Group и МТС также строят экосистемы таким образом, чтобы удовлетворить как можно больше потребностей клиента.

Актуальными технологическими направлениями для мировых экосистем являются беспилотные технологии, включая наземный транспорт и беспилотный летательный аппарат (БПЛА). Практически все экосистемы, в том числе и российские, запустили или приобрели стартапы в области беспилотных автомобилей и технологий «умного дома». Также крупные корпорации приобретают проекты, в основе которых технологии голосовых помощников, eCom, AI, VR&AR, Gaming, Blockchain, Education, Cloud, FinTech, Music/Video, eHealth, marketing, Io T.

Российским высокотехнологичным предприятиям из-за санкций сегодня практически закрыт доступ к импортным комплектующим и радиоэлектронной компонентной базе, производство сопоставимых аналогов в нашей стране при этом отсутствует. Также многие российские компании остались без критически важного программного обеспечения, предоставляемого зарубежными разработчиками и торговцами. Оперативный поиск альтернативных каналов поставок не способен решить эти проблемы в долгосрочном плане, при этом издержки при таком варианте обхода санкций растут в геометрической прогрессии.

Стратегически верным решением является кратное увеличение финансирования НИОКР в своей стране и создание собственных производств критически важной продукции. Для решения этих задач можно использовать механизм промышленных экосистем, которые соответствуют современным трендам цифровизации системы управления промышленностью, обладают гибкостью и адаптивностью организационных элементов (Thomas, Autio, 2020). Такая бизнес-модель имеет ряд преимуществ.

1. Снижение транзакционных издержек вследствие установления долгосрочных связей между участниками экосистемы и более эффективного взаимодействия использования ее сервисов.
2. Ускоренная апробация и пилотирование результатов НИОКР в экосистеме, повышение инновационной активности и исследовательского потенциала.
3. Упрощение экспансии на новые рынки.
4. Использование эффекта масштаба и усиление рыночной власти.
5. Повышение прозрачности бизнеса, повышение значимости репутации участника экосистемы.

Внедрение экосистемной модели управления высокотехнологичными отраслями в промышленности позволит преодолеть следующие изъяны существующей модели: 1) инертность государственных корпораций и вертикально-интегрированных промышленных групп, слабый отклик на инновации; 2) низкий уровень цифровизации производственных процессов, слабая информационная инфраструктура предприятий, отсутствие надежных систем информационной безопасности; 3) слабая научно-производственная кооперация; 4) недостаток квалифицированных кадров и отсутствие системы наставничества на производстве, высокая текучесть инженерных кадров; 5) низкий уровень межотраслевого взаимодействия экономических агентов как на горизонтальном уровне, так и в вертикально-интегрированных структурах.

В этих условиях очевидна необходимость создания и внедрения отраслевых экосистем — механизма стратегического развития высокотехнологичных отраслей, который организует взаимодействие промышленных предприятий, научно-исследовательских, образовательных организаций различных отраслей и различного ведомственного подчинения и координируется федеральными органами исполнительной власти во взаимодействии с институтами развития и участниками экосистемы (Быстров, Толстых, Радайкин, 2020).

Функциональное назначение межотраслевых экосистем заключается в организации сетевого взаимодействия акторов экосистемы в информационном пространстве по единым для всех стандартам и принципам (Костырев, 2019).

В производстве беспилотных авиационных систем участвуют предприятия радиоэлектронной, авиационной, химической и других отраслей промышленности. Научные организации разрабатывают новые облегченные материалы и сплавы, IT-компании — специализированное программное обеспечение, телекоммуникационные и аэрокосмические предприятия — новые стандарты связи и передачи данных. Кадровое обеспечение отрасли БАС требует подготовки сотен тысяч внешних пилотов и инженеров. В этой цепочке ключевым звеном являются конечные потребители высокотехнологичной продукции — государственные органы, компании и частные лица.

Таким образом, ввиду стратегической важности развития беспилотного авиастроения и производства сопутствующих компонентов на стыке отраслей и технологий, целесообразным видится создание и внедрение экосистемной модели развития для целей ускоренного развития производства беспилотных авиационных систем в Российской Федерации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Крупномасштабное производство БАС гражданского назначения невозможно организовать без организации межотраслевой координации разработчиков и производителей из смежных отраслей, поскольку оно характеризуется высокой степенью кооперации и совокупностью горизонтальных и вертикальных связей, возникающих на каждом уровне системы управления отраслью БАС.

Модель управления стратегическим развитием высокотехнологичной отрасли БАС должна обеспечивать связанность национальных программ и отраслевых стратегий, а также предоставлять возможности, присущие современным системам поддержки принятия решений на основе технологий искусственного интеллекта: осуществлять мониторинг отраслевых и макроэкономических показателей, проводить предиктивную аналитику, осуществлять сценарное планирование развития отрасли на основе актуальных экономико-статистических данных.

Экосистема БАС также должна предоставлять своим участникам доступ к апробированным технологиям разработки и цифрового проектирования (digital factory), цифровых двойников (digital twin), организации производства (smart factory) и управления жизненным циклом продукции (product lifecycle management). Межотраслевой характер экосистемы определяют технологии БАС: компоненты робототехники и сенсорики, новые материалы, технологии беспроводной связи, нейротехнологии и искусственный интеллект, новые производственные технологии, промышленный интернет, технологии виртуальной и дополненной реальностей, системы распределенного реестра.

Трансформация модели управления отраслью БАС должна учитывать недостатки действующей модели, а также внешние факторы, такие как санкции недружественных стран, цифровизацию экономики, мобилизацию ВПК, ESG-повестку, которые влияют на промышленный комплекс в целом (рис. 4).

Экосистемную модель развития отрасли БАС от действующей модели отличают следующие особенности.



**Рис. 4.** Трансформация модели управления отраслью БАС

*Источник:* составлено авторами.

1. Распределенные органы управления экосистемой БАС. Управленческая архитектура выстраивается таким образом, что ключевые управленческие решения принимаются коллегиальным органом — советом экосистемы, в который входят представители всех категорий участников. На практике должна быть реализована система управления из коллегиальных органов управления (совет экосистемы БАС и наблюдательный совет) и органов операционного управления цифровой платформой экосистемы.
2. Экосистема БАС является экономическим субъектом, осуществляющим деятельность в цифровом пространстве. Участие в экосистеме БАС предоставляется после прохождения аккредитации всем заинтересованным участникам отрасли БАС и смежных отраслей.
3. Экосистема предназначена для стратегического развития высокотехнологичных отраслей промышленности, прямо или косвенно участвующих в создании БАС гражданского назначения, и должна обеспечивать межотраслевое взаимодействие участников в целях ускоренного развития промышленного производства и становления рынка БАС в Российской Федерации. Экосистема не выполняет функции исполнительного или регулирующего органа отрасли, но является полноценным субъектом промышленной политики.
4. Организационно-экономические инструменты экосистемы предоставляются всем участникам экосистемы как для решения отдельных операционных задач, так и для участия в комплексных научно-технологических проектах. Отдельные инструменты экосистемы могут предоставляться участникам на платной основе, обеспечивая содержание органов операционного управления экосистемой.
5. Экосистемная модель отрасли БАС позволяет проводить непрерывный мониторинг отрасли в режиме онлайн. Она позволяет получать актуальные данные по показателям развития отрасли, минимизируя или полностью исключая их искажение за счет принципа цифровой прозрачности, который позволит отслеживать всю цепочку создания добавленной стоимости высокотехнологичной продукции.
6. Экосистема может обеспечивать бесшовную интеграцию с государственными информационными системами, что позволит участникам экосистемы участвовать в разработке нормативно-правовых актов, отраслевых стандартов и других документов.

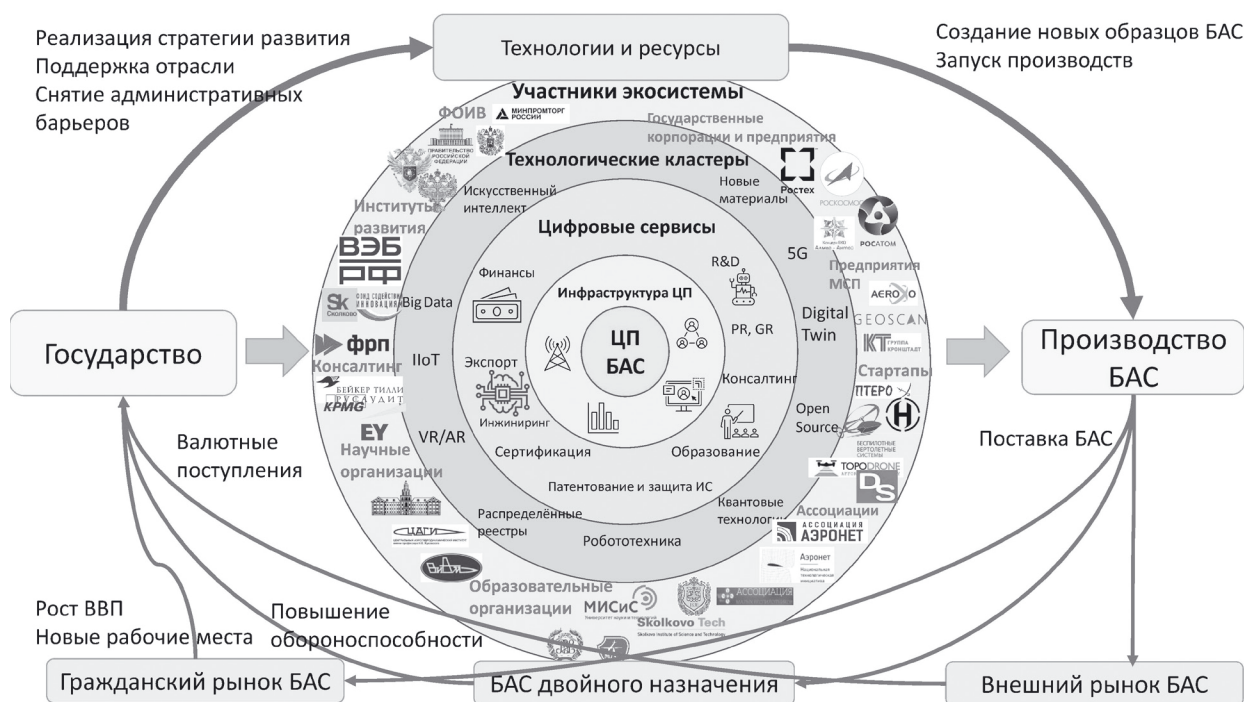


Рис. 5. Экосистемная модель развития отрасли БАС

Источник: составлено авторами.

Основополагающей предпосылкой внедрения экосистемной модели развития отрасли БАС является структурное отставание Российской Федерации в производстве конкурентоспособных БПЛА как гражданского, так и военного назначения, несмотря на достаточно большой локальный рынок. Однако российский рынок БАС, по разным оценкам, составляет около 2% мирового рынка и его может быть недостаточно для достижения технологического лидерства в данной сфере. В связи с этим основным целеполаганием внедрения экосистемной модели отрасли БАС должно стать создание продукции мирового уровня, конкурирующей с лучшими образцами китайских и американских брендов (Волков, Воробьева 2023). Достижение такой амбициозной цели требует объединения компетенций и ресурсов технологических лидеров беспилотного авиастроения, научных организаций, компаний финансового сектора и институтов развития.

Правительство Российской Федерации и ведомства, отвечающие за реализацию промышленной политики и осуществляющие управление развитием отрасли БАС, являются ключевыми акторами в обеспечении эффективного функционирования экосистемы БАС. Несмотря на децентрализацию органов управления экосистемой, ее модель предназначена для реализации национальной стратегии развития отрасли БАС, поэтому государство в лице своих представителей в коллегиальных и операционных органах управления является организационным ядром экосистемы. Концептуальная модель экосистемы БАС представлена на рис. 5.

В современных условиях внедрение экосистемы БАС направлено на повышение эффективности предоставления мер государственной поддержки, обеспечение роста ВВП и создание новых рабочих мест, на повышение экспортного потенциала промышленности и обороноспособности за счет трансфера гражданских технологий в ВПК.

Дальнейшие направления исследований экосистемной модели БАС должны включать оценку потенциального экономического эффекта от внедрения экосистемной модели, разработку соответствующей экономической модели экосистемы и показателей ее эффективности, а также оценку рисков внедрения экосистемы БАС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отрасли БАС сегодня на государственном уровне отводится важная роль движущей силы технологического суверенитета отечественной экономики, для чего разработана и утверждена Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации, а также разрабатывается соответствующий национальный проект. В то же время реализация такого масштабного проекта, по сути создания полноценной отрасли, опирается на традиционную иерархическую модель управления высокотехнологичным сектором.

На основе проведенного нами исследования можно сделать вывод, что рынок БАС имеет межотраслевой характер, ввиду чего важной задачей является консолидация и координация экономических агентов из различных отраслей в целях создания и развития новой отрасли БАС на основе современных цифровых технологий и механизмов сетевого взаимодействия. Результатом исследования является разработка экосистемной модели развития отрасли БАС и обоснование необходимости ее внедрения. Разработанная модель развития отрасли БАС позволит обеспечить ускоренное развитие промышленного производства БАС в Российской Федерации за счет интеграции участников отрасли в единое организационно-экономическое информационное пространство, устранения коммуникационных барьеров и снижения транзакционных издержек.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Бабкин А.В., Байков Е.А. (2019). Особенности стратегического управления в инновационных пространственно-распределенных организационно-экономических системах // *Экономика и управление*. № 7 (165). С. 15–23. DOI: 10.35854/1998-1627-2019-7-15-23 [Babkin A.V., Baykov E.A. (2019). Specific aspects of strategic management in innovative geographically distributed organizational and economic systems. *Economics and Management*, 7 (165), 15–23. DOI: 10.35854/1998-1627-2019-7-15-23 (in Russian).]
- Быстров А.В., Толстых Т.О., Радайкин А.Г. (2020). Отраслевая экосистема как организационно-экономическая модель развития высокотехнологичных производств // *Экономика и управление*. Т. 26. № 6. С. 564–576. [Bystrov A.V., Tolstykh T.O., Radaykin A.G. (2020). Cross-industry ecosystem as an organizational and economic model for the development of high-tech Industries. *Economics and Management*, 26 (6), 564–576 (in Russian).]

- Волков В.И., Воробьева М.В.** (2023). Методический подход к формированию обобщенного показателя конкурентоспособности беспилотных авиационных систем // *Самоуправление*. № 2 (135). С. 366–370. [Volkov V.I., Vorobyova M.V. (2023). Methodological approach to the formation of a generalized indicator of the competitiveness of unmanned aircraft systems. *Self-government (Samoupravleniye)*, 2 (135), 366–370 (in Russian).]
- Гапсаламов А.Р., Васильев В.Л., Боцкарева Т.Н.** (2023). Трансформация государственной промышленной политики в СССР: факторы влияния, формы и направления // *Вопросы истории*. № 6–1. С. 56–65. DOI: 10.31166/VoprosyIstorii202306Statyi19 [Gapsalamov A.R., Vasiliev V.L., Bochkareva T.N. (2023). Transformation of state industrial policy in the USSR: Factors of influence, forms and directions. *Voprosy Istorii*, 6–1, 56–65 (in Russian).]
- Дементьев В.Е., Евсюков С.Г., Устюжанина Е.В.** (2017). Гибридные формы организации бизнеса: к вопросу об анализе межфирменных взаимодействий // *Российский журнал менеджмента*. Т. 15. № 1. С. 89–122. [Dementiev V.E., Evsukov S.G., Ustyuzhanina E.V. (2017). Hybrid forms of business organization: The interfirm cooperation perspective. *Russian Management Journal*, 1, 89–122 (in Russian).]
- Дударева О.В.** (2023). *Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций*. Курск: ЗАО «Университетская книга». 401 с. ISBN: 978-5-907710-99-3. [Dudareva O.V. (2023). *Management of sustainable development of industrial ecosystems in the conditions of technological transformations*. Kursk: Closed Joint Stock Company “University Book”. 401 p. (in Russian).]
- Квинт В.Л., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В.** (2022). Стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем // *Экономика промышленности*. Т. 15 (3). С. 249–261. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-3-249-261 [Kvint V.L., Babkin A.V., Shkarupeta E.V. (2022). Strategizing of forming a platform operating model to increase the level of digital maturity of industrial systems. *Russian Journal of Industrial Economics*, 15 (3), 249–261. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-3-249-261 (in Russian).]
- Клейнер Г.Б.** (2018). Социально-экономические экосистемы в контексте дуального пространственно-временного анализа // *Экономика и управление: проблемы и решения*. № 5–5'. С. 5–13. [Kleiner G.B. (2018). Socio-economic ecosystems in the context of dual spatial-temporal analysis. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 5–5', 5–13 (in Russian).]
- Костырев А.П.** (2019). Промышленность в системе межотраслевых связей в условиях цифровой экономики // *Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами*. № 8. С. 93. [Kostyrev A.P. (2019). Industry in the system of intersectoral relations in the digital economy. *Development of Theory and Practice of Management of Social and Economic Systems*, 8, 93 (in Russian).]
- Ксенофонтова О.Л.** (2015). Опыт зарубежных стран по созданию и функционированию кластеров: модельный подход // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. № 2 (42). С. 36–42. [Ksenofontova O.L. (2015). The experience of foreign countries in the creation and functioning of clusters: A model approach. *Modern High Technologies. Regional Application*, 2 (42), 36–42 (in Russian).]
- Макаров В.Л.** (2021). Сети управления — новый эффективный инструмент в цифровом мире // *Вестник ЦЭМИ*. № 1. DOI: 10.33276/S265838870015402-5 [Makarov V.L. (2021). Management networks — a new effective tool in the digital world. *Bulletin of the CEMI*, 1. DOI: 10.33276/S265838870015402-5 (in Russian).]
- Нечаева Н.А.** (2021). Региональная система государственного управления инвестиционной деятельностью предприятий промышленного комплекса // *Вектор экономики*. № 7 (61). [Nechaeva N.A. (2021). Regional system of state management of investment activity of industrial complex enterprises. *Vector of Economy*, 7 (61) (in Russian).]
- Преображенский Б.Г., Толстых Т.О., Шмелева Н.В.** (2019). Оценка человеческого капитала в рамках отраслевой трансформации промышленных систем // *Регион: системы, экономика, управление*. № 4 (47). С. 193–197. [Preobrazhensky B.G., Tolstykh T.O., Shmeleva N.V. (2019). Assessment of human capital in the framework of cross-sectoral transformation of industrial systems. *Region: Systems, Economics, Management*, 4 (47), 193–197 (in Russian).]
- Радайкин А.Г.** (2019). Инвестиционный потенциал и перспективы развития производства беспилотных авиационных систем в России // *Горизонты экономики*. № 6 (52). С. 44–52. [Radaykin A.G. (2019). Investment potential and development prospects of the production of unmanned aircraft systems in Russia. *Economic Horizons*, 6, 44–52 (in Russian).]
- Фаттахов М.Р., Киреев А.В., Клещ В.С.** (2022). Рынок беспилотных авиационных систем в России: состояние и особенности функционирования в макроэкономических условиях 2022 года // *Вопросы инновационной экономики*. Т. 12. № 4. С. 2507–2528. DOI: 10.18334/vinec.12.4.116912 [Fattakhov M.R., Kireev A.V., Tick V.S. (2022). The market of unmanned aircraft systems in Russia: The state and features of functioning in the macroeconomic conditions of 2022. *Russian Journal of Innovation Economics*, 12, 4, 2507–2528 (in Russian).]
- Цёхла С.Ю., Симченко С.Ю., Филонов В.И.** (2020). К вопросу об изменениях издержек институтов сетевого взаимодействия при реализации отраслевых цифровых проектов // *Дружковский вестник*. № 3 (35).

- C. 56–63. [Tsekhlа S. Yu., Simchenko S. Yu., Filonov V.I. (2020). On the issue of changes in the costs of institutions of network interaction in the implementation of cross-industry digital projects. *Drukerovskiy Vestnik*, 3 (35), 56–63 (in Russian).]
- Череповская Н.А., Селезнева Е.Ф.** (2021). Теоретико-методологические аспекты кластерного подхода к формированию эффективной экономики // *Проблемы теории и практики управления*. № 1. С. 36–53. DOI: 10.46486/0234-4505-2021-1-36-53 [Cherepovskaya N.A., Selezneva E.F. (2021). Theoretical and methodological aspects of the cluster approach to the formation of an effective economy. *Problems of the Theory and Practice of Management*, 1, 36–53 (in Russian).]
- Шаталова О.М., Касаткина Е.В., Лившиц В.Н.** (2022). Кластерный анализ и классификация промышленно ориентированных регионов РФ по экономической специализации // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 80–91. DOI: 10.31857/S042473880018971-7 [Shatalova O.M., Kasatkina E.V., Livchits V.N. (2022). Cluster analysis and classification of Russia's industrial oriented regions by economic specialization. *Economics and Mathematical Methods*, 58, 1, 80–91. DOI: 10.31857/S042473880018971-7 (in Russian).]
- Шкарупета Е.В., Дударева О.В.** (2021). Концептуальное представление промышленной экосистемы в ходе эволюции устойчивого развития // *Цифровая и отраслевая экономика*. № 1 (22). С. 5–8. [Shkarupeta E.V., Dudareva O.V. (2021). Conceptual representation of the industrial ecosystem during the evolution of sustainable development. *Digital and Industrial Economy*, 1 (22), 5–8 (in Russian).]
- Cobben D., Ooms W., Roijackers N., Radziwon A.** (2022). Ecosystem types: A systematic review on boundaries and goals. *Journal of Business Research*, 142, 138–164. DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.12.046
- Farhadi N.** (2019). *Cross-industry ecosystems: Grundlagen, archetypen, modelle und strategische ansätze*. Verlag: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. DOI: 10.1007/978-3-658-26129-0.
- Fernandes A.J., Ferreira J.J.** (2022). Entrepreneurial ecosystems and networks: A literature review and research agenda. *Review of Management Science*, 16, 189–247. DOI: 10.1007/s11846-020-00437-6
- Ghio N., Guerini M., Lamastra-Rossi C.** (2019). The creation of high-tech ventures in entrepreneurial ecosystems: Exploring the interactions among university knowledge, cooperative banks, and individual attitudes. *Small Business Economics*, 52, 2, 523–543.
- Holgersson M., Baldwin C.Y., Chesbrough H., Bogers M.L.A.M.** (2022). The forces of ecosystem evolution. *California Management Review*, 64 (3), 5–23. DOI: 10.1177/00081256221086038
- Jacobides M., Cennamo C., Gawer A.** (2015). Industries, ecosystems, platforms, and architectures: Rethinking our strategy constructs at the aggregate level. *Working paper, London Business School*.
- Komninos N.** (2022). Transformation of industry ecosystems in cities and regions: A generic pathway for smart and green transition. *Sustainability*, 14, 9694. DOI: 10.3390/su14159694
- Lis A.M., Lis A.** (2021). *The cluster organization: Analyzing the development of cooperative relationships*. 1<sup>st</sup> ed. Abingdon: Routledge. DOI: 10.4324/9781003001041
- Mattes V., Schallmo D.** (2023). Entrepreneurial ecosystems: A systematic literature review and bibliometric analysis. Conference: *2023 ISPIM Innovation Conference (Ljubljana)*. Ljubljana. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/372676410\\_Entrepreneurial\\_Ecosystems\\_A\\_Systematic\\_Literature\\_Review\\_and\\_Bibliometric\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/372676410_Entrepreneurial_Ecosystems_A_Systematic_Literature_Review_and_Bibliometric_Analysis)
- Thomas L.D. W., Autio E.** (2020). *Innovation ecosystems in management: An organizing typology*. *Oxford encyclopedia of business and management*. New York: Oxford University Press. DOI: 10.1093/acrefore/9780190224851.013.203
- Vasin S., Gamidullaeva L., Tolstykh T., Rostovskaya T., Skorobogatova V.** (2018). From innovation system through institutional transformation to digital innovation ecosystem. *Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through Vision*, 4620–4633.

## Ecosystem model of development of the unmanned aircraft systems industry

© 2024 A.V. Bystrov, A.G. Radaykin, F.A. Zagumennov, Yu.V. Butenko

**A.V. Bystrov,**

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: bistrov-sun@mail.ru*

**A.G. Radaykin,**

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: radaykin.ag@rea.ru*

**F.A. Zagumennov,**

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: sgw32@yandex.ru*

**Yu.V. Butenko,**

*State Scientific-Research and Project-Development Institution "MosTransProekt", Russia; e-mail: u.v.butenko@gmail.com*

Received 25.09.2023

*This study was supported by the Russian Science Foundation (No. 23-28-01419), <https://rscf.ru/project/23-28-01419/>*

**Abstract.** The article analyzes the structural transformations of Russian industry in the context of external constraints and the need to ensure technological sovereignty in high-tech industries. The scientific hypothesis of the work is the assumption of the importance of cross-sectoral coordination of subjects of industrial policy in order to develop the production of critical products. The digital industrial ecosystem of the unmanned aircraft systems (UAS) industry is considered as an object of research. The purpose of the research is to develop the foundations of the structure of the ecosystem model of the development of the UAS industry and substantiate the feasibility of its application in the interests of improving high-tech industries of the Russian Federation. The article offers the author's interpretations of the concepts of "digital industrial ecosystem" and "cross-industry ecosystem", substantiates the principles of functioning of the ecosystem model and its architecture. An ecosystem model of the development of the UAS industry was developed, including management bodies, technical infrastructure, organizational and economic tools, technological clusters and a network of participants. The main distinguishing features of the proposed model from the existing ones are: the distribution of ecosystem management bodies that ensure the autonomy of management at all horizontal and hierarchical levels of its organization; the ecosystem is considered as an instrument of the mechanism of strategic development of high-tech industries involved in the creation of civil-purpose UAS, and provides cross-industry interaction of participants in order to accelerate the development of industrial production and the formation of the UAS market. The ecosystem management model will ensure the possession of up-to-date data of actual and planned indicative evaluation indicators of the state and development of the industry on a time scale close to real, based on the principle of digital transparency.

**Keywords:** UAS; UAV; industrial ecosystem; cross-industry interaction, digital platform; cross-industry market; end-to-end technologies; digital transformation of industry.

**JEL Classification:** L52, L60, O32.

**UDC:** 338.012.

For reference: **Bystrov A.V., Radaykin A.G., Zagumennov F.A., Butenko Yu.V.** (2024). Ecosystem model of development of the unmanned aircraft systems industry. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 3, 70–81. DOI: 10.31857/S0424738824030078 (in Russian).