

Октябрьские награды: 2 ордена ордена, медаль, аббревиатура имени

Кубсаты

On6dat 2-Claps



**космической политике:
экономика, суверенитет и
орбитальные ресурсы**

- Сікже ага, 3 к уугир
- неагве френдіс полпуа
- 04. Дир зиним

- ☒ Закон на почвено звање

[illegible]

Continued

4. Procedure

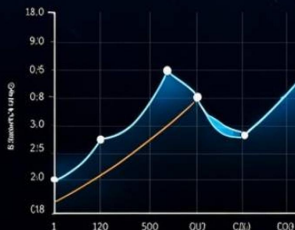
A π - π resonance is observed

It was at my 50th birthday

Симметричные

[illegible]

Виланнија



Александр Кальченко
**Стратегический аналитический
обзор. Кубсаты в российской
космической политике:
экономика, суверенитет
и орбитальные ресурсы**

*<https://litres.ru/74595252>
SelfPub; 2026*

Аннотация

Обзор посвящён актуальной теме космической политики — роли серийного производства спутников CubeSat и их развёртывания на сверхнизких орбитах в решении задач экономического развития и защиты национального орбитально-частотного суверенитета. В работе связывается три измерения, обычно рассматриваемые отдельно: юнит-экономику малых аппаратов, регуляторную логику Международного союза электросвязи и политико-стратегический контекст.

Акцент сделан на удельной стоимости одного аппарата, без радикального снижения которой развёртывание группировок либо не достигает необходимого масштаба, либо потребует непропорциональных затрат. Анализ рычагов снижения

себестоимости – стандартизация, серийность, перераспределение нерекуррентных затрат, изменение требований к надёжности в пользу системной, институциональные меры – изложен без избыточного углубления в технические детали. Сверхнизкие орбиты рассматриваются как элемент экономической и суверенной логики.

Содержание

Глава	5
От автора	7
Термины и сокращения	12
Сокращения	13
Основные термины	17
Введение	21
Глава 1. Экономика массового производства кубсатов: построение нового рыночного базиса	28
1.1. Системные экономические ограничения отрасли и место удельной себестоимости	32
Конец ознакомительного фрагмента.	34

Александр Кальченко
Стратегический
аналитический обзор.
Кубсаты в российской
космической политике:
экономика, суверенитет
и орбитальные ресурсы

Глава

Александр Кальченко

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР
Кубсаты в российской космической политике:

экономика, суверенитет и орбитальные ресурсы

Расширенная и систематизированная версия

По итогам обсуждений и дискуссий о будущем космиче-



Москва, 2026

От автора

Представленный обзор посвящён одной из наиболее актуальных тем современной космической политики – роли массового серийного производства аппаратов формата CubeSat и их развёртывания на сверхнизких околоземных орбитах в решении задач экономического развития и защиты национального орбитально-частотного суверенитета. В обзоре последовательно связываются три измерения, которые на практике нередко рассматриваются отдельно: юнит-экономика малых аппаратов, регуляторная логика Международного союза электросвязи и политико-стратегический контекст, включая возможности площадки БРИКС.

Акцент сделан на удельной стоимости одного аппарата как на центральном параметре, без радикального снижения которого промышленное развёртывание группировок либо не достигает необходимого масштаба, либо требует непропорциональных затрат. Анализ рычагов снижения себестоимости – стандартизация, серийность, перераспределение нерекуррентных затрат, изменение требований к единичной надёжности в пользу системной, институциональные меры – изложен связно и без избыточного углубления в технические детали. Не менее важно, что сверхнизкие орбиты рассматриваются не как изолированная «мода», а как элемент экономической и суверенной логики: естественная утилизация,

упрощение полезных нагрузок и возможность плотного орбитального присутствия в относительно менее насыщенном слое.

Отдельного внимания заслуживает регуляторный блок. В нем корректно показано, что принцип *first-come, first-served*, в существенной степени действующий в непланируемых полосах, делает скорость развёртывания и наличие работающих систем фактором переговорной позиции национальной администрации. Раздел о процедурах МСЭ (этапы предварительной публикации, координации, регистрации, требование ввода в эксплуатацию) даёт практическую рамку, а не абстрактные рассуждения о «суверенитете».

Политико-стратегическая часть обзора связывает внутреннюю повестку Национального проекта «Космос» с международным измерением. Акцент на потребностях университетской науки стран БРИКС как на канале формирования спроса, подготовки кадров и совместного технологического развития является вполне реалистичным и соответствует логике научной и экономической дипломатии. Совместные проекты на стандартизированных платформах действительно могут одновременно загружать отечественные производственные мощности и снижать барьеры входа для партнёров.

Важным и своевременным представляется включение в анализ информационного и кадрово-коммерческого барьера – дефицита открытых отраслевых данных, специализированных изданий и бизнес-подготовки по коммерциализа-

ции сервисов на базе малых спутников. Этот аспект часто остаётся в тени технологических и регуляторных ограничений, хотя именно он замедляет переход от демонстрационных миссий к устойчивым рыночным моделям. Дорожная карта, группирующая меры по горизонтам (Fast Track и пилотный спрос; приоритетные НИОКР и правила РИД; формирование экосистемы), придаёт обзору прикладной характер.

В целом обзор представляет собой связную аналитическую рамку, в которой экономика серийного производства, орбитально-частотный суверенитет и международная кооперация рассматриваются как единая система. Материал может быть полезен для органов государственной власти, отраслевых организаций и экспертного сообщества при подготовке решений, связанных с развитием сегмента малых космических аппаратов и реализацией приоритетов Национального проекта «Космос».

Рецензируемый обзор рекомендуется к использованию в качестве аналитического материала при обсуждении мер по развитию серийного производства аппаратов формата CubeSat, адаптации регуляторных процедур и расширению международной кооперации в формате БРИКС.

Александр Кальченко

Генеральный директор Агентства по сетевым, информационным и коммуникационным технологиям, кандидат тех-

нических наук

Содержание

Введение

Глава 1. Экономика массового производства кубсатов

1.1. Системные экономические ограничения и место удельной себестоимости

1.2. Основные рычаги снижения удельной себестоимости

1.3. От экспериментальных платформ к индустриальному конвейеру

1.4. Экономика сверхнизких орбит

1.5. Модели коммерциализации и спрос

1.6. Практические подходы к снижению удельной стоимости

Глава 2. Орбитально-частотный ресурс и защита национального суверенитета

2.1. Угроза монополизации околоземного пространства

2.2. Принцип орбитального присутствия

2.3. Радиочастотный потенциал и устойчивость

2.4. Регуляторные детали процедур МСЭ

Глава 3. Политико-стратегическое измерение

3.1. Роль массовых группировок в Нацпроекте «Космос»

3.2. Площадка БРИКС и потребности университетской науки

3.3. Синтез национального и международного измерений

Глава 4. Системные барьеры и дорожная карта

- 4.1. Нормативно-правовые и административные барьеры
- 4.2. Технологические и инфраструктурные ограничения
- 4.3. Дефицит информации, изданий и бизнес-подготовки
- 4.4. Дорожная карта рекомендаций

Заключение

Термины и сокращения

В настоящем обзоре используются следующие основные термины и сокращения.

Сокращения

Сокращение Расшифровка

API

Advance Publication Information – предварительная публикация информации о заявке в МСЭ

B2B

Business-to-Business – модель взаимодействия «бизнес для бизнеса»

B2G

Business-to-Government – модель взаимодействия «бизнес для государства»

BIU

Bringing Into Use – ввод в эксплуатацию (требование МСЭ к фактическому использованию частот)

COTS

Commercial Off-The-Shelf – готовые коммерческие (серийные) комплектующие

CR/C

Coordination Request / Coordination – запрос на координацию / координация в процедурах МСЭ

DaaS

Data-as-a-Service – предоставление данных как сервиса (подписка на поток данных)

DFMA

Design for Manufacturing and Assembly – проектирование с учётом требований производства и сборки

ITU / МСЭ

International Telecommunication Union / Международный союз электросвязи

LEO

Low Earth Orbit – низкая околоземная орбита (как правило, 160–2000 км)

MIFR

Master International Frequency Register – Международный справочный регистр частот МСЭ

NGSO

Non-Geostationary Satellite Orbit – негеостационарная спутниковая орбита

NRE

Non-Recurring Engineering – нерекуррентные (однократные) затраты на разработку и квалификацию

TCO

Total Cost of Ownership – совокупная стоимость владения

VLEO

Very Low Earth Orbit – сверхнизкая околоземная орбита (ориентировочно 200–350/450 км)

ГЧП

Государственно-частное партнёрство

КА

Космический аппарат

МКА

Малый космический аппарат

РИД

Результаты интеллектуальной деятельности

ЭКБ

Электронно-компонентная база

Основные термины

Термин

Определение / пояснение в контексте обзора

CubeSat (кубсат)

Стандартизированный малый космический аппарат; базовая единица 1U – куб со стороной 10 см. Распространённые форматы: 1U, 3U, 6U, 12U, 16U.

Аппарат формата CubeSat

Космический аппарат, выполненный в соответствии со стандартом CubeSat (предпочтительная формулировка вместо «кубсатный аппарат»).

Группировка малых спутников

Многоспутниковая система на базе аппаратов малого класса (в т.ч. формата CubeSat), функционирующая как единый информационный или сервисный контур.

Сверхнизкая орбита (VLEO)

Околоземная орбита высотой ориентировочно 200–350 км (в широком понимании – до ~450 км), характеризующаяся сильным атмосферным торможением и возможностью

естественной утилизации аппаратов.

Принцип орбитального присутствия

Стратегия физического и частотного заполнения определённых орбитальных слоёв и диапазонов национальными (или контролируемыми национальными операторами) группировками с целью закрепления фактического и юридического приоритета.

Удельная стоимость (unit cost)

Себестоимость одного аппарата; ключевой параметр экономики серийных группировок.

Нерекуррентные затраты (NRE)

Однократные затраты на разработку, квалификацию, оснастку и подготовку производства, распределяемые на серию аппаратов.

Рекуррентные затраты

Переменные (повторяющиеся) затраты на изготовление каждого следующего экземпляра аппарата.

Кривая обучения

Снижение удельных затрат по мере роста кумулятивного объёма производства за счёт накопления опыта и отладки процессов.

Data-as-a-Service (DaaS)

Модель предоставления космических данных и сервисов по подписке, а не разовой продажей отдельных снимков или пакетов.

First-come, first-served

Принцип «первым пришёл – первым занял», характерный для значительной части процедур координации и регистрации частот в непланируемых полосах МСЭ.

Системная (групповая) надёжность

Надёжность группировки в целом, достигаемая в том числе за счёт резервирования и возможности быстрой замены отдельных аппаратов, в отличие от максимизации надёжности каждого единичного аппарата.

Rideshare

Попутный (совместный) запуск нескольких полезных нагрузок на одной ракете-носителе с распределением стоимости выведения.

Fast Track

Упрощённый (ускоренный) режим согласования частот, сертификации или выдачи разрешений для стандартизированных малых аппаратов.

Heritage / modularity

Использование уже отработанных (летавших) решений и модульный принцип построения платформ с целью снижения NRE и рисков.

Введение

Мировая космическая индустрия переживает структурную трансформацию. Эпоха единичных тяжёлых космических аппаратов с длительными циклами разработки и высокой стоимостью единичного отказа уступает место модели серийного производства и развёртывания многоспутниковых группировок малого класса. В центре этой трансформации находится формат CubeSat – стандартизированная платформа, прошедшая путь от учебно-экспериментального инструмента до коммерческого и оборонного актива. По данным Nanosats Database, к июлю 2026 года накопительное число запущенных аппаратов формата CubeSat превысило 3 165. Независимые каталоги Jonathan's Space Report фиксируют сопоставимые порядки (свыше 3 200). Эти цифры отражают не просто количественный рост, а качественное изменение экономики доступа к орбите: удельная стоимость одного аппарата и стоимость единицы производимых им данных становятся решающими параметрами, от которых зависит сама возможность промышленного развёртывания группировок.

Параллельно происходит переосмысление орбитальных высот. Сверхнизкие околоземные орбиты (Very Low Earth Orbit, VLEO – в широком определении примерно 200–450 км, в узком 200–350 км) приобретают стратегическое зна-

чение. Близость к поверхности Земли упрощает требования к оптическим и радиочастотным полезным нагрузкам, а атмосферное торможение обеспечивает естественную утилизацию объектов, снижая долгосрочные риски космического мусора. В то же время мега-группировки иностранных операторов активно закрепляют орбитально-частотный ресурс. К сентябрю 2026 года группировка Starlink компании SpaceX насчитывала, по данным публичных каталогов KeerTrack и Jonathan McDowell, порядка 11 100–11 150 аппаратов в орбите; накопительное число запущенных превысило 12 900. Операционные высоты группировки смещаются в диапазон примерно 330–490 км. Совокупное число активных космических аппаратов, по оценкам на основе CelesTrak и отраслевых сводок, находится в пределах 15–17 тысяч. Процедуры Международного союза электросвязи для значительной части спектра в существенной степени опираются на принцип first-come, first-served: сроки подачи заявок и фактическое развёртывание создают устойчивые преимущества для тех, кто действует раньше и масштабнее. Для государств, не обладающих сопоставимыми по масштабу коммерческими системами, возникает риск постепенной утраты свободы манёвра в орбитальном пространстве.

Для Российской Федерации данный контекст формирует двойной вызов и двойную возможность. С одной стороны, санкционные ограничения и необходимость ускоренной квалификации суверенной электронно-компонентной

базы повышают ценность коротких циклов разработки и серийности. С другой – риск монополизации орбитально-частотного пространства требует инструментов физического и юридического присутствия. Национальный проект «Космос» (утверждён в 2025 году, старт реализации – 2026 год) задаёт институциональную рамку: по открытым оценкам, совокупное финансирование составляет порядка 4,4–5+ трлн рублей до 2036 года (бюджетные и внебюджетные источники). Центральная гипотеза настоящего обзора состоит в том, что массовое серийное производство кубсатов и их ускоренное развёртывание на сверхнизких орбитах способно одновременно решать задачи формирования коммерчески привлекательного внутреннего рынка космических данных и сервисов и защиты национального орбитально-частотного суверенитета. Синергия этих двух задач – экономическая отдача и суверенитет – определяет структуру и логику всего последующего изложения.

Обзор построен вокруг четырёх взаимосвязанных блоков. Первый посвящён экономике массового производства: почему удельная стоимость одного аппарата является центральным параметром, какие рычаги её снижения существуют (стандартизация, серийность, снижение рекуррентных и нерекуррентных затрат, изменение требований к единичной надёжности, институциональные меры) и какую роль играют сверхнизкие орбиты. Ориентировочные диапазоны стоимости миссий CubeSat (по открытым рыночным оценкам 2025–

2026 гг.) составляют от 0,15–0,6 млн долларов для простых 1U–3U аппаратов до 2–5+ млн долларов для более сложных 6U–12U+ конфигураций – при существенном разбросе в зависимости от полезной нагрузки, квалификации и условий запуска. Здесь же рассматриваются модели коммерциализации – от государственного якорного спроса до Data-as-a-Service – и условия, при которых кубсатные группировки становятся экономически рациональными в российских реалиях.

Второй блок анализирует орбитально-частотный ресурс и инструменты защиты суверенитета. Масштаб угрозы монополизации иллюстрируется динамикой ведущих мега-группировок (рост Starlink с порядка 1,5–2 тысяч аппаратов в начале 2020-х до более чем 11 тысяч к осени 2026 года); принцип орбитального присутствия на VLEO раскрывается как практический ответ; регуляторные детали процедур МСЭ (этапы Advance Publication Information – координация – регистрация в Master International Frequency Register, требование ввода в эксплуатацию, логика электромагнитной совместимости) показывают, почему скорость развёртывания и наличие работающих систем критичны для переговорной позиции национальной администрации. Читатель, интересующийся геополитикой космоса и международным регулированием спектра, найдёт здесь связный анализ, опирающийся на открытые данные и логику Radio Regulations.

Третий блок выводит анализ в политико-стратегическое

измерение. Национальный проект «Космос» с заявленным финансированием порядка 4,4–5+ трлн рублей до 2036 года задаёт институциональную рамку и возможности интеграции кубсатных решений как элемента гибкой инфраструктуры и полигона квалификации элементной базы. Особое внимание уделяется площадке БРИКС и потребностям университетской науки стран объединения – как каналу формирования спроса, подготовки кадров и совместного технологического развития. В России уже работают образовательные и запусковые треки: программа «УниверСат» Госкорпорации «Роскосмос» обеспечила вывод десятков университетских кубсатов (к началу 2026 года группировка насчитывала порядка 25 аппаратов); проект Space-π и федеральный проект «Кадры для космоса» расширяют вовлечение вузов. Совместные группировки и сервисы на стандартизированных платформах рассматриваются не только как экономический, но и как дипломатический инструмент.

Четвёртый блок выявляет системные барьеры и формулирует дорожную карту. Наряду с нормативно-правовыми и технологическими ограничениями (процедуры, ориентированные на тяжёлые аппараты; дефицит двигательных установок для VLEO; «узкое горлышко» пусков) анализируется часто недооцениваемый информационный и кадрово-коммерческий барьер: дефицит открытых отраслевых данных, специализированных изданий производственно-технической и коммерческой направленности, практи-

чески полное отсутствие бизнес-тренингов и акселераторов по коммерциализации кубсатовских сервисов. Международная практика (ежегодные доклады NASA State-of-the-Art of Small Spacecraft Technology, Journal of Small Satellites, тренинги ESA Academy, программы CSLI и KiboCUBE) и российские образовательные треки сопоставляются, чтобы показать, какие элементы инфраструктуры знаний уже работают, а каких не хватает. Дорожная карта группирует меры по горизонтам – от Fast Track и пилотного спроса (1–2 года) до приоритетных НИОКР и институционализации отраслевых обзоров (3–5 лет) и формирования устойчивой экосистемы (5–10 лет) – и завершается итоговыми тезисами для руководства отрасли.

Методология обзора носит междисциплинарный характер и объединяет системно-экономический анализ (жизненный цикл, совокупная стоимость владения, юнит-экономика), пространственно-частотный и геополитический анализ (плотность орбит, принцип присутствия, регламенты МСЭ) и сравнительно-нормативный анализ (международная практика регулирования малых спутников и российская нормативно-правовая база). Эмпирическая база включает открытые каталоги орбит и запусков (Nanosats Database – более 3 165 CubeSat к июлю 2026 г.; Jonathan's Space Report; CelesTrak; KeepTrack – данные по Starlink на сентябрь 2026 г.), рыночные и технологические обзоры, документы МСЭ, открытые материалы Государственной корпорации «Роскос-

мос» и публикации, посвящённые Национальному проекту «Космос» и программам поддержки университетских аппаратов.

Обзор не претендует на исчерпывающий охват всех аспектов тематики малых спутников. Его цель — дать связную аналитическую рамку, в которой экономика серийного производства, орбитально-частотный суверенитет, международная кооперация и институциональные барьеры рассматриваются как единая система, и предложить практические направления действий. Читателю, заинтересованному в снижении удельной стоимости, в защите орбитального ресурса, в использовании площадки БРИКС или в устранении регуляторных и информационных барьеров, последующие главы дают развёрнутый материал для самостоятельной оценки и для подготовки решений.

Глава 1. Экономика массового производства кубсатов: построение нового рыночного базиса

Снижение удельной себестоимости изделия является одним из центральных вопросов космической экономики, хотя и не единственным и не всегда главным. Вопрос себестоимости критически важен потому, что исторически космическая техника была штучной и экстремально дорогой. Высокая удельная стоимость ограничивала спрос, делала почти все проекты государственными и блокировала появление массовых рынков. Себестоимость напрямую влияет на целый ряд других экономических параметров: срок окупаемости, требуемый объём капитала, устойчивость к рискам, возможность частного финансирования, а также скорость итераций и обучения. Значительные по численности орбитальные спутниковые группировки экономически возможны только при радикальном падении цены одного аппарата и стоимости его вывода.

Приоритеты значимости себестоимости сильно зависят от сегмента и стадии развития рынка. В сегменте орбитальных спутниковых группировок большой численности и массовых сервисов себестоимость производства и стоимость запуска являются практически решающими. В сегменте науч-

ных, пилотируемых и уникальных исследовательских аппаратов на первый план выходят надёжность, сроки, риски и финансирование, а не минимизация цены одного изделия. Для стартапов на ранней стадии часто важнее скорость выхода на рынок и доступ к капиталу, чем идеально выверенная себестоимость. Таким образом, удельная себестоимость (unit cost) в космической экономике – не просто объект бухгалтерского учёта, а важная часть юнит-экономики и рыночная метрика, которая критически влияет на возможность присутствия на том или ином рынке.

При этом снижение себестоимости изделия – необходимое, но не достаточное условие развития космической экономики как базиса. Оно особенно критично там, где экономика строится на объёме производства. В то же время даже идеально дешёвый спутник не решит проблем дорогого запуска, недоступности капитала, отсутствия платёжеспособного спроса или регуляторных барьеров. Поэтому в профессиональной постановке задачи unit cost необходимо рассматривать в связке со стоимостью разработки, вывода, стоимостью капитала, размером доступного рынка, а также с длительностью и скоростью жизненного цикла «разработка – производство – эксплуатация – монетизация».

Экономическая целесообразность массового развёртывания группировок малых космических аппаратов формата CubeSat определяется не отдельными техническими преимуществами платформы, а системным изменением струк-

туры затрат и модели предоставления космических услуг. Классическая логика космической деятельности строилась вокруг единичного дорогостоящего аппарата с длительным сроком активного существования. В этой логике главной задачей становилось максимизировать срок службы и надёжность каждого отдельного спутника, поскольку стоимость его изготовления, квалификации и выведения была крайне высока. Новая логика, формирующаяся вокруг серийных кубсатных группировок, смещает акцент: главным активом становится не отдельный аппарат, а поток услуг, генерируемый обновляемой сетью относительно недорогих стандартизированных платформ. В этой модели критическим параметром оказывается удельная стоимость одного аппарата и стоимость единицы производимых им данных или сервисов.

Именно снижение удельной стоимости одного аппарата делает возможным переход от единичных демонстрационных миссий к промышленному развёртыванию группировок, способных решать прикладные задачи на устойчивой коммерческой или государственно-коммерческой основе. Без такого снижения любые рассуждения о многоспутниковых системах на сверхнизких орбитах остаются теоретическими: группировка из десятков или сотен аппаратов при высокой стоимости единичного экземпляра быстро теряет экономический смысл. Поэтому центральным вопросом настоящей главы является не просто констатация преимуществ формата CubeSat, а анализ механизмов, за счёт

которых удельная стоимость может быть снижена до уровня, делающего серийное развёртывание рациональным, и оценка условий, при которых эти механизмы работают в российских реалиях.

1.1. Системные экономические ограничения отрасли и место удельной себестоимости

В списке системных проблем экономики космической деятельности стоимость изготовления изделия, а также расходы, связанные с содержанием эксплуатационной инфраструктуры (запуски, наземный сегмент, эксплуатация группировок), занимают первые строки. Речь идёт о структурных экономических и институциональных ограничениях, которые мешают отрасли работать эффективно и масштабироваться. Оценка весов влияния этих проблем носит экспертный и ориентировочный характер; приведённые ниже значения относятся в первую очередь к коммерческому сегменту орбитальных группировок и массовых сервисов на базе малых аппаратов. В научных и пилотируемых программах веса будут другими.

Таблица 1.1. Системные проблемы космической экономики и их связь с себестоимостью изделия (экспертная оценка для сегмента коммерческих группировок малых аппаратов)

Системная проблема
Важность

Оценка доли

Связь с себестоимостью изделия

Высокая стоимость запуска

Очень высокая

22–25 %

Часто сопоставима или выше стоимости аппарата

Высокая стоимость вхождения и риск капитала

Очень высокая

18–22 %

Снижение unit cost и NRE уменьшает потребность в капитале

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.