УДК 338.22 DOI: 10.14451/1.252.55

Сферы деятельности инновационного продукта и конкуренция в отрасли

© 2025 **Агалакова Анна Владимировна**
Кандидат экономических наук, доцент кафедры Организации и управления наукоемкими производствами. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, Россия, Красноярск.
E-mail: agalanna@yandex.ru

© 2025 **Агалакова Мария Дмитриевна**
Студент Института инженерной экономики. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, Россия, Красноярск.
E-mail: negodyayeva05@bk.ru

Ключевые слова: инновационная деятельность, композитный углепластик, конкуренция в отрасли, антенный рефлектор.

Современные запросы на высокотехнологичную отечественную продукцию как гражданского, так и военного назначения, обусловливают необходимость развития и в области авиационно-космической техники, в частности устройств, искривленных в двух измерениях для отражения, рефракции и дифракции или поляризации излучаемых антенной волн. Одна из проблем — изготовление прецизионных размеростабильных изделий сложной геометрической формы, а именно параболических антенных рефлекторов миллиметрового диапазона волн. Актуальной остается низкая устойчивость антенных рефлекторов за счет слабой жесткости эпоксидных композитов. В связи с чем необходимо создание инновационного метода, повышающего качество высокотехнологичной продукции в целом и путём повышения стойкости деталей, применяемых при сборке, что даст возможность предоставления гарантийного срока изделия на более продолжительное время. Статья содержит описание предлагаемого инновационного решения — антенного рефлектора из композитного углепластикового материала, позволяющего обеспечить потребность в высокой прочности, которая выдержит ранее не доступные нагрузки на изделие, что обеспечит расширение областей применения для изделия.

Помимо этого, возможно уменьшение риска поломки данного устройства, что снизит последующие затраты времени на его восстановление, а также денежные затраты на замену сломанной детали. Обеспечение клиенту гарантии высокого качества предлагаемого продукта будет ещё одним конкурентным преимуществом, обеспечивающим возможность превосходить в перспективе мировые аналоги. Такой подход будет также способствовать реализации, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 4 июля 2023 г. № 1789-р комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства».

Эксплуатация антенного рефлектора из композитного углепластикового материала обеспечивает термостабильность в условиях космического пространства, имеет сравнительно малую плотность

при одновременно высокой жёсткости и прочности. На основе этих аспектов предложена экономическая оценка стимулирования инновационной деятельности региональных научных организаций. Объект исследования — антенный рефлектор из композитного углепластикового материала. Предмет исследования — сферы применения и анализ конкуренции в отрасли производства инновационного антенного рефлектора из композитного углепластикового материала.

Антенные рефлекторы из композитного углепластикового материала представляют собой перспективное направление в развитии антенной техники, обусловленное рядом ключевых факторов.

В современных телекоммуникационных и космических системах возрастают требования к точности, стабильности и массе антенных систем [4]. Углепластиковые композиты, благодаря своим высоким удельным характеристикам, позволяют создавать рефлекторы с улучшенными параметрами по сравнению с традиционными материалами, такими как алюминий [1].

Использование углепластиковых рефлекторов обеспечивает следующие технические преимущества.

Высокую жесткость при малой массе: снижение массы антенны приводит к уменьшению затрат на запуск космических аппаратов и повышению эффективности наземных систем. Термическую стабильность: низкий коэффициент теплового расширения углепластика обеспечивает стабильность формы рефлектора в широком диапазоне температур, что критически важно для работы в космосе [3]. Возможность создания сложных форм: композитные материалы позволяют изготавливать рефлекторы сложной геометрии, оптимизированные для достижения требуемых характеристик диаграммы направленности.

Технологии изготовления углепластиковых рефлекторов постоянно совершенствуются, включая разработку новых методов формования и контроля качества. Одним из перспективных направлений является использование автоматизированной выкладки волокна (AFP) и автоматизированной ленточной укладки (ATL), позволяющих создавать рефлекторы с высокой точностью и повторяемостью [13]. Применение данных методов позволяет минимизировать ручной труд и повысить производительность, что особенно важно при серийном производстве.

Важным аспектом является разработка методов расчета и оптимизации структуры углепластиковых рефлекторов. Необходимо учитывать анизотропные свойства материала, температурные градиенты и механические нагрузки, действующие на рефлектор в процессе эксплуатации. Для этого применяются методы конечных элементов (МКЭ), позволяющие моделировать поведение конструкции и оптимизировать ее параметры [9].

Перспективы развития углепластиковых рефлекторов связаны с разработкой новых типов композитных материалов с улучшенными характеристиками. В частности, ведутся исследования по созданию углепластиков с повышенной теплопроводностью, что позволит улучшить теплоотвод от активных элементов антенны и повысить ее эффективность [15]. Также перспективным направлением является разработка самовосстанавливающихся композитных материалов, способных восстанавливать свою структуру после повреждений.

К сферам применения данного устройства относятся авиационная, автомобильная и космическая промышленность.

Современное состояние отрасли

Рынок антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала в последние годы демонстрирует устойчивый рост, обусловленный увеличением спроса на высокотехнологичные решения в телекоммуникациях, спутниковом интернете, аэрокосмической и оборонной промышленности. Основной драйвер развития —

стремительное расширение глобальных сетей связи, включая внедрение спутниковых систем низкой и средней орбиты (LEO и MEO), таких как Starlink, OneWeb и другие, которые требуют лёгких, прочных и термостабильных антенных конструкций. Углепластик, благодаря своим уникальным свойствам — высокому модулю упругости, низкой плотности, минимальному коэффициенту теплового расширения и устойчивости к коррозии — становится предпочтительным материалом для изготовления рефлекторов, особенно в условиях экстремальных температур и вакуума космического пространства [15].

В этой связи, ключевыми игроками рынка антенных рефлекторов из углепластика являются компании, обладающие компетенциями в области проектирования, материаловедения и производства композитных структур. Наблюдается тенденция к консолидации усилий между производителями углеволокна, разработчиками связующих и изготовителями готовых антенных систем, что позволяет оптимизировать производственные процессы и снижать себестоимость продукции. Примером может служить сотрудничество Toray Industries с рядом аэрокосмических предприятий, направленное на разработку новых марок углеволокна с улучшенными характеристиками для космических применений (Toray Industries Annual Report, 2022).

Технологический прогресс в области автоматизированной выкладки волокна (Automated Fiber Placement, AFP) и автоматизированной ленточной укладки (Automated Tape Laying, ATL) играет важную роль в повышении производительности и точности изготовления рефлекторов сложных геометрических форм. Использование роботизированных комплексов позволяет минимизировать человеческий фактор и обеспечить стабильное качество продукции, соответствующее строгим требованиям аэрокосмической отрасли. Исследования, опубликованные в журнале Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, демонстрируют, что применение AFP и ATL технологий позволяет сократить время производства крупногабаритных рефлекторов до 40% (Composites Part A, Vol. 152, 2022).

Однако, несмотря на очевидные преимущества углепластиковых рефлекторов, существуют и определенные вызовы. К ним относятся высокая стоимость углеволокна по сравнению с традиционными материалами, сложность обеспечения высокой точности поверхности при изготовлении крупногабаритных конструкций, а также необходимость разработки эффективных методов неразрушающего контроля для выявления дефектов на ранних стадиях производства.

Перспективы развития рынка связаны с расширением применения новых типов углеволокна, таких как волокна на основе мезофазного пека, обладающие еще более высоким модулем упругости и термостойкостью, а также с разработкой новых связующих, обеспечивающих повышенную устойчивость к радиации и воздействию агрессивных сред. Дальнейшее развитие технологий аддитивного производства (3D-печати) композитных материалов также может открыть новые возможности для изготовления рефлекторов сложной формы с интегрированной функциональностью.

Рынок антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала (CFRP) находится на этапе активного технологического развития, обусловленного растущими требованиями к производительности, лёгкости, точности и надёжности антенных систем в космической, телекоммуникационной и оборонной сферах. Основные тенденции, определяющие дальнейшее развитие технологии, охватывают как материалы и производственные процессы, так и архитектуру антенных систем. Ниже представлены ключевые направления эволюции [2]:

1) Повышение термомеханической стабильности и точности поверхности.

Одной из главных задач остаётся обеспечение высочайшей геометрической стабильности рефлектора в условиях экстремальных температурных перепадов, особенно в космосе. Современные разработки направлены на создание ультранизкотемпературных композитов с коэффициентом теплового расширения (CTE), близким к нулю. Это достигается за счёт оптимизации

ориентации углеродных волокон, применения матриц с заданными термическими свойствами и внедрения наномодификаторов (например, нанотрубок или графена). Такие материалы позволяют избежать деформации поверхности рефлектора, что критично для работы в Ка-диапазоне и выше, где длина волны мала, а требования к точности жёсткие.

2) Интеграция функциональных возможностей (мультиматериалы и «умные» структуры).

Будущее развитие связано с переходом от пассивных конструкций к «умным» рефлекторам, способным адаптироваться к внешним условиям. Ведутся исследования в области:

- активной термокомпенсации — использование встроенных нагревателей или термоэлектрических элементов для контроля формы поверхности;
- встраивания сенсоров (тензодатчики, температурные датчики) для мониторинга состояния конструкции в реальном времени;
- интеграции проводящих путей и элементов управления непосредственно в структуру композита, что позволяет снизить массу и упростить сборку.

Такие «умные» композиты открывают путь к самодиагностике и саморегулированию антенных систем.

3) Развитие аддитивных технологий и гибридного производства.

3D-печать и аддитивное производство (AM) всё активнее интегрируются в изготовление компонентов рефлекторов. Особенно перспективна 3D-печать сэндвич-структур и каркасов с использованием углепластика, что позволяет создавать сложные геометрии с минимальным весом и высокой жёсткостью. Гибридные подходы — сочетание 3D-печати с традиционным формованием — позволяют изготавливать интегрированные конструкции, в которых облучатель, крепления и рефлектор выполнены как единое целое, снижая количество соединений и потенциальные точки отказа.

4) Миниатюризация и разворачиваемые конструкции для LEO-спутников.

С ростом числа спутников на низкой околоземной орбите (LEO), таких как Starlink, OneWeb и др., возрастает спрос на сверхлёгкие, компактные и разворачиваемые антенные системы. Углепластик идеально подходит для создания складных, сегментированных или зонтичных рефлекторов, которые в сложенном виде занимают минимальный объём, а в рабочем — обеспечивают большую апертуру. Здесь ключевыми становятся гибкие композитные петли, структуры с эффектом памяти формы и автоматизированные механизмы раскрытия.

5) Автоматизация и цифровизация производства.

Производство углепластиковых рефлекторов становится всё более автоматизированным. Широко применяются:

- автоматическая укладка волокон (AFP, ATL) — для точного контроля ориентации и плотности волокон;
- цифровое моделирование (цифровые двойники) — для прогнозирования поведения конструкции в условиях эксплуатации;
- контроль качества в реальном времени с помощью термографии, лазерного сканирования и ИИ-алгоритмов.

Это позволяет сократить брак, повысить повторяемость и снизить стоимость при масштабном производстве.

6) Экологичность и переработка композитов.

Одной из вызывающих всё больше внимания проблем остаётся утилизация и переработка углепластика, который традиционно трудно поддаётся переработке. Ведутся разработки термопластичных матриц, которые можно плавить и повторно использовать, а также химические методы деградации связующего. В перспективе это позволит создавать более устойчивые производственные циклы и соответствовать экологическим стандартам, особенно в Европе.

7) Массовое производство и снижение стоимости.

Ранее углепластиковые рефлекторы были доступны в основном для мегаспутников и научных миссий. Сейчас, с ростом рынка малых и наноспутников, идёт тенденция к серийному производству композитных рефлекторов. Это требует разработки более дешёвых технологий (например, безавтоклавное формование), унификации конструкций и масштабирования производственных линий. Цель — сделать высокопроизводительные антенны доступными для коммерческих LEO-созвездий.

8) Интеграция с фазированными решётками и активными системами.

Будущее — за гибридными антенными системами, где пассивный рефлектор сочетается с активными элементами. Например, рефлекторы с активным управлением лучом (например, с использованием метаповерхностей или подстраиваемых облучателей) позволяют динамически изменять диаграмму направленности без механического поворота. Углепластик в таких системах служит не только несущей конструкцией, но и платформой для интеграции электроники.

Развитие рынка антенных рефлекторов из углепластика идёт по пути повышения функциональности, снижения массы и стоимости, а также увеличения степени интеграции и автоматизации. Углепластик остаётся ключевым материалом для передовых антенных систем, а его будущее связано с конвергенцией материаловедения, робототехники, цифрового инжиниринга и экологически устойчивых технологий. В ближайшие годы ожидается переход от «высокотехнологичных единичных изделий» к масштабируемым, адаптивным и «умным» антенным платформам, способным отвечать вызовам спутниковой связи нового поколения, включая 6G, глобальный интернет и космическую навигацию [5].

Перспективное состояние предложения на рынке антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала (CFRP) в ближайшие 5–10 лет будет определяться стремительным ростом спроса со стороны быстро развивающихся сегментов космической индустрии, телекоммуникаций и оборонных технологий, что, в свою очередь, трансформирует структуру и качество предложения. Ожидается переход от узкоспециализированного, мелкосерийного производства к масштабируемому, автоматизированному и технологически интегрированному, что сделает углепластиковые рефлекторы более доступными, точными и функциональными.

Во-первых, предложение будет расширяться за счёт роста числа производителей, включая как традиционных аэрокосмических гигантов, так и новых игроков — частных компаний, стартапов и предприятий, ориентированных на импортозамещение. Особенно активно этот процесс будет происходить в странах, стремящихся к технологической независимости: России, Китае, Индии, странах Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии. Это приведёт к географической диверсификации поставок и снижению зависимости от западных производителей, что станет важным фактором устойчивости цепочек поставок.

Во-вторых, ключевой трансформацией станет смещение акцента с единичного производства на серийное и массовое. С развитием LEO-созвездий (Starlink, Kuiper, OneWeb, «Сфера» и др.), требующих десятков и сотен спутников, возрастает потребность в высокоскоростном, повторяемом и недорогом производстве. Это стимулирует внедрение автоматизированных линий с использованием технологий автоматической укладки волокон (AFP/ATL), систем управления производством (MES), безавтоклавного формования (OOA) и аддитивных методов. Предложение будет всё больше ориентироваться на унифицированные, модульные конструкции, позволяющие быстро адаптировать рефлекторы под разные платформы.

В-третьих, ожидается повышение функциональной сложности рефлекторов. Будущее — за «умными» композитными структурами, в которые интегрированы датчики температуры, деформации и системы активной коррекции формы. Появятся рефлекторы с встроенными нагревательными элементами, метаповерхностями для управления диаграммой направленности и возможностью самодиагностики. Это сделает продукт

не просто пассивным отражателем, а активным элементом антенной подсистемы, что повысит его ценность и востребованность в высокоточных приложениях.

В-четвёртых, технологии производства станут более экологичными и устойчивыми. Растущее давление со стороны регуляторов и заказчиков на «зелёный космос» приведёт к увеличению доли термопластичных матриц, которые можно перерабатывать, в отличие от традиционных термореактивных смол. Будет развиваться переработка отходов углепластика, а также использование локальных, импортозамещённых материалов (связующие, сотовые заполнители), что снизит стоимость и укрепит национальные производственные цепочки.

В-пятых, конкуренция на рынке сместится от чисто технических характеристик к комплексным параметрам: соотношению «цена — качество — срок поставки», уровню цифровизации, гибкости и способности к интеграции. Успешными окажутся те производители, которые предложат не просто рефлектор, а полный цифровой цикл — от CAD-модели до 3D-сканирования готового изделия, включая цифровые двойники и прогнозирование поведения в эксплуатации. Это повысит доверие заказчиков и сократит время квалификации.

Наконец, предложение будет всё более сегментированным:

- Высокоточные рефлекторы для научных и разведывательных спутников (сверхнизкий CTE, активная коррекция);
- Серийные рефлекторы для LEO-созвездий (лёгкие, компактные, недорогие);
- Разворачиваемые и складные конструкции для мини- и наноспутников;
- Гибридные системы, сочетающие рефлекторы с фазированными решётками.

Таким образом, перспективное состояние предложения на рынке антенных рефлекторов из углепластика характеризуется технологической зрелостью, массовостью, функциональной интеграцией и глобальной доступностью. Рынок переходит от нишевого, ориентированного на государственные программы, к динамичному, коммерциализированному и инновационному, где ключевыми факторами успеха становятся скорость, масштабируемость, автоматизация и технологическая независимость. Производители, способные оперативно адаптироваться к этим изменениям, займут лидирующие позиции в новой эпохе спутниковой связи и космической инфраструктуры.

Углепластик (CFRP) стал ключевым материалом в производстве антенных рефлекторов благодаря уникальному сочетанию физико-механических свойств: чрезвычайно низкой плотности, высокой жёсткости, минимального коэффициента теплового расширения (CTE), устойчивости к коррозии и длительной эксплуатации в агрессивных условиях, включая вакуум, перепады температур и радиационное воздействие космического пространства. Эти характеристики делают углепластик идеальным выбором для применения в аэрокосмической, телекоммуникационной и оборонной отраслях, где критичны масса, стабильность формы и точность отражения электромагнитных волн [11].

Производство сосредоточено в основном у крупных аэрокосмических корпораций и государственных предприятий (Airbus, Northrop Grumman, Beyond Gravity, Mitsubishi Electric, АО «РТИ Системы управления» и др.), однако наблюдается рост числа частных и технологических компаний, предлагающих специализированные решения. Географически предложение распределено между Европой, Северной Америкой, Азией и Россией, при этом ведётся активная локализация производственных цепочек в условиях импортозамещения и геополитической нестабильности.

В целом, рынок характеризуется высокой барьерностью входа из-за необходимости наличия сертифицированных производственных мощностей, глубокой экспертизы в области композитов и электромагнетизма, а также требований к летной квалификации. При этом наблюдается тенденция к снижению стоимости за счёт

автоматизации, унификации и безавтоклавных технологий. Предложение становится всё более цифровизированным, адаптивным и ориентированным на интеграцию, что отражает общий тренд на массовую, устойчивую и высокотехнологичную космическую инфраструктуру будущего [12].

Текущее состояние спроса на антенные рефлекторы из композитного углепластикового материала характеризуется устойчивым ростом, обусловленным активным развитием спутниковых систем связи, расширением глобальных телекоммуникационных сетей и увеличением числа космических миссий как государственного, так и коммерческого назначения. Основной спрос формируется со стороны аэрокосмической отрасли, включая производителей спутников связи, навигационных и разведывательных аппаратов, а также разработчиков систем дистанционного зондирования Земли. В настоящее время спрос сосредоточен в основном на единичных и мелкосерийных поставках для GEO-спутников и специализированных миссий, где ключевыми заказчиками выступают государственные космические агентства (Роскосмос, ESA, NASA, JAXA), оборонные структуры и крупные телекоммуникационные операторы. Однако всё большую долю занимает коммерческий сектор, включая частные космические компании, реализующие LEO-созвездия, такие как Starlink, OneWeb и проект «Сфера» в России, что стимулирует переход от ручного производства к более автоматизированным и масштабируемым решениям [8].

В перспективе спрос на антенные рефлекторы из углепластика ожидает значительный рост, обусловленный несколькими ключевыми факторами. Во-первых, продолжится экспансия спутниковых систем широкополосного доступа в интернет, особенно в удалённых и труднодоступных регионах, что потребует десятков тысяч новых спутников с высокочувствительными антенными системами. Во-вторых, развитие технологий 5G и будущих сетей 6G будет стимулировать применение композитных рефлекторов не только в космосе, но и в наземных станциях связи, особенно в диапазонах миллиметровых волн, где критична точность и стабильность формы. В-третьих, растёт интерес к миниатюризации и повышению функциональности спутников — в частности, к нано- и микроспутникам, которые требуют лёгких, компактных и высокоточных рефлекторов, часто с возможностью складывания и разворачивания. Это создаёт спрос на инновационные конструкции, включая сотовые сэндвич-панели, гибкие композиты и разворачиваемые системы. В-четвёртых, усиление геополитической напряжённости и стремление стран к технологической независимости способствует росту внутреннего производства, включая импортозамещение в области критически важных компонентов, таких как антенные рефлекторы, что открывает возможности для локальных производителей в России, Китае, Индии, ОАЭ и других странах.

В целом, перспективное состояние спроса указывает на переход от нишевого, ориентированного на госзаказ сегмента к динамичному, коммерциализированному и технологически насыщенному рынку, где ключевыми драйверами станут скорость вывода продукции, масштабируемость, энергоэффективность и технологическая автономия. Таким образом, спрос на антенные рефлекторы из углепластика будет не только расти количественно, но и усложняться качественно, формируя устойчивую основу для развития передового композитного производства в глобальной космической индустрии.

Конкурентная среда отрасли

На рынке антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала существует ряд признанных международных и отечественных компаний, которые активно разрабатывают и производят высокотехнологичные решения для аэрокосмической, телекоммуникационной и оборонной отраслей. Среди ключевых конкурентов можно выделить следующих шесть производителей:

1) Airbus Defence and Space (Европа).

Один из мировых лидеров в производстве спутниковых антенных систем, включая рефлекторы

из углепластика. Компания разрабатывает как жёсткие, так и разворачиваемые конструкции для гражданских и военных спутников. Отличается глубокой интеграцией в европейские космические программы (например, Galileo, Copernicus) и высоким уровнем вертикальной интеграции.

2) Northrop Grumman Corporation (США).

Активно участвует в создании антенных систем для военных и разведывательных спутников, включая крупногабаритные разворачиваемые рефлекторы. Использует передовые композитные технологии, в том числе сотовые структуры и активные системы коррекции формы. Имеет сильные позиции в программах Министерства обороны США.

3) Harris Corporation (L3Harris Technologies) (США).

Специализируется на антеннах для спутниковой связи, включая Ka- и Ku-диапазоны. Производит композитные рефлекторы для коммерческих и военных LEO- и GEO-спутников. Отличается гибкостью в проектировании и быстрым циклом разработки, что важно для новых космических созвездий.

4) Mitsubishi Electric Corporation (Япония).

Крупный игрок на азиатском рынке, поставляющий антенные системы для японских спутников связи и наблюдения. Использует собственные технологии композитного формования и термокомпенсации. Отличается высокой точностью и надёжностью изделий, что подтверждается успешными миссиями JAXA.

5) RUAG Space (ныне Beyond Gravity, Швейцария).

Специализируется на производстве антенных рефлекторов и разворачиваемых систем для европейских и международных космических программ. Входит в число основных поставщиков для ESA и ArianeGroup. Известен своими инновационными решениями в области складных углепластиковых конструкций.

6) АО «РТИ Системы управления» (Россия).

Занимается разработкой и производством антенных рефлекторов для военных, авиационных и космических применений.

Одна из основных технологий — это применение углепластика, стеклопластика, сэндвич-структур. Возможна интеграция с активными элементами (например, в фазированных решётках).

Особенности: Фокус на оборонные заказы, включая БПЛА, самолёты и спутники двойного назначения. Активно развивает собственные композитные лаборатории и производственные линии.

Конкурентная среда на рынке антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала формируется под влиянием множества технических, экономических и стратегических параметров. Основным фактором является высокая барьерность входа, обусловленная сложностью технологий, необходимостью наличия сертифицированных производственных мощностей, глубокой экспертизы в области композитов и электромагнитных характеристик. Ключевыми параметрами, определяющими конкурентоспособность, являются точность геометрии поверхности рефлектора (обычно в пределах 10–50 мкм), термостабильность (низкий коэффициент теплового расширения), масса конструкции, жёсткость при минимальном весе, долговечность в условиях космоса (устойчивость к УФ-излучению, вакууму, микрометеоритам) и электрические характеристики (высокий коэффициент отражения в требуемом диапазоне частот) [14].

Не менее важны сроки разработки и производственные мощности, особенно в контексте массового вывода LEO-спутников, где требуется не единичное производство, а серийные поставки. Стоимость изделия становится всё более критичным фактором: если ранее доминировали требования к надёжности и точности, то сейчас с ростом коммерциализации космоса возрастает давление на цену, что стимулирует внедрение безавтоклавных технологий, автоматизации и унификации конструкций.

Дополнительными параметрами являются наличие сертификации (например, по стандартам ESA, NASA, ГОСТ РВ), опыт участия в космических миссиях, уровень вертикальной интеграции (возможность поставки не только рефлектора, но и всей антенной подсистемы), а также геополитическая доступность — в условиях санкций и ограничений на поставку высокотехнологичной продукции, локализация цепочек поставок и технологическая независимость становятся стратегическими преимуществами.

Таким образом, конкурентная борьба ведётся не только за техническое превосходство, но и за гибкость, масштабируемость, скорость вывода продукта на рынок и соответствие требованиям импортозамещения, особенно в национальных космических программах. Успешный игрок должен сочетать глубокую инженерную экспертизу с эффективным производством и стратегическим позиционированием в глобальной экосистеме спутниковой индустрии.

Конкурентная среда в сегменте производства антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала географически охватывает ключевые центры аэрокосмической промышленности мира, включая Европу, Северную Америку, Азию и Россию. Среди ведущих игроков — Airbus Defence and Space, чьи основные производственные и исследовательские мощности сосредоточены в Европе, в частности во Франции (Тулуза), Германии (Бремен, Мюнхен) и Великобритании (Стивенидж), что обеспечивает интеграцию компетенций нескольких стран ЕС в рамках единой космической программы. Ещё один крупный игрок — Northrop Grumman Corporation, базирующийся в США, с ключевыми производственными центрами в Калифорнии (Редондо-Бич, Азуса) и Вирджинии (Фолс-Черч), где разрабатываются и изготавливаются передовые антенные системы для военных и разведывательных спутников. L3Harris Technologies, также расположенная в США, сосредоточена в основном во Флориде — в Мельбурне и Клирвотере, где специализируется на производстве антенных рефлекторов из углепластика для коммерческих и оборонных спутников, включая системы спутниковой связи. В азиатском регионе ключевую роль играет Mitsubishi Electric Corporation из Японии, чьи производственные и научно-исследовательские центры находятся в Токио, Кобе и Амакасу (префектура Хиого), а компания активно участвует в национальных космических программах при поддержке JAXA. Ещё один значимый европейский производитель — Beyond Gravity (бывшая RUAG Space), штаб-квартира которой находится в Цюрихе (Швейцария), а производственные площадки охватывают Гётеборг (Швеция), Бремен (Германия) и ранее использовавшиеся мощности в Дунаевцах (Украина), что делает её важным поставщиком антенных систем и разворачиваемых конструкций для европейской космической индустрии. В России ключевым конкурентом выступает АО «РТИ Системы управления», входящее в структуру «Ростех», с центральными офисами и производственными подразделениями в Москве, а также с активностью в регионах — Казани, Новосибирске и Ульяновске, где компания разрабатывает и производит антенные системы для военных, космических и гражданских применений с использованием композитных материалов, включая углепластик. Таким образом, глобальное распределение конкурентов отражает геополитическую и технологическую структуру космической отрасли, где Европа, США и Япония сохраняют лидерство в масштабном и высокотехнологичном производстве, а Россия развивает собственные компетенции в условиях импортозамещения и роста спроса на независимые решения в области спутниковых антенных систем [7].

Рынок антенных рефлекторов из композитных углепластиковых материалов (CFRP) в подавляющей степени является B2B (Business-to-Business) и B2G (Business-to-Government), в то время как B2C (Business-to-Consumer) сегмент отсутствует как таковой. Ниже разберем подробное описание каждого сегмента:

B2B (Business-to-Business) — основной и наиболее развитый сегмент рынка.

В этом сегменте производители антенных рефлекторов из углепластика поставляют свою продукцию другим компаниям — системным интеграторам, производителям спутников, телекоммуникационным операторам и разработчикам радиоэлектронных систем. Клиентами выступают такие компании, как Airbus, Boeing, Maxar Technologies, OneWeb, SpaceX (для поставок компонентов сторонних поставщиков), а также российские и азиатские космические корпорации. Рефлекторы интегрируются в состав антенных подсистем, которые затем устанавливаются на спутники, летательные аппараты или наземные станции. B2B-взаимодействие включает долгосрочные контракты, техническое сопровождение, совместную разработку и сертификацию изделий. Важными факторами являются качество, соответствие стандартам (например, ECSS, NASA-STD), сроки поставки и возможность масштабирования производства.

B2G (Business-to-Government) — второй по значимости сегмент, особенно в аэрокосмической и оборонной отраслях.

Сюда входят поставки государственным заказчикам: космическим агентствам (например, Роскосмос, ESA, NASA, JAXA), министерствам обороны, военным структурам и национальным операторам связи. Государственные программы по развитию спутниковых систем связи, навигации (ГЛОНАСС, Galileo), разведки, радиолокации и раннего предупреждения формируют устойчивый спрос на высокоточные и надёжные рефлекторы из углепластика. В этом сегменте ключевыми критериями являются соответствие техническим заданиям, прохождение строгой квалификации, обеспечение технологической независимости и импортозамещения. Часто такие контракты носят закрытый характер и предполагают высокий уровень доверия и долгосрочное партнёрство.

B2C (Business-to-Consumer) — такого сегмента нет.

Антенные рефлекторы из композитного углепластика не предназначены для прямых продаж конечным потребителям. Они являются узкоспециализированными компонентами высокотехнологичных систем, требующими сложного монтажа, интеграции и эксплуатации в профессиональной среде. Бытовые спутниковые антенны (например, для приёма телевидения) изготавливаются из алюминия или пластика и не используют углепластик из-за высокой стоимости и избыточных характеристик. Даже в рамках потребительских LEO-систем (например, Starlink) конечный пользователь получает готовое устройство (фазированную антенну), а не отдельные компоненты, такие как рефлекторы. Таким образом, прямых продаж физическим лицам не происходит, и B2C-сегмент на этом рынке отсутствует [6].

Дополнительные ниши (в рамках B2B/B2G):

- Академические и исследовательские организации — заказывают прототипы рефлекторов для экспериментальных спутников (наноспутники CubeSat).
- Частные космические компании — такие как Planet Labs, Rocket Lab, Relativity Space, также входят в B2B-сегмент как интеграторы.
- Производители оборудования для 5G/6G наземных станций — начинают рассматривать композитные рефлекторы для высокоуровневых базовых станций, что формирует новую нишу в B2B.

Рынок антенных рефлекторов из композитного углепластика полностью ориентирован на B2B и B2G-сегменты, где доминируют профессиональные заказчики — космические корпорации, государственные структуры и военные ведомства. B2C-сегмент отсутствует, поскольку продукт не предназначен для конечного потребителя и не может быть использован автономно без интеграции в сложные технические системы.

Детальное описание текущей и формирующейся конкурентной среды.

Конкурентная среда на рынке антенных рефлекторов из композитного углепластикового материала представлена рядом ведущих международных и отечественных компаний, обладающих высоким уровнем технологической зрелости, глубокой интеграцией в национальные и международные космические программы, а также

собственными производственными мощностями и научно-исследовательскими центрами. Среди ключевых игроков выделяются шесть компаний, каждая из которых имеет свои особенности в подходе к проектированию, производству и сегментированию рынка [10].

Airbus Defence and Space — один из крупнейших европейских разработчиков и производителей космических систем, включая антенные рефлекторы из углепластика. Штаб-квартира и основные производственные мощности расположены в Тулузе (Франция), Бремене и Мюнхене (Германия), Стивенидж (Великобритания). Компания активно участвует в программах Европейского космического агентства (ESA), включая Galileo, Copernicus, а также в коммерческих спутниковых проектах. Airbus использует передовые технологии автоклавного формования, автоматизированной укладки волокон (AFP) и сэндвич-структур на основе углепластика с сотовым заполнителем. Отличительной чертой является высокая степень вертикальной интеграции и собственная система контроля качества, соответствующая стандартам ECSS. Рефлекторы Airbus применяются как в GEO-спутниках, так и в LEO-созвездиях, включая телекоммуникационные и научные аппараты.

Northrop Grumman Corporation — американский лидер в области оборонных и разведывательных космических систем. Основные центры по производству антенных рефлекторов находятся в Редондо-Бич и Азуса (Калифорния), а также в Вирджинии. Компания специализируется на разработке высокоточных, разворачиваемых и активных антенных систем для секретных военных спутников. Использует инновационные композитные конструкции с ультранизким коэффициентом теплового расширения, что обеспечивает стабильность формы в экстремальных условиях. Northrop Grumman активно внедряет технологии с автоматизированной укладкой волокон, термокомпенсирующими слоями и встроенными сенсорами. В отличие от коммерческих игроков, делает акцент на надёжность, скрытность и устойчивость к радиационным нагрузкам, что определяет высокую стоимость и закрытость технологий.

L3Harris Technologies — результат объединения Harris Corporation и L3 Technologies, является одним из ключевых поставщиков антенных систем для гражданских и военных спутников в США. Основные производственные площадки сосредоточены в Мельбурне и Клирвотере (Флорида). Компания производит как жёсткие, так и складные рефлекторы из углепластика для спутников связи в Ku-, Ka- и X-диапазонах. L3Harris отличается гибкостью в проектировании, быстрым циклом разработки и ориентацией на массовое производство, что делает её привлекательным партнёром для коммерческих LEO-проектов. Используются как автоклавные, так и безавтоклавные технологии (OOA), что позволяет снизить стоимость при сохранении высокого качества. Компания активно участвует в программах Министерства обороны США и NASA, а также поставляет оборудование для частных космических компаний.

Mitsubishi Electric Corporation — ведущий японский производитель космической электроники и антенных систем. Основные мощности находятся в Токио, Кобе и Амакасу (префектура Хиого). Компания тесно сотрудничает с JAXA и поставляет рефлекторы для спутников дистанционного зондирования, связи и навигации. Технологическая база включает высокоточное формование углепластика, термостабильные композиты и сэндвич-конструкции. Mitsubishi делает акцент на высокую точность поверхности (до 10–20 мкм) и долговечность в условиях космоса. Производство характеризуется высокой степенью автоматизации и контролем качества, но масштабы остаются сравнительно небольшими, что связано с ограниченным объёмом национальных программ. Тем не менее, компания считается эталоном надёжности и точности в азиатском регионе.

Beyond Gravity (бывшая RUAG Space) — швейцарская компания, ранее входившая в швейцарско-шведскую группу, специализирующаяся на антенных рефлекторах и разворачиваемых системах. Основные производственные площадки — Цюрих (Швейцария), Гётеборг (Швеция), Бремен (Германия). Beyond Gravity является одним из ключевых поставщиков для ArianeGroup, ESA

и европейских спутниковых операторов. Компания разрабатывает как компактные офсетные рефлекторы, так и крупногабаритные разворачиваемые конструкции по типу «зонтик». Использует углепластик с сотовым заполнителем, автоклавное формование и инновационные механизмы раскрытия. Отличается высокой экспертизой в области складных систем и активно участвует в LEO-проектах. После ребрендинга в Beyond Gravity компания делает ставку на устойчивое развитие и «зелёный космос», включая переработку композитов.

АО «РТИ Системы управления» — российская компания, входящая в Госкорпорацию «Ростех», специализирующаяся на разработке и производстве антенных систем для военных, космических и гражданских применений. Центральные офисы и производственные подразделения расположены в Москве, Казани, Новосибирске и Ульяновске. Компания производит антенные рефлекторы из композитных материалов, включая углепластик, для спутников связи, БПЛА, самолётов и наземных станций. Технологический уровень включает автоклавное формование, ручную и частично автоматизированную укладку волокон, металлизацию поверхности. Акцент делается на импортозамещение, технологическую независимость и соответствие требованиям Минобороны и Роскосмоса. Производство ориентировано на единичные и мелкосерийные заказы, с меньшей степенью автоматизации по сравнению с западными аналогами, но с растущим интересом к цифровизации и масштабированию.

Далее в таблице представлена сравнительная характеристика конкурентов на рынке антенных рефлекторов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика конкурентов.

Компания	География	Основные заказчики	Технологии производства	Особенности	Сегменты рынка
Airbus Defence and Space	Европа (Франция, Германия, Великобритания)	ESA, коммерческие спутниковые операторы, Минобороны стран ЕС	Автоклавное формование, AFP, сэндвич-структуры	Высокая вертикальная интеграция, соответствие ECSS, массовое производство	B2G, B2B
Northrop Grumman	США	Минобороны США, разведывательные агентства	Автоклав, AFP, активные композиты, термокомпенсация	Закрытые технологии, высокая надёжность, фокус на оборону	B2G
L3Harris Technologies	США	Минобороны США, NASA, коммерческие LEO-проекты	Автоклав, OOA, частичная автоматизация	Гибкость, быстрая разработка, ориентация на серию	B2G, B2B
Mitsubishi Electric	Япония	JAXA, правительственные структуры	Автоклав, высокоточное формование, термостабильные композиты	Высокая точность, надёжность, небольшие объёмы	B2G, B2B

Продолжение на следующей странице

Таблица 1. Сравнительная характеристика конкурентов. (Продолжение таблицы)

Компания	География	Основные заказчики	Технологии производства	Особенности	Сегменты рынка
Beyond Gravity	Европа (Швейцария, Швеция, Германия)	ESA, ArianeGroup, коммерческие операторы	Автоклав, складные конструкции, сотовые заполнители	Экспертиза в разворачиваемых системах, фокус на устойчивость	B2G, B2B
АО «РТИ Системы управления»	Россия (Москва, Казань, Новосибирск)	Минобороны РФ, Роскосмос, силовые структуры	Автоклав, ручная/частичная укладка, импортозамещение	Технологическая независимость, фокус на оборону и госзаказ	B2G, B2B

Данные таблицы демонстрируют, что все конкуренты работают в сегментах B2B и B2G, обладают высокой технологической базой, но различаются по степени автоматизации, масштабу производства, географической привязке и стратегическим приоритетам. Российский рынок, представленный «РТИ Системы управления», имеет потенциал для роста, особенно в условиях импортозамещения, однако отстаёт в автоматизации и массовом производстве

Таким образом, маркетинговые исследования рынка позволили определить потенциальных потребителей и их потребности. Изучен текущий спрос на композитные антенные рефлекторы, выявлены основные области применения и определены конкурентные преимущества предлагаемой продукции. Проведен анализ и описание основных конкурентов рынка предлагаемого инновационного устройства.

Создание инновационных предприятий, использующих современные технологии в производственных, организационных и управленческих процессах, позволяет вывести на рынок товары, обладающие высоким уровнем качества выпускаемой продукции, низкий уровень (относительно рынка) производственных затрат, высоким уровнем прибыли.

Применение углепластиковых композитов в антенных рефлекторах является актуальным направлением, позволяющим удовлетворить растущие требования к современным антенным системам.

Библиографический список

1. *Алина Б.* Импортозамещение в России: востребованные ниши для бизнеса в 2022 году. — URL: https://www.business.ru/article/4087-importozameshchenie-2022.
2. Вакуумное формование. — URL: https://proplast.ru/manuals/vakuumnoe-formovanie.
3. Виды потребителей на рынке / Лекции.Орг. — URL: https://lektsii.org/3-86731.html.
4. Инновационный проект как объект управления / Freepapers. — URL: https://www.freepapers.ru/71/innovacionnyj-proekt-kak-obekt-upravleniya/264139.1741614.list1.html.
5. *Карпова С. В.* Инновационный маркетинг : учебник для бакалавриата и магистратуры. — 2018.
6. *Кербер М. Л.* Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. — 2018.
7. *Ким В. С.*, *Шерышев М. А.* Оборудование и инструменты для изготовления изделий из полимерных композитов. В 2 ч. Часть 1. — 2-е изд. — М. : Юрайт, 2019.
8. *Короткова Т. Л.* Маркетинг инноваций : учебник и практикум для академического бакалавриата. — 2018.
9. Патентные исследования / StudFilis. — URL: https://studfile.net/preview/2152748.
10. *Перепелкин К. Е.* Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. — СПб. : Профессия, 2015.
11. *Рубаник Е. А.*, *Щербакова Е. Г.* Особенности сбыта инновационной продукции // Альманах современной науки и образования. — 2014. — 1 (80).
12. *Рыжикова Т. Н.* Маркетинг инноваций: проблемы инновационного развития // Экономика, налоги, право. — 2015. — № 4.

13. *Савченко И. В.* Выведение инновационных продуктов на рынок: особенности и проблемы // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). — 2016. — 4 (28). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vyvedenie-innovatsionnyh-produktov-na-rynok-osobennosti-i-problemy.
14. *Спиридонова Л. С.* Ключевые этапы управления сбытом инновационной продукции // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5 «Экономика». — 2010. — № 5.
15. Федеральный институт промышленной собственности / ФИПС. — URL: https://www1.fips.ru.