

## **Двигатели сверхмалых космических аппаратов**

ООО «Д-Старт»

Генеральный директор Новосельцев Д.А.

ООО «Д-Старт»

ИНН 5501264941,

+7 (913) 614-91-97, [danovoseltsev@mail.ru](mailto:danovoseltsev@mail.ru)

<https://www.facebook.com/groups/786495488481489>



**Проект «Двигатели сверхмалых космических аппаратов», помогающий пользователям – множественным «бюджетным» участникам космической деятельности, юридическим и физическим лицам, решать проблемы организации доступных операций и маневров их космических аппаратов в космосе при помощи семейства двигателей с внешними источниками энергии «Д-Старт» и смежных технических решений, базирующихся на технологии импульсных кинетических двигателей.**

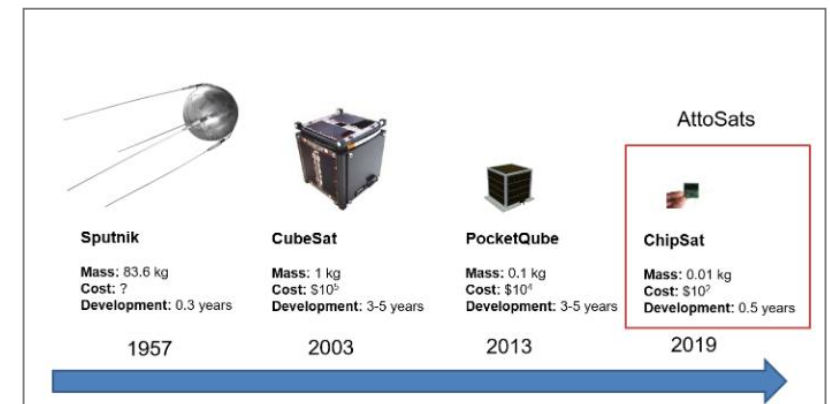
# Актуальность продукта/технологии. Обозначение проблемы

- Космические аппараты массового традиционного, условно «бюджетного» формата CubSat имеют массу от 1 кг и стоимость от миллионов рублей.
- В последнее десятилетие XXI века минимальная масса и стоимость космических аппаратов (фемто-класс, ChipSat) уменьшилась на несколько порядков (до граммов и десятков тысяч рублей) – соответственно, возросла их доступность для пользователей.
- Но для доступных космических аппаратов фемто-класса (массой в граммы и по цене смартфона) не существует двигателей.
- Они неспособны к самостоятельным маневрам, возможности применения ограничены, запуск неоптимален.

- **Проблема:**

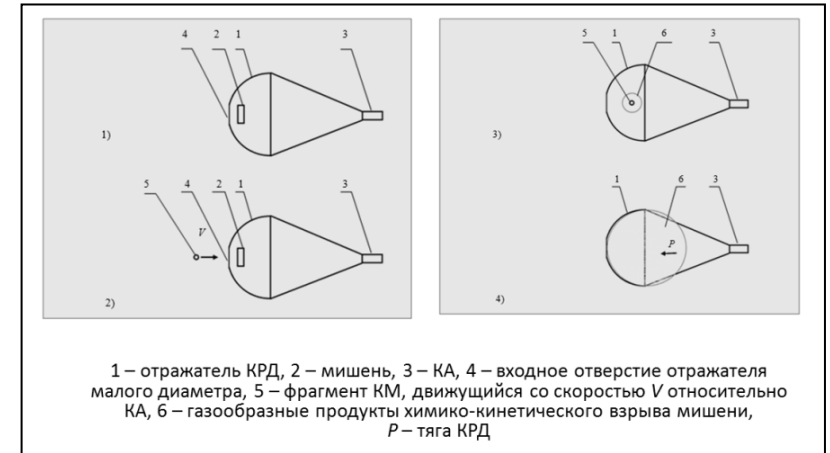
- Ограниченные возможности применения.
- Дорогой «пакетный» запуск.
- Проблема поддержания орбит.
- Проблема деорбитинга, засорение космоса мелким мусором...

**Ограничения для конечных пользователей.**



# Решение проблемы

- Предлагается концепция импульсного двигателя с внешним источником энергии с возможностью неограниченного масштабирования «вниз» и семейство двигателей «Д-Старт».
- Предусмотрена потенциальная возможность использования космического мусора как источника энергии.



УДК 629.7 / 629.7.038

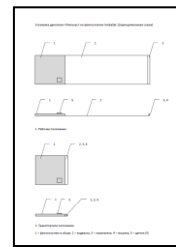
DOI: 10.21046/spacedebris2019-217-229

**О ВОЗМОЖНОСТИ РАЦИОНАЛЬНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ФРАГМЕНТОВ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИНЕТИЧЕСКИХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

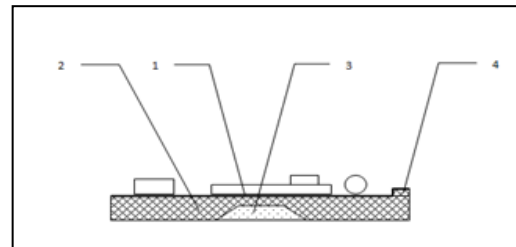
*Д. А. Новосельцев*



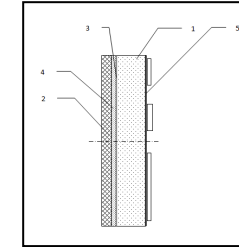
Солнечный парус



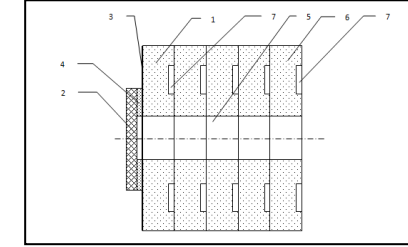
«Импульс-С»



«Импульс-Т, ТС»



«Импульс-А»



«Блок», «Диск»...

$P$

?

# Уровень готовности разработки

## Термосублимационные и термокаталитические двигатели («Импульс»)

- Август- сентябрь 2021 г. – **TRL 3-4**:  
Проведены стендовые испытания простейших двигателей «Импульс-С, ТС» в термобарокамере стенда МСИД.
- Ноябрь-декабрь 2021 г. - **TRL 4-5**:  
Пусковые испытания массо-габаритных макетов фемтоспутников с двигателями «Импульс» на метеоракете Небо 25 000 «Успешные ракеты».
- 1-я половина 2022 г. – **TRL 6-7**:  
Летные испытания модели простейшего двигателя «Импульс» в коммерческой версии на собственном фемтоспутнике или его массо-габаритном макете.

## Прототип кинетического двигателя («Блок», «Диск», ...)

- Август 2021 г. – **TRL 3** (стендовая установка):  
Прототип для стендовых испытаний. Проведены испытания конструктивных элементов и действующей модели простейшего двигателя «Импульс» в термобарокамере стенда МСИД (февраль 2021 г.), ведется их доработка.
- Ноябрь-декабрь 2021 г. - **TRL 4-5**:  
Стендовые испытания прототипа базовой технологии КРД при низкоскоростных и высокоскоростных столкновениях на стенде МСИД со стендовым метательным устройством.

# Конкуренты

Возможные варианты двигателей для фемтоспутников относятся к двигателям малой тяги для поддержания орбиты и практически не реализованы

## 3.6 Propulsion

Propulsion systems for ChipSats are in a preliminary development phase and have not yet been tested. Because of the 10 gram weight constraint, this type of satellite cannot accommodate any conventional propulsion system. Three substitutes for propulsion systems are presented:

### Electrodynamic Tether

This system deploys conducting wires from the ChipSat to interact with the Earth's magnetic field, which makes it efficient for low-mass satellites. While the concept has been developed, the system remains to be tested. An EDT of 3 - 10 meters in length could provide sufficient thrust for a 1 - 100 gram satellite to overcome drag in LEO orbit. It needs a paired mass at the end of the tether; another ChipSat as the paired mass. The pairing over an EDT provides electrical contact with plasma and in-flight stability (Bell et al., 2013). Single tether for thrust may be insufficient for overcoming the gravity gradient force across such satellites; an array of short tethers with different axes of orientation might solve the problem (Burkhardt, 2019).

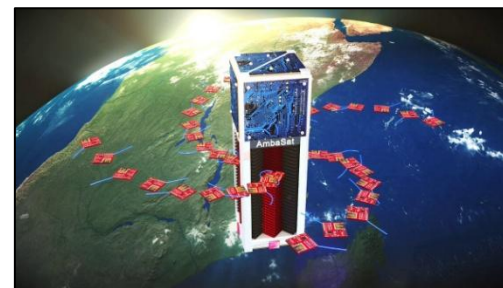
### Solar Sail

This concept utilizes the momentum of photons to propel a spacecraft. The attitude and orbit of a ChipSat can be managed through the adjustment of the sail angle. However, it is limited to the inner solar system as the acceleration of the solar sail is inversely proportional to the distance of the spacecraft from the Sun. The concept has been developed and tested in other types of small satellites, however the system has not been tested for ChipSats (Burkhardt, 2019).

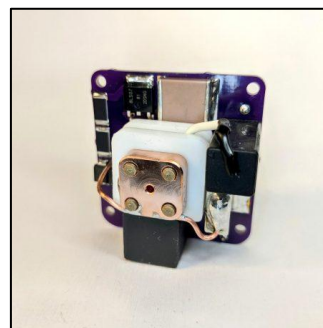
### Laser Sail

Laser sails use Earth-based, and potentially space-based lasers to propel spacecraft using the momentum transfer principle. Focused energy can produce a higher thrust than solar sails but needs high precision lasers. Attitude control can be achieved by targeting the laser at different points on the sail. A new concept of Alpha sail for Sprite is currently under development at Cornell University, which will be launched as a part of NASA's ELaNa program. This concept incorporates a laser-propelled sail with four Sprites, one at each end, in the initial configuration of a CubeSat (Cornell University, 2019). No prototypes have been tested but the concept is being developed.

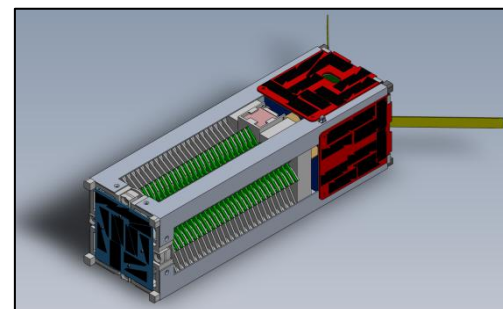
ChipSats: New Opportunities. Final Report. 71st International Astronautical Congress. IAC, 12-14 October 2020.



AIS



Наименьшие из существующих на рынке двигателей не могут быть установлены на существующие фемтоспутники по массе и мощности



Групповые запуски разгонными блоками или пусковыми контейнерами-носителями не допускают управляемого движения и решения кастомизированных задач пользователей



Перспективные проекты двигателей большой тяги находятся в стадии поисковых НИР

Breakthrough Starshot: ~ 20 лет, ~ \$ 5-10 млрд. (в т.ч. начальный этап НИР - \$ 100 млн., 5-10 лет)

Двигатели ООО «Д-Старт» в разных исполнениях имеют малую массу, простую конструкцию, используют доступные источники энергии и допускают изготовление и использование в различных кастомизированных вариантах для различных задач

# Конкуренты/патентная защита

Существующая интеллектуальная собственность ООО «Д-Старт»:

- заявка на изобретение РФ № 2019112219 «Способ действия кинетического реактивного двигателя»
- заявка на изобретение РФ № 2020133517 «Способ обнаружения признаков биологической активности» (смежные технические решения)
- заявка на изобретение РФ № 2020133973 «Фемтоспутник и способ группового запуска фемтоспутников»
- заявка на изобретение РФ № 2021100179 «Отражатель кинетического реактивного двигателя и космический аппарат фемто-класса (фемтоспутник)»

Формы № 94 ВЗ, ВЗН, ВЗН-2016

Федеральная служба по интеллектуальной собственности  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Федеральный институт промышленной собственности»  
(ФИПС)

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ И РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВКИ

Дата поступления	Входящий №	Регистрационный №
22.04.2019	023724	2019112219

Итого: 023724 / 2019112219

Итого: 23 АПР 2019 / 240+60+11

Общее количество документов в листах: 18

Итого: 0

Сколько и сколько документов в листах: 0

Формы № 94 ВЗ, ВЗН, ВЗН-2016

Федеральная служба по интеллектуальной собственности  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Федеральный институт промышленной собственности»  
(ФИПС)

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ И РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВКИ

Дата поступления	Входящий №	Регистрационный №
12.10.2020	061203	2020133517

Итого: 061203 / 2020133517

Итого: 14 ОКТ 2020 / 240+60+11

Общее количество документов в листах: 30

Итого: 0

Сколько и сколько документов в листах: 0

Формы № 94 ВЗ, ВЗН, ВЗН-2016

Федеральная служба по интеллектуальной собственности  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Федеральный институт промышленной собственности»  
(ФИПС)

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ И РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВКИ

Дата поступления	Входящий №	Регистрационный №
15.10.2020	062234	2020133973

Итого: 062234 / 2020133973

Итого: 19 ОКТ 2020 / 240+60+11

Общее количество документов в листах: 33

Итого: 0

Сколько и сколько документов в листах: 0

Формы № 94 ВЗ, ВЗН, ВЗН-2016

Федеральная служба по интеллектуальной собственности  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Федеральный институт промышленной собственности»  
(ФИПС)

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ И РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВКИ

Дата поступления	Входящий №	Регистрационный №
11.01.2021	000306	2021100179

Итого: 000306 / 2021100179

Итого: 13 ЯНВ 2021 / 240+60+11

Общее количество документов в листах: 36

Итого: 0

Сколько и сколько документов в листах: 0

Планируется получение зарубежных патентов

# Публикации

- Новосельцев Д.А. О возможности рациональной утилизации фрагментов околоземного космического мусора с использованием кинетических ракетных двигателей. Всероссийская научная конференция «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы»: Сборник тезисов. 17-19 апреля 2019 г., стр. 82.
- Новосельцев Д.А. О возможности рациональной утилизации фрагментов околоземного космического мусора. Всероссийская научная конференция «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы»: Сборник трудов. / Серия «Механика, управление и информатика». М.: ИКИ РАН, 2019. С. 217-229.
- Новосельцев Д.А. Разработка и испытания прототипов импульсных двигателей с внешними источниками энергии для космических аппаратов фемто-класса на базе концепции кинетических реактивных двигателей с возможностью использования космического мусора. - Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической техники и подготовки инженерных кадров для авиакосмической отрасли. Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции, посвященной памяти главного конструктора ПО «Полёт» А. С. Клинышкова. Омск, 2021. С. 22-25.
- Novoseltsev Dmitry. Development and prospects of the D-Start simplest pulse engines for single-pulse maneuvers of ultralight femto-class spacecrafts with external energy sources (including the possibility of using space debris). “The Civilian Space Development”. Space Renaissance International 3rd World Congress 2021 – Congress Theses, Final Resolution and Papers, edited by Adriano V. Autino. Space Renaissance International , 2021. Pp. 336-340.
- Новосельцев Д.А. Разработка и испытания двигателей «Д-Старт» для сверхмалых космических аппаратов фемто-класса и их применение в целях космического образования. – Первая международная конференция по космическому образованию «Дорога в космос»: Сборник тезисов. М.: ИКИ РАН, 2021. С. 211-216.



# Образовательная составляющая проекта

Первая международная конференция по космическому образованию «Дорога в космос», ИКИ РАН, 15.10.2021 г.:

- Секция «Научно-образовательные космические аппараты. Малые спутники»
- Доклад «Разработка и испытания двигателей «Д-Старт» для сверхмалых космических аппаратов фемто-класса и их применение в целях космического образования»
  
- Предложения ООО «Д-Старт»:
  1. Принять в качестве стандарта в области профильного космического школьного, средне-специального, вузовского и дополнительного образования, наряду со стандартом CubeSat, более доступный и демократичный стандарт КА фемто-класса.
  2. Обеспечить разработку и производства доступных отечественных электронных компонентов для разработки и сборки КА фемто-класса.
  3. В рамках п. 1, сформировать технические требования и обеспечить заказ или определить потребность в разработке и поставках двигателей для КА фемто-класса для решения задач космического образования, используя задел и перспективные разработки ООО «Д-Старт».
  4. Обеспечить бесплатный или льготный запуск в приемлемые сроки КА фемто-класса, созданных в рамках или с элементами образовательного процесса, отечественными операторами пусковых услуг (в т.ч. достижение соответствующих договоренностей с развивающимися частными операторами пусковых услуг), а также оперативное включение соответствующих экспериментов с ними в программы целевых работ на МКС (и в дальнейшем – на перспективной орбитальной станции РОСС).
  5. Обеспечить привлечение заинтересованных учащихся и студентов в рамках основного и дополнительного профильного космического образования к непосредственному участию в разработке, изготовлении и испытаниях изделий космической техники фемто-класса (включая двигатели), с формированием соответствующих навыков и компетенций, и, возможно, последующим предоставлением преференций в дальнейшем профильном образовании.

# НИОКР и испытания

## Партнерство:

- Центр коммерческого космоса Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (Соглашение о партнерстве от 09.11.2021 г.).
- ФГБОУ ВО ОмГТУ (протокол семинара от 08.10.2021 г.).

## Основные соисполнители:

### 1. По выполняемым работам, договор № 3626ГС1/60541 от 24.07.2021 г.:

- ООО «Кросс-Автоматика»
- ФГУП «СКТБ «Технолог»

### 2. По планируемым работам, проект «Блок»:

- РХТУ им. Д.И. Менделеева
- ФГУП «СКТБ «Технолог»
- ООО «Стратонавтика»
- ООО «КосмоЛаб»

### 3. По выполняемым и планируемым работам, проект «Импульс»:

- АО «ЦНИИмаш»
- AmbaSat Ltd
- ООО «Успешные ракеты»
- ООО «Кросс-Автоматика»

### 4. По общим технологическим, научно-техническим и коммерческим вопросам:

- Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт передовых производственных технологий
- ОАО «Консорциум «Космическая регата»



# План освоения производства («Импульс», прогноз min)

Основные расходы (предварительная оценка на период 12 мес.), руб.:

Зарботная плата	1620000
Начисления на з/п (20%)	252500
Общехозяйственные расходы	270000
Материалы	250000
Оборудование	135000-138000
Работы соисполнителей	450000
Всего	2977500-2980500

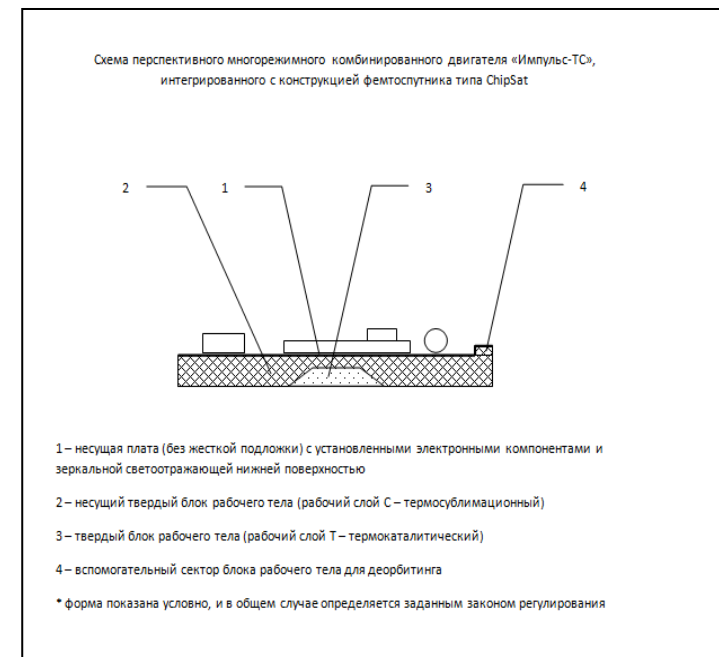
Статьи Материалы, Оборудование, Общехозяйственные расходы, Работы соисполнителей и Зарботная плата допускают перенос средств в допустимых пределах.

Расшифровка статьи Оборудование (предварительная), руб.:

ООО «Кросс-Автоматика» (разработка и изготовление испытательного стенда МСИД-К)	150000
РХТУ им Д.И.Менделеева (подбор материалов)	300000
Всего	450000

Расшифровка статьи Услуги соисполнителей (предварительная) , руб.:

Вычислительная техника	85000
3D-принтер (для тонких работ) типа Wanhao Duplicator D10 (Китай)	15000
3D-принтер (для серии) типа Wanhao Duplicator D12/300 (Китай)	35000
или универсальный 3D-принтер типа UIti Steel 2 (Россия)	53000
Всего	135000-138000



# Инвестиции

## Финансирование проекта

Начальный период 2018-2020 г. (до образования юрлица) – средства основателя (до 0,5 млн. руб.).

## Привлечены средства:

№	Сумма, млн. руб.	Форма	Назначение	Документ
1	0,015	Краудфандинг (на платформе Planeta.ru)	Проект № 130430 «Импульс» - частичное покрытие расходов на приобретение фемтоспутника AmbaSat-1 № 13307/068 и сертификата на пусковые услуги № 1075 для проведения летного эксперимента «Импульс»	Соглашение от 20.01.2020 г.
2	2,0	Грант Фонда содействия инновациям по программе Старт-1	Выполнение НИОКР № 221032500216-0 по программе «Импакт» (стендовые испытания прототипа кинетического двигателя)	Договор № 3626ГС1/60541 от 24.07.2021 г.
3	0,12	Микроинвестиции от частного инвестора	Операционные и прочие расходы вне гранта по п.2	Договор №1 от 16.03.2021 г.

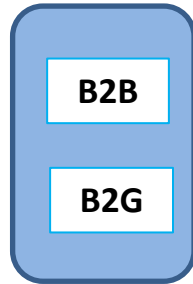
# Инвестиции

Необходимо оперативное привлечение средств в проект:

№	Сумма, млн. руб.	Форма	Назначение	Условия
1	<b>До 1 млн. руб.</b>	Денежные средства, прямое (со)финансирование работ соисполнителей	Доукомплектование и модификация стендового оборудования (стенд МСИД в исходной комплектации для выполнения работ по гранту Фонда содействия инновациям, Договор № 3626ГС1/60541 от 24.07.2021 г.) и выполнение расширенной программы стендовых испытаний и экспериментальных работ (сбора данных для последующих этапов), средства требуются <b>до конца 2021 г.</b>	По согласованию (грант, инвестиции в различных формах – за долю компании или долю прибыли и др., договоры инвестиционного займа и т.п.).
2	До 3 млн. руб.		Разработка, изготовление и испытания прототипов, организация разработки и производства серийных образцов двигателей «Импульс-С, Т, ТС», средства требуются в 2021-2022 г.г.	
3	До 7 млн. руб.		Разработка, изготовление и испытания прототипов двигателей «Блок», «Импульс-А», средства требуются в 2021-2023 г.г. <b>(в т.ч.:</b> <b>- грант Фонда содействия инновациям по программе Старт-2)</b> <b>- подтвержденное частное софинансирование к гранту 3 млн. руб.)</b>	
4	До 12 млн. руб.		Разработка пусковых устройств изделий «Блок» и обеспечение запусков, средства требуются в 2023-2024 г.г.	
5	До 8 млн. руб.		Организация разработки и производства серийных образцов двигателей «Импульс-А», «Блок» и др.	
6	До 3 млн. руб.		Защита интеллектуальной собственности (в т.ч. зарубежное патентование)	
Итого	До 34 млн. руб.		Завершение цикла разработки, подготовка производства и коммерциализация	
7	До 10 млн. руб.		Зарубежная локализация и организация сети обеспечения поставок зарубежным заказчикам	

**Всего - до 75 млн. руб. (включая оборотные средства)**

# Предпринимательская модель



Государственные и частные коммерческие компании и профильные организации

Научные, научно-исследовательские, научно-образовательные организации

Образовательные организации (вузы, колледжи, техникумы, школы, дополнительное образование)



Частные лица: моделисты, независимые исследователи, «имиджевое потребление» («космический туризм – лайт»), подарки ... - **космическая техника как «гаджеты»**

Емкость мирового рынка (TAM) – более \$ 5 млрд., CAGR – 5%  
(экспресс-экспертиза проекта АО «РВК» от 19.07.2019 г.)

Емкость рынка	5	Более \$ 5 млрд.
CAGR	2	5%

## Согласованные потенциальные заказчики

№	Компания/организация	Резидент/локализация	Документ/основание
1	AmbaSat Ltd	Великобритания	Соглашение о намерениях от 02.10.2020 г.
2	UZURO Tech.	Республика Корея	MOU от 30.03.2021 г.
3	ThumbSat, Inc.	Мексика	Предварительная договоренность

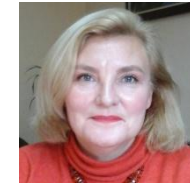
№	Компания/организация	Документ/основание
1	ООО «Успешные ракеты»	Письмо № 25/2021 от 05.04.2021 г.
2	Консорциум «Космические технологии»	Письмо № 1090/2020 от 24.03.2021 г.
3	Avant Space	Письмо № 422 от 03.12.2019 г.

# Команда

Новосельцев Дмитрий Александрович  
Генеральный директор ООО «Д-Старт». Основатель, автор и руководитель проекта, главный конструктор, научный руководитель. К.т.н.  
+7 (913) 614-91-97, [danovoseltsev@mail.ru](mailto:danovoseltsev@mail.ru)



Козловская Ольга Константиновна  
Консультант по финансам и бизнес-процессам. СибАДИ, советник ректора.  
+7 (953) 393-55-70, [firma-bns@yandex.ru](mailto:firma-bns@yandex.ru)



Седанова Анна Викторовна  
Инженер (консультант по химии). К.х.н., с.н.с., ЦНХТ ИК СО РАН.  
[medugli@ya.ru](mailto:medugli@ya.ru)



Старинова Ольга Леонардовна  
Консультант по баллистике КА. Д.т.н., доцент, в.н.с., Самарский университет.  
[solleo@mail.ru](mailto:solleo@mail.ru)



Консультанты:

Панов Александр Дмитриевич, консультант по физике. Д. ф.-м.н., в.н.с., НИИЯФ МГУ.  
Matloff Gregory, Консультант по двигателям. PhD, professor (США).

ООО «Д-Старт», ИНН 5501264941, +7 (913) 614-91-97, [danovoseltsev@mail.ru](mailto:danovoseltsev@mail.ru)  
<https://www.facebook.com/groups/786495488481489>

# План реализации проекта

№	Стоимость этапа, млн. руб.	Содержание работ
1	До 1 млн. руб.	Доукомплектование и модификация стендового оборудования (стенд МСИД в исходной комплектации для выполнения работ по гранту Фонда содействия инновациям, Договор № 3626ГС1/60541 от 24.07.2021 г.) и выполнение расширенной программы стендовых испытаний и экспериментальных работ (сбора данных для последующих этапов), <b>до конца 2021 г.</b>
2	До 3 млн. руб.	Разработка, изготовление и испытания прототипов, организация разработки и производства серийных образцов двигателей «Импульс-С, Т, ТС», 2021-2022 г.г.
3	До 7 млн. руб.	Разработка, изготовление и испытания прототипов двигателей «Блок», «Импульс-А», 2021-2023 г.г. <b>(в т.ч.: за счет гранта Фонда содействия инновациям по программе Старт-2, подтвержденного частного софинансирования к гранту 3 млн. руб.)</b>
4	До 12 млн. руб.	Разработка пусковых устройств изделий «Блок» и обеспечение запусков, 2023-2024 г.г.
5	До 8 млн. руб.	Организация разработки и производства серийных образцов двигателей «Импульс-А», «Блок» и др.
6	До 3 млн. руб.	Защита интеллектуальной собственности (в т.ч. зарубежное патентование)
Итого	До 34 млн. руб.	Завершение цикла разработки, подготовка производства и коммерциализация
7	До 10 млн. руб.	Зарубежная локализация и организация сети обеспечения поставок зарубежным заказчикам



# Ответы на вопросы

---

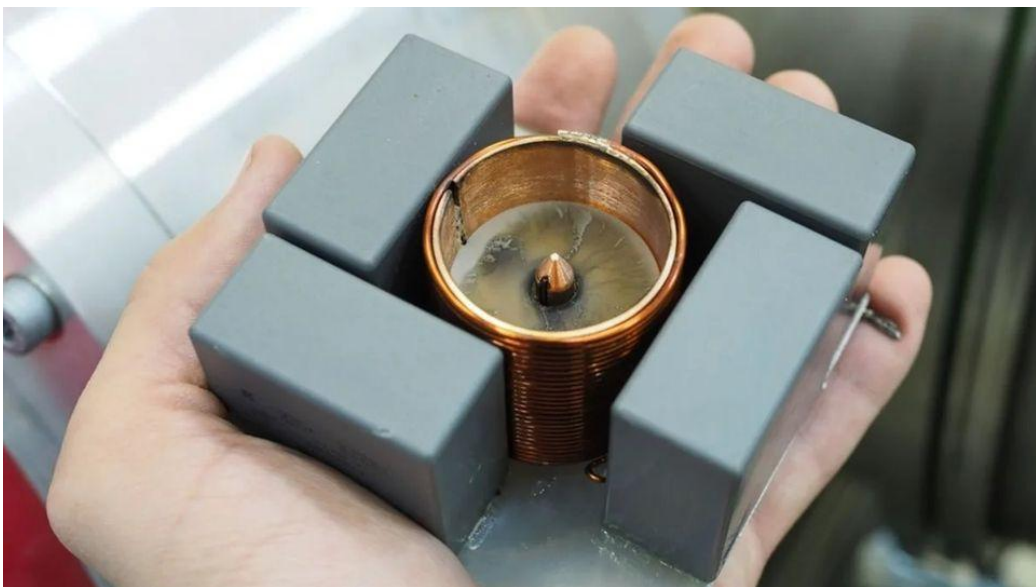
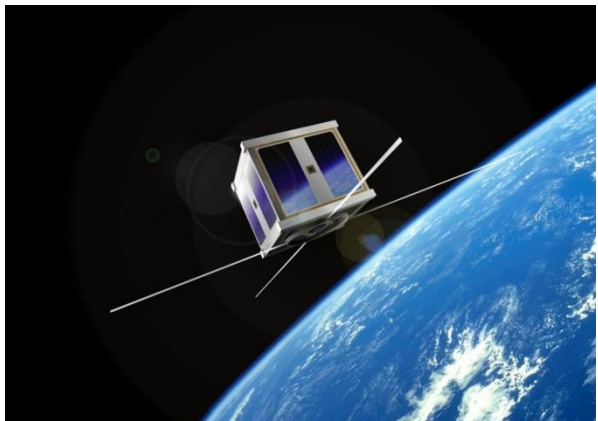
# План реализации проекта

Бизнес-план <https://cloud.mail.ru/public/3Bnk/5onbF7ste> (2019 г.)

<b>N п/п</b>	<b>Наименование этапа проекта</b>	<b>Дата начала</b>	<b>Дата окончания</b>
<b>1.</b>	<b>Инвестиционный этап:</b>	<b>Февраль 20</b>	<b>Январь 22</b>
	Теоретические, экспериментальные работы	Февраль 20	Январь 21
	Изготовление образцов, лётные испытания	Февраль 21	Январь 22
	Международное патентование	Февраль 22	Февраль 22
	Организация экспериментального производства	Февраль 22	Январь 23
<b>2.</b>	<b>Операционный этап</b>	<b>Май 22</b>	<b>Февраль 25</b>
	Начало операционной деятельности <sup>2</sup>	Май 22	
	Выход на положительный операционный результат	Май 22	Май 22
	Достижение окупаемости проекта	Май 22	Май 22
	Выход на полную производственную мощность	Май 22	Февраль 25
	Достижение дисконтированной окупаемости проекта	Май 22	Август 22

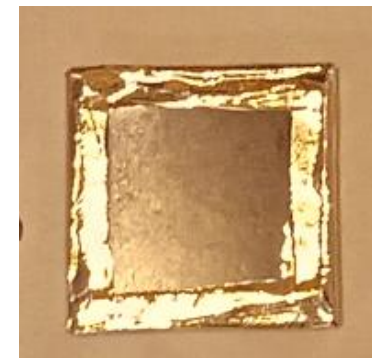
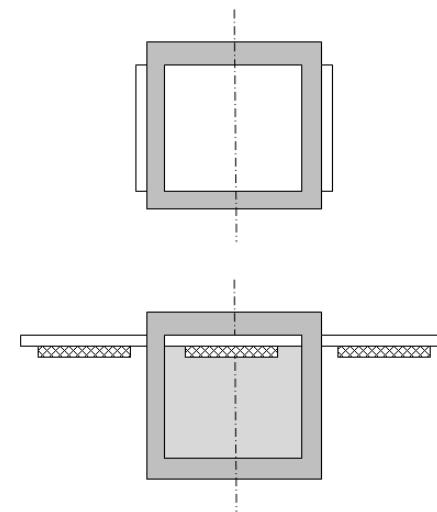
Требуется коррекция на сдвиг сроков «вправо» – организация ООО «Д-Старт» 25.06.2021 г.

# Преимущества



Плазменный двигатель НИЯУ МИФИ

VS



«Импульс-С» ООО «Д-Старт»

# Аргументация (ценность)

## 1. Распределение сверхмалых КА по целевым орбитам, их поддержание, деорбитинг

«Проблема таких аппаратов в том, что их запускают на орбиту, просто выбрасывая десятками из ракеты в одном месте. Для качественной съемки нужно распределить спутники по орбите равномерно, а значит, необходимо изменить их скорость вращения вокруг Земли. В Planet Labs для этого используют установленные на спутнике раскрывающиеся панели: поворачивают их либо перпендикулярно движению спутника, чтобы значительно замедлить его движение, либо параллельно, если нужно немного его замедлить. Метод хорош, но не идеален: из-за замедления спутники часто теряют высоту и, постепенно сходя с орбиты, сгорают в атмосфере. Тогда приходится снова запускать несколько десятков спутников на замену.

Выходом стала бы установка миниатюрного двигателя, который позволит перемещать спутник без потери высоты и затем поддерживать стабильную орбиту. Однако почти все используемые на спутниках двигатели предназначены для больших аппаратов. И даже если удастся уместить какой-то из существующих двигателей в наноспутнике, он все равно будет потреблять слишком много энергии. Спутник маленький, и солнечные батареи у него маленькие, они не дадут достаточно энергии для питания двигателя. Еще одно ограничение связано с безопасностью: нельзя использовать взрывоопасные вещества, а значит, не получится поставить на спутник, к примеру, жидкостный ракетный двигатель на гидразине».

<https://www.atomic-energy.ru/news/2021/07/27/115874>

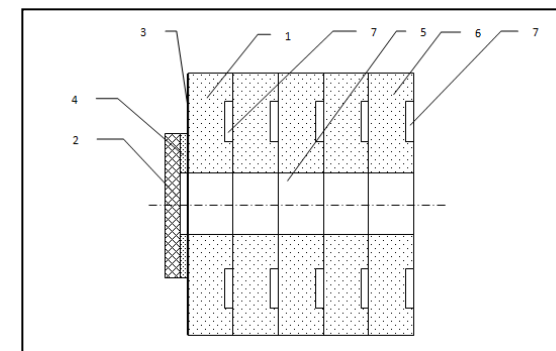
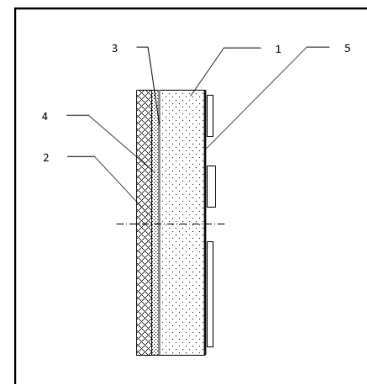
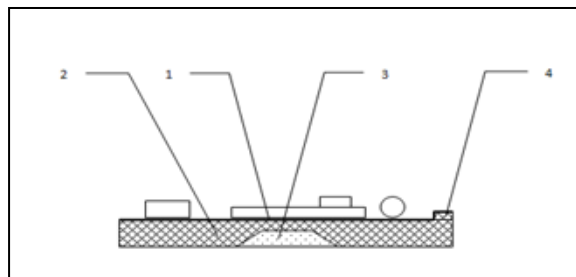
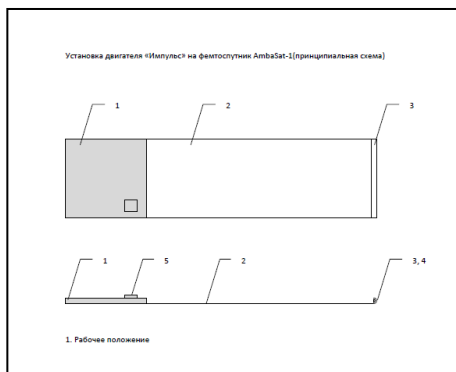
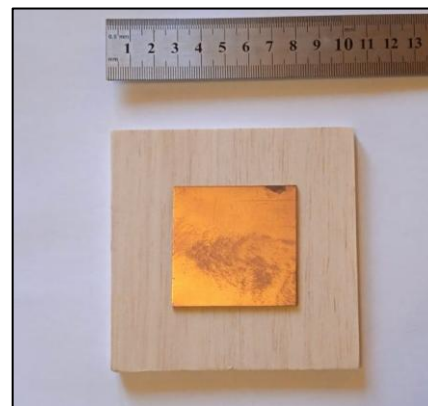
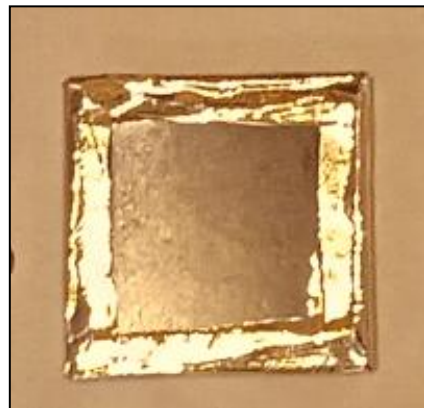
## 2. Доступ в космос сверхмалых КА вообще в ближайшие годы (десятилетия)



Старший советник по бюджету и финансам NASA Бхавья Лал, 28.09.2021 г, Конференция по рынку космического сектора в Кембридже (штат Массачусетс):

«Нам нужно производить меньше мусора, а это означает, что мы ... не имеем спутников, у которых нет двигателя».

# Линейка продуктов



«Импульс-С»

«Импульс-Т, ТС»

«Импульс-А»

«Блок»

# Партнерство

## Основные соисполнители:

### 1. По выполняемым работам, договор № 3626ГС1/60541 от 24.07.2021 г.:

- ООО «Кросс-Автоматика» (изготовление модульного стенда МСИД и обеспечение испытаний) (договоры № 05-20-П от 19.08.2020 г., № 03-21-П от 14.04.2021 г., № 04-21-П от 14.04.2021 г.).
- ФГУП «СКТБ «Технолог» (изготовление и экспериментальные работы с использованием материалов мишени с низкой энергией столкновения) (договор № 8712 от 13.05.2021 г.).

### 2. По планируемым работам, проект «Блок»:

- РХТУ им. Д.И. Менделеева (разработка материала с высокой скоростью газификации, не попадающего под ограничения оборота ВВ, для мишени; разработка материалов на основе аэрогелей для отражателя; технологии изготовления и обработки материалов) (предварительно согласовано).
- ФГУП «СКТБ «Технолог» (экспериментальные работы с использованием материалов мишени с низкой энергией столкновения) (предварительно согласовано).
- ООО «Стратонавтика» (летные стратосферные испытания) (предварительно согласовано).
- ООО «КосмоЛаб» (разработка пускового устройства формата CubeSat) (соглашение № ДС-КЛ от 26.06.2021 г.).

### 3. По выполняемым и планиваемым работам, проект «Импульс»:

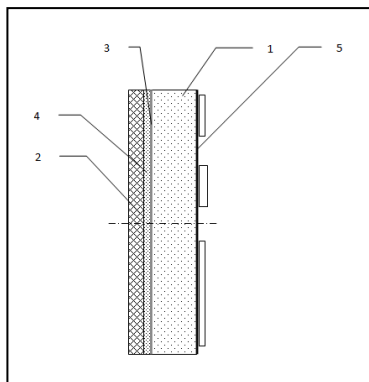
- АО «ЦНИИмаш» (эксперимент «Импульс-0» на МКС) (заявка в ДПЦР на МКС от 30.11.2020 г.).
- AmbaSat Ltd (Великобритания) (запуск фемтоспутника AmbaSat-1 № 13307/068 с прототипом двигателя для проведения летного эксперимента «Импульс», 2021 -2022 г.г.) (сертификат на пусковые услуги № 1075, соглашение о намерениях от 02.10.2020 г.).
- ООО «Успешные ракеты» (суборбитальный ракетный запуск прототипов для оценки воздействия стартовых нагрузок на конструкцию, ноябрь 2021 г.) (предварительно согласовано).
- ООО «Кросс-Автоматика» (сопровождение испытаний прототипов двигателей «Импульс-С», «Импульс-ТС» на стенде МСИД, август-сентябрь 2021 г., выполняется).

### 4. По общим технологическим, научно-техническим и коммерческим вопросам:

- Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт передовых производственных технологий (цифровое моделирование конструкции и рабочего процесса) (планируется).
- ОАО «Консорциум «Космическая регата» (развертываемые пленочные конструкции) (соглашение от 29.11.2020 г.).
- ФГБОУ ВО ОмГТУ (протокол семинара от 08.10.2021 г.).
- Центр коммерциализации космоса Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (Соглашение о партнерстве от 09.11.2021 г.).



# Последние достижения (ноябрь 2021 г.)



Некоторые предварительные результаты стендовых экспериментов 29.11.2021 г. с прототипом "Импульс-А", имитирующим работу прототипа кинетического двигателя. Сняты экспериментальные точки для прототипа с характерным размером отражателя 10 см (суб-кубсат). Макет фемтоспутника массой 8,6 г закреплен на отражателе общей массой 360 г. Используются пиротехнические имитаторы мишеней с массой заряда около 0,2 г, что соответствовало энергии взрыва около 600 Дж (или скорости эквивалентного кинетического ударника массой 1 г около 1095 м/с для моделируемого кинетического двигателя). Относительный вылет мишени (отношение расстояния от рабочей поверхности отражателя до эпицентра взрыва к характерному размеру отражателя) составлял от 0,15 до 1,2 (что соответствовало различным возможным случаям смещения эпицентра от начального положения мишени при столкновении ударника с мишенью кинетического двигателя).

Предварительные результаты:

- протестирована методика определения основных параметров по углу отклонения маятниковой подвески стендового отражателя по данным видеорегистрации;
- для массо-габаритного макета массой 8,6 г во всех экспериментах достигнуто приращение эквивалентной скорости около 98 м/с, что примерно соответствует необходимому значению для маневра подъема высоты круговой орбиты кубсата типа 3U на 300 км, и эквивалентный КПД (отношение кинетической энергии КА к энергии взрыва) около 7%;
- в диапазоне относительного вылета мишени 0,15...1,2 не выявлено существенных отличий приращения эквивалентной скорости и КПД, что позволяет использовать варианты с большим вылетом и меньшим максимальным мгновенным значением давления на отражатель;
- подтверждена работоспособность и эффективность двигателя "Импульс-А" как такового и концепции импульсных двигателей (включая кинетический двигатель) в принципе.

ОКОЛОЗЕМНЫЕ  
маневры

Поддержание орбиты			Выстраивание формации из кубсатов 3U	Смена высоты круговой орбиты	Смена наклона круговой орбиты
МКС - 12-25 м/с/год	МКА на ССО - 1-2 м/с/год	Кубсат 3U на 300 км - 100 м/с/год	10 м/с	1 м/с на 2 км подъёма высоты	130 м/с/градус



# Характерные скорости (из презентации «ЛИН Индастриал»)

## ДУ как обязательное условие для манёвров



### ОКОЛОЗЕМНЫЕ маневры

Поддержание орбиты			Выстраивание формации из кубсатов ЗУ	Смена высоты круговой орбиты	Смена наклонения круговой орбиты
МКС - 12-25 м/с/год	МКА на ССО – 1-2 м/с/год	Кубсат ЗУ на 300 км – 100 м/с/год	10 м/с	1 м/с на 2 км подъёма высоты	130 м/с/градус

V

### МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПЕРЕЛЁТЫ

Маневр с малой тягой	Начало	Конец	Типовая хар. скорость, км/с	Маневр с большой тягой	Начало	Конец	Типовая хар. скорость, км/с		
Выход из сферы тяготения Земли	НОО	Отлёт с нулевой скоростью	7.3	Отлёт	НОО	Отлёт	3.22		
	ГПО		3.9		ГПО		0.8		
	ГСО		2.7		ГСО		1.3		
	Суперсинхронная ГПО		2.7		Суперсинхронная ГПО*		0.35		
Вход в сферу тяготения Луны	НОО	Захват Луной	6.7	Переход на траекторию к Луне	НОО	Попадающая траектория	3.1		
	ГПО		3.1		ГПО		0.7		
	ГПО		3.1		Суперсинхронная ГПО		0.3		
Переход на орбиту вокруг Луны	Захват Луной	Орбита вокруг Луны	1.4	Переход на орбиту спутника Луны	Попадающая траектория	Орбита спутника Луны	0.8		
Перелёт к Марсу	Отлёт с нулевой скоростью	Выход к границе сферы тяготения цели	5.6	Перелёт к Марсу(8.5 месяцев, скорость встречи 2.1 км/с)	НОО	Попадающая траектория	3.5		
Перелёт к Венере			4.9	Переход на орбиту спутника Марса	Геопереходная орбита	Попадающая траектория	1.2+		
Переход на орбиту вокруг			Выход к границе сферы тяготения Марса	Низкая околомарсиан ская орбита	0.5-1.5	Переход на низкую орбиту спутника Марса	Попадающая траектория	Орбита спутника Марса	0.9
						Переход на траекторию к Венере(4.8 месяцев, скорость встречи 3.4 км/с)	НОО	Попадающая траектория	2.7
					ГПО	Попадающая траектория	3.6		
							1.0+		

5

<https://spacelin.ru/osnovnye-proekty/buksir-dlya-apparatov-nano--i-mikro-klassa/>