

# Двигатели сверхмалых космических аппаратов

Новосельцев  
Дмитрий Александрович  
автор проекта, к.т.н.  
founder, генеральный директор  
ООО «Д-Старт» (D-Start LLC)

# Инициатор

**D-start**

ООО «Д-Старт» (D-Start LLC)

Зарегистрировано 25.06.2020 г. для реализации проекта по итогам конкурса Старт-1 Фонда содействия инновациям.



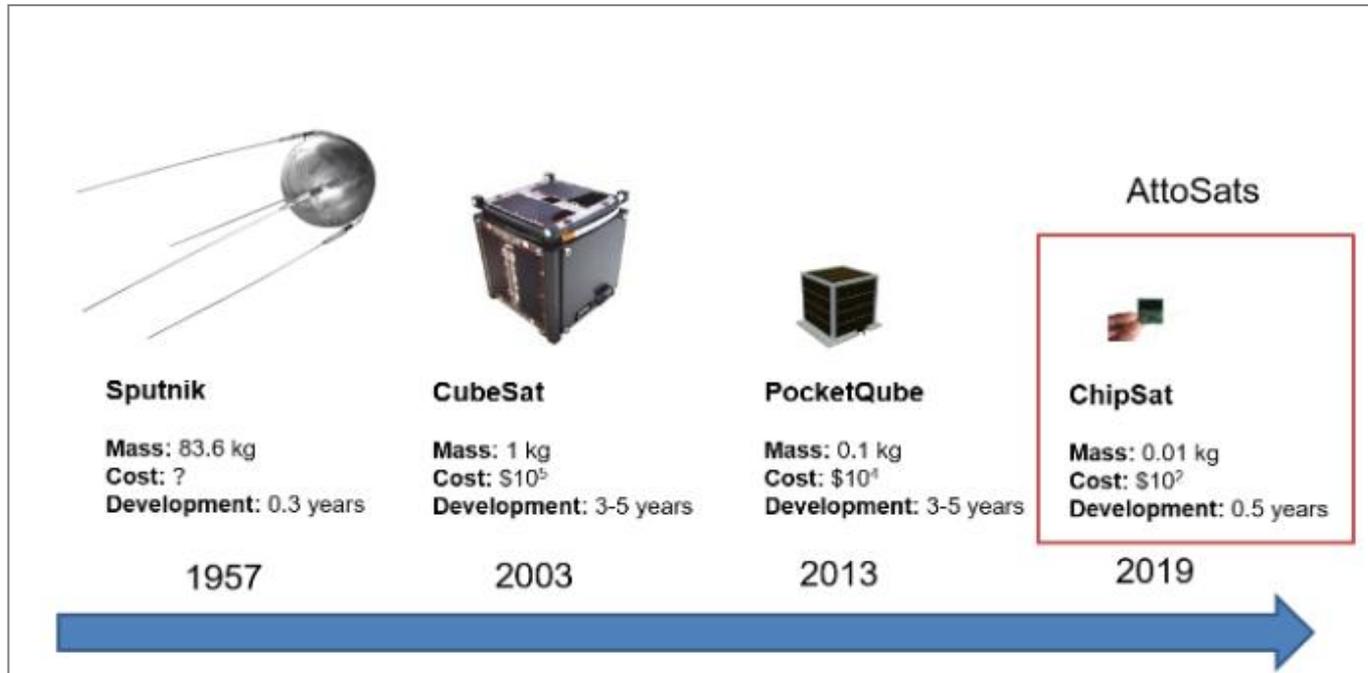
**Дмитрий Новосельцев**

Founder & CEO.

К.т.н. Инженер с опытом работы в отечественном (АО ОМКБ) и зарубежном (GE Aircraft Engines) аэрокосмическом секторе. Организатор машиностроения (НП «Сибирское машиностроение»). Опыт работы более 22 лет.

# Проблема

Космос = «космические» расходы?



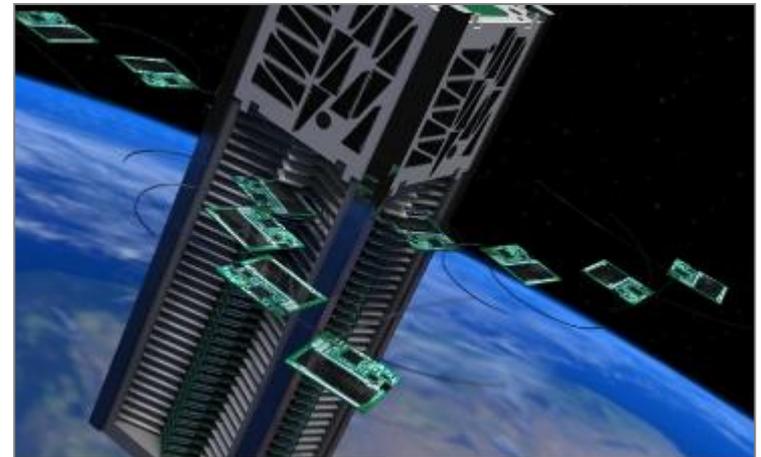
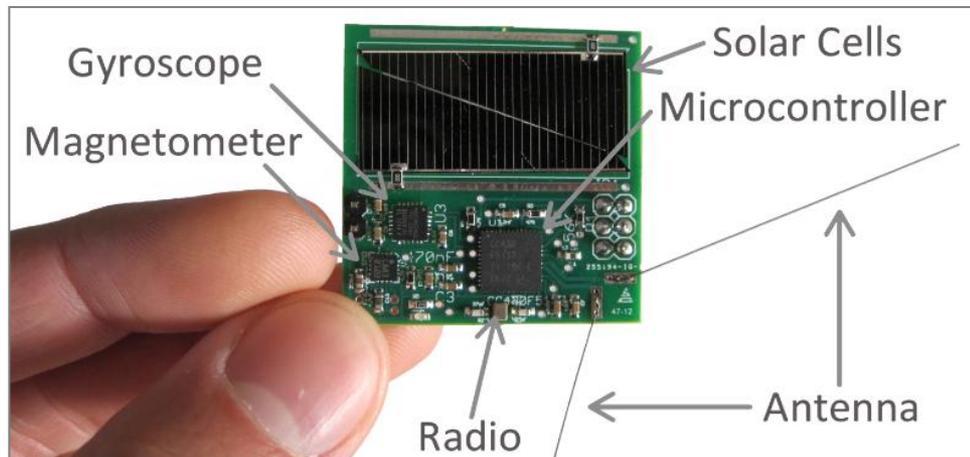
Andreas M. Hein, Zachary Burkhardt, T. Marshall Eubanks «AttoSats: ChipSats, other Gram-Scale Spacecraft, and Beyond»  
<https://arxiv.org/abs/1910.12559>

В XXI веке масса и стоимость космических аппаратов  
уменьшилась на несколько порядков!

«Гаджетизация» космоса - космос «для каждого»?

# Проблема

Для доступных космических аппаратов фемто-класса (массой в граммы и по цене смартфона) не существует двигателей



Zachary Manchester, Mason Peck, Andrew Filo, "KickSat: A Crowd-Funded Mission To Demonstrate The World's Smallest Spacecraft" , Proceedings of the 27th AIAA/USU Conference, Small Satellite Constellations, Logan, Utah, USA, Aug. 10-15, 2013, <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2976&context=smallsat>

Они неспособны к самостоятельным маневрам (аналогия – автоприцепы, а не автомобили => рынок ограничен по сравнению с возможным)

# Проблема

Разработчики и производители космических аппаратов фемто-класса заинтересованы в оснащении своих изделий двигателями



## AmbaSat-2 (2022)

- In development
- Moon orbit
- Camera
- 5 onboard sensors

## AmbaSat-3 (2025)

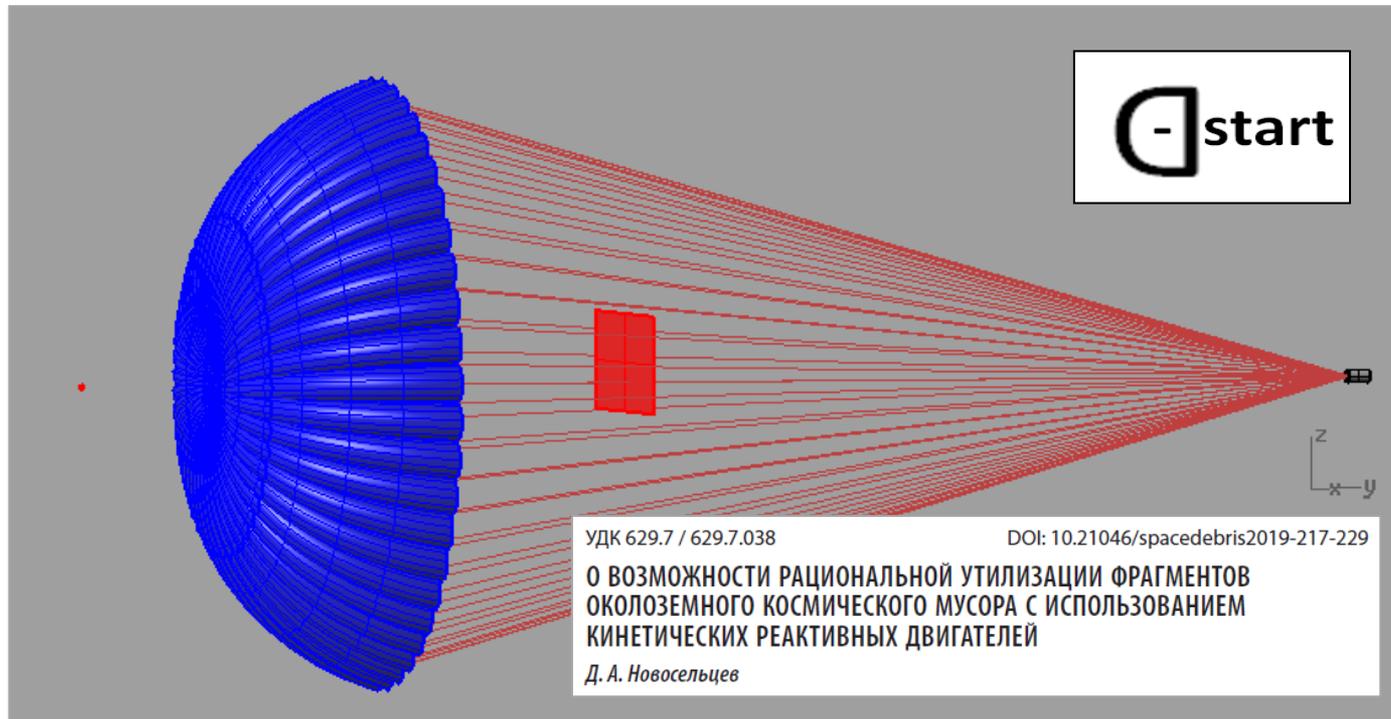
- Research stage
- Mars Orbit
- Cameras
- Manoeuvre capabilities
- 9 onboard sensors

<https://ambasat.com/>

В настоящее время подходящие двигатели отсутствуют на рынке!

# Решение

Предлагается семейство двигателей «Д-Старт»



Новосельцев Д.А. "О возможности рациональной утилизации фрагментов околоземного космического мусора".  
Всероссийская научная конференция "Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы": Сборник  
трудов. - М.: ИКИ РАН, 2019, стр. 217-229. [http://iki.cosmos.ru/books/2019cos\\_mus.pdf](http://iki.cosmos.ru/books/2019cos_mus.pdf)

Предусмотрена возможность использования  
космического мусора как источника энергии!

# Возможности

- Одноимпульсные маневры космических фемто-аппаратов «для каждого»
- Утилизация космического мусора и отходов переработки сырья
- Операции в ближнем и дальнем космосе, включая межпланетные перелеты
- Последующий режим малой тяги
- Лазерное ускорение
- Деорбитинг
- Разделение и разведение группировок при общем запуске
- Возвращение образцов на Землю
- Неракетный запуск, и другие возможности.

# РЫНОК

Емкость мирового рынка (TAM) –  
более \$ 5 млрд.  
CAGR – 5%

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

Экспресс-экспертиза проекта АО «РВК» от 19.07.2019

Прогноз доли рынка «Д-Старт»  
(SOM) на 2023 г. –  
до \$ 10-15 млн.

Экстраполяция данных:

SpaceWorks 2019, <https://www.spaceworks.aero/wp-content/uploads/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-9th-Edition-2019.pdf>

SpaceWorks 2020, <https://www.spaceworks.aero/wp-content/uploads/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-10th-Edition-2020.pdf>

Nanosats Database, <https://www.nanosats.eu>

# Конкуренция

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).

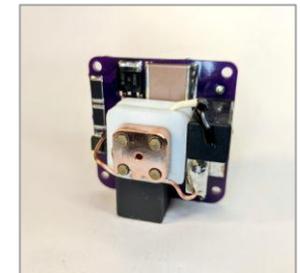
### Laser Sail

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 ELaN 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.



<https://accion-systems.com/>

AIS



<https://appliedionsystems.com/portfolio/ais-gpvt3-1c-series-integrated-propulsion-module/>

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

# Монетизация

**B2B**

Частные коммерческие компании и профильные организации (связь, мониторинг, ДЗЗ, ...)

Научные, научно-исследовательские, научно-образовательные организации (эксперименты)

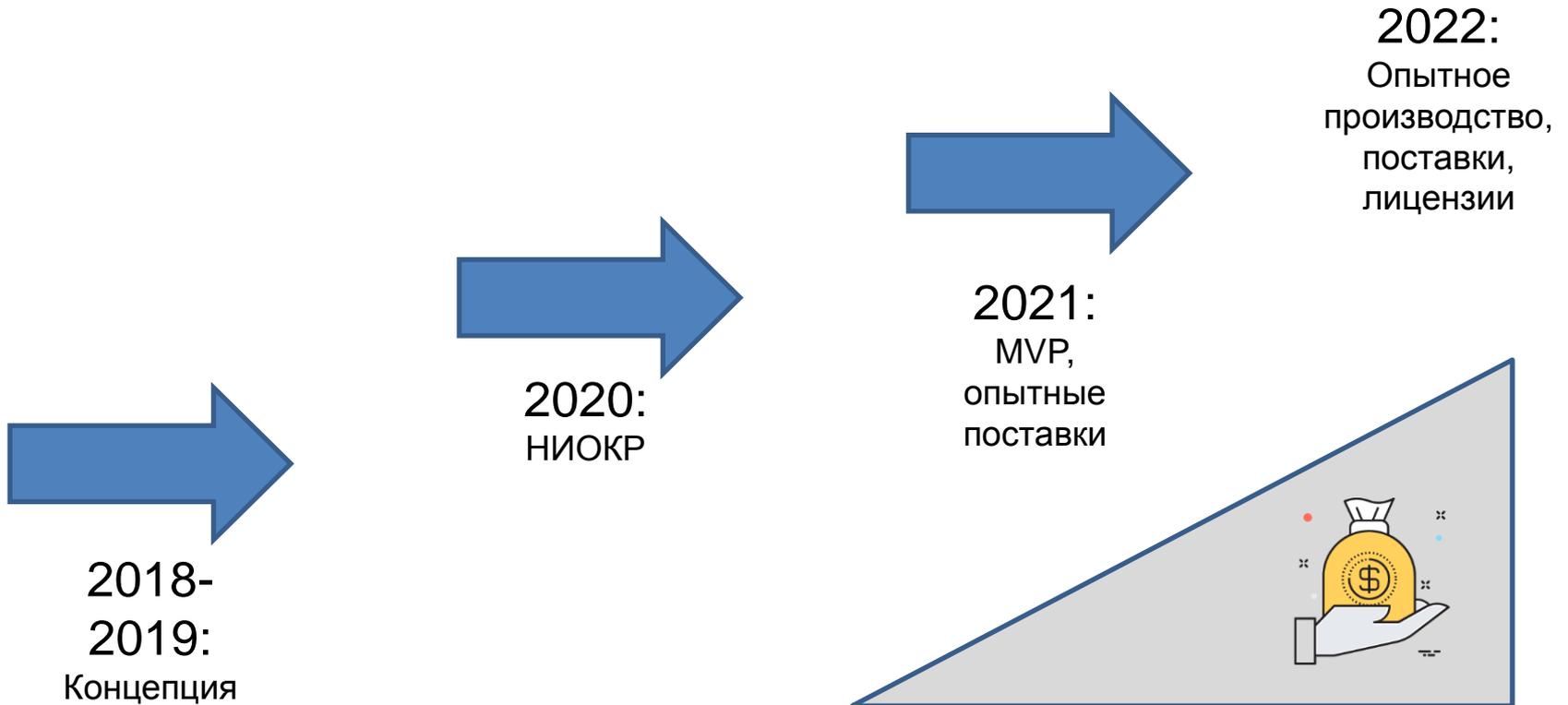
Образовательные организации, вузы, колледжи, техникумы, школы, дополнительное образование (проект «Space-π», «Кванториум», Кружковое движение НТИ, ...)

**B2C**

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



# Динамика



**Июль 2020 г. – июль 2021 г.:  
грант Фонда содействия  
инновациями по программе  
Старт-1 на выполнение НИОКР**

# Достижения

## Соглашение о намерениях AmbaSat LLC и ООО «Д-Старт» 02.10.2020 г.

**LETTER OF INTENT**  
(TRANSACTION)

\_\_\_\_\_

Effective Date: 02/10/ \_\_\_\_\_, 2020 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**RE: Femto-class spacecrafts & engines**

This letter of intent, (the "Letter of Intent"), represents the basic terms for an agreement. After this Letter of Intent has been signed, another formal agreement may be constructed to the benefit of the Parties.

**I. The Party A: AmbaSat LLC** (the "Party A") with a mailing address of:  
AmbaSat LLC  
201 East 5th St, STE 1200  
Sheridan, Wyoming 82801  
USA

**II. The Party B: D-Start LLC** (the "Party B") with a mailing address of 50 kvst Profsoyuzov st., 55B\_9, City of Omsk, State of Russian Federation, 644065.

**III. The Transaction:**  
Parties A and B intentions are in regards to the following:

- Party A provides, and Party B purchases, in the required quantity, complete femtosatellites AmbaSat-1 or femtosatellites of subsequent modifications, or kits for their assembly, to perform the necessary R&D to development and testing of engines for interorbital maneuvers of Femto-class spacecrafts of various modifications, as well as for deliveries by Party B of Femto-class spacecrafts equipped with engines to third parties (in this case, the product of Party A is a purchased assembly unit);
- Party B provides, and Party A purchases, in the required quantity, engines for orbital transfer maneuvers of Femto-class spacecrafts of various modifications, or kits for their assembly, for use in necessary cases, at the satellites, made by Party A, as well as for deliveries by Party A Femto-class spacecrafts, equipped with engines with third parties (in this case, the product of Party B is a purchased assembly unit);

 Page 1 of 2

- Parties A and B undertake joint actions to development next-generation Femto-class spacecrafts with a design integrated with engine reflectors, with a lower mass and cost and greater functionality, including for the supply by Parties A and B this Femto-class spacecrafts equipped with engines to third parties, and/or joint development of other types of space technology using technologies and technical solutions of Femto-class spacecraft and engines, and also welcome the participation of third parties in this activity.

The terms, value and currency of each transaction are determined by separate agreements between Parties A and B, as well as Parties A and/or B and third parties.

This letter serves as an introductory letter only, as the beginning of discussions that will culminate in the signing of a product supply and service agreement.

**PARTY A**  
Party A's Signature [Signature] Date 2/10/20  
Print Name Napin Piro

**PARTY B**  
Party B's Signature [Signature] Date \_\_\_\_\_  
Print Name Dmitry Novoseltsev

 Page 2 of 2

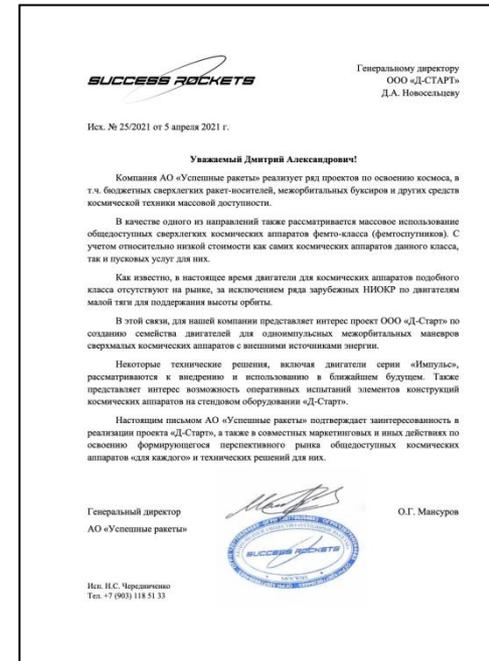
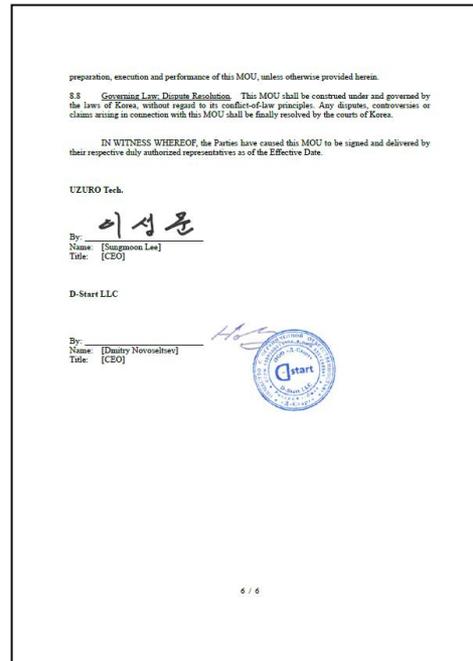
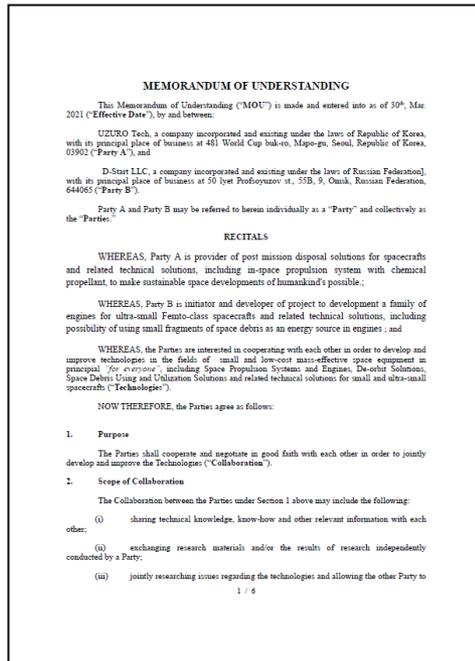
## Соглашение о научно-техническом сотрудничестве Консорциума «Космическая регата» и ООО «Д-Старт» 29.11.2020 г.

## Соглашение о долгосрочном сотрудничестве Консорциума «Космические технологии» и ООО «Д-Старт» 13.07.2020 г.

# Достижения

## Меморандум о взаимопонимании UZURO tech и ООО «Д-Старт» 30.03.2021 г.

## Письмо о заинтересованности «Успешные ракеты» 05.04.2021 г.



# Достижения

## НИОКР в рамках гранта Фонда содействия инновациям (Договор № 3626ГС1/60541 от 24.07.2020 г.)

С1-73303  
0060541

### Договор (Соглашение) №3626ГС1/60541 о предоставлении гранта на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

г. Москва

24 июля 2020 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям), далее именуемое Фонд, в лице заместителя генерального директора Микитаса Андрея Владимировича, действующего на основании доверенности от 01.03.2020 г., с одной стороны, и Общество с ограниченной ответственностью "Д-Старт" (ООО "Д-Старт"), именуемое в дальнейшем "Грантополучатель", в лице генерального директора Новосельцева Дмитрия Александровича, действующего на основании Устава, с другой стороны, заключили настоящий Договор (Соглашение), именуемый в дальнейшем соглашение, о нижеследующем:

#### 1. Предмет Соглашения.

1.1 Фонд выделяет Грантополучателю денежные средства (далее – грант) на условиях, указанных в настоящем соглашении, на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по теме: "Разработка и испытания прототипов кинетического реактивного двигателя (КРД) с рабочим процессом за счет утилизации кинетической энергии космического мусора. Разработка и испытания экспериментального образца мишени прототипа двигателя." (Проект № 60541, заявка С1-73303 в рамках реализации инновационного проекта "Организация разработки, производства и внедрения кинетических реактивных двигателей (КРД) с возможностью утилизации космического мусора").

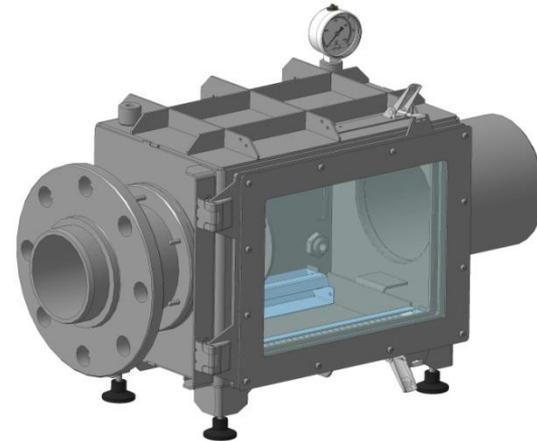
1.2. Основанием для заключения соглашения на выполнение данной НИОКР является Протокол заседания дирекции Фонда содействия инновациям №5 от 2 июня 2020 г.

1.3. Исполнение соглашения осуществляется за счет бюджетных ассигнований в виде субсидий, предоставляемых из средств Федерального бюджета, на основании Федерального закона Российской Федерации о федеральном бюджете на соответствующий финансовый год.

1.4. Целевое назначение гранта – грант используется на финансовое обеспечение расходов, связанных с выполнением НИОКР в рамках реализации инновационного проекта. Предусмотренные соглашением работы выполняются Грантополучателем в соответствии с техническим заданием и календарным планом, являющимся неотъемлемой частью настоящего соглашения.

1.5. Грантополучатель обязуется в сроки, указанные в календарном плане, выполнить НИОКР и представить Фонду документы, подтверждающие выполнение вышеуказанных работ и целевое использование средств гранта.

Содержание и сроки выполнения основных этапов НИОКР определяются календарным планом работ, являющимся неотъемлемой частью настоящего соглашения.

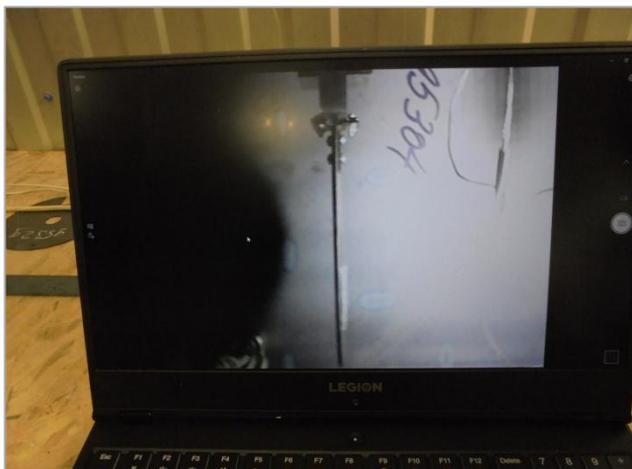


Модельные элементы конструкций изделий (макетов систем двигателя) для летных экспериментов "Феерверк" (слева) и "Оригами", ООО "Д-Старт", 2020г.



# Достижения

НИОКР в рамках гранта Фонда содействия инновациям  
(Начаты эксперименты на стенде МСИД, февраль 2021 г.)



# Достижения

## НИОКР в рамках гранта Фонда содействия инновациям (результаты первого этапа НИОКР, 2020-2021 г.г.)

Общество с ограниченной ответственностью "Д-Старт"

УДК: 629.78.03"313"  
Регистрационный №АААА-А20-120081790025-1  
Инв. №001-21

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
Новосельцев Д. А.

ОТЧЕТ  
о выполнении НИОКР по теме:  
"Разработка и испытания прототипов кинетического реактивного двигателя (КРД) с рабочим процессом за счет утилизации кинетической энергии космического мусора. Разработка и испытания экспериментального образца мишени прототипа двигателя."  
(договор №3626ГС1/60541 от 24.07.2020)

Этап №1 "Разработка математической модели рабочего процесса двигателя. Разработка программы и методики экспериментов для испытаний прототипов двигателей. Моделирование условий для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его конструктивных элементов в различном исполнении, обеспечение сбора и обработки данных. Проектирование образцов мишеней. Проектирование и изготовление конструктивных элементов прототипов двигателей: отражателей и вспомогательных конструктивных элементов. Изготовление образцов мишеней, исключая образцы из специальных материалов, для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его элементов. Экспериментальные работы с изготовленными конструктивными элементами прототипов двигателей, без использования мишеней, для подтверждения их работоспособности."  
(промежуточный)

Руководитель работ

Новосельцев Д. А.



**АКТ**  
**о выполнении НИОКР**  
**по этапу № 1**

договора (соглашения) №3626ГС1/60541 от 24.07.2020 г.  
о предоставлении гранта на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

г. Москва 7 апреля 2021 г.

НИОКР "Разработка и испытания прототипов кинетического реактивного двигателя (КРД) с рабочим процессом за счет утилизации кинетической энергии космического мусора. Разработка и испытания экспериментального образца мишени прототипа двигателя."  
Этап №1 "Разработка математической модели рабочего процесса двигателя. Разработка программы и методики экспериментов для испытаний прототипов двигателей. Моделирование условий для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его конструктивных элементов в различном исполнении, обеспечение сбора и обработки данных. Проектирование образцов мишеней. Проектирование и изготовление конструктивных элементов прототипов двигателей: отражателей и вспомогательных конструктивных элементов. Изготовление образцов мишеней, исключая образцы из специальных материалов, для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его элементов. Экспериментальные работы с изготовленными конструктивными элементами прототипов двигателей, без использования мишеней, для подтверждения их работоспособности."

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере" (Фонд содействия инновациям), далее именуемое Фонд, в лице заместителя генерального директора Минигасы Андрея Владимировича, действующего на основании доверенности от 01.03.2021 г., с одной стороны, и Общество с ограниченной ответственностью "Д-Старт" (ООО "Д-Старт"), именуемое в дальнейшем Грантополучатель, в лице генерального директора Новосельцева Дмитрия Александровича, действующего на основании Устава, с другой стороны, составили настоящий акт о нижеследующем:

Грантополучатель в полном объеме выполнил этап №1 календарного плана – "Разработка математической модели рабочего процесса двигателя. Разработка программы и методики экспериментов для испытаний прототипов двигателей. Моделирование условий для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его конструктивных элементов в различном исполнении, обеспечение сбора и обработки данных. Проектирование образцов мишеней. Проектирование и изготовление конструктивных элементов прототипов двигателей: отражателей и вспомогательных конструктивных элементов. Изготовление образцов мишеней, исключая образцы из специальных материалов, для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его элементов. Экспериментальные работы с изготовленными конструктивными элементами прототипов двигателей, без использования мишеней, для подтверждения их работоспособности."

Краткое описание выполненной работы: Выполнена разработка математической модели рабочего процесса двигателя. Выполнена разработка программы и методики экспериментов для испытаний прототипов двигателей. Выполнено моделирование условий для экспериментальных исследований прототипов двигателя и его конструктивных элементов в различном



# Достижения

За период с конца июня 2020 г. до конца февраля 2021 г.

- Выигран конкурс Старт-1 Фонда содействия инновациям и получен грант (1 часть – 1 млн. руб., 1 часть – 1 млн. руб.).
- Разработаны математическая модель изделий и рабочего процесса, программа и методика испытаний.
- Приобретен и получен (ноябрь 2020 г.) собранный полнофункциональный фемтоспутник AmbaSat-1 (с пусковыми услугами) для летных испытаний MVP – простейшего двигателя «Импульс».
- Изготовлен и введен в опытную эксплуатацию стенд МСИД в начальной комплектации (термобарокамера и упрощенная система управления), проведены первые эксперименты с лабораторными моделями «Фейерверк», «Оригами», «Импульс-0».
- Поданы заявки на изобретения № 2020133973 «Фемтоспутник и способ группового запуска фемтоспутников», № 2021100179 «Отражатель кинетического реактивного двигателя и космический аппарат фемто-класса (фемтоспутник)».
- Поданы (декабрь 2020 г.) и находятся в работе заявки в Долгосрочную программу целевых работ на МКС на проведение в 2021 г. летных экспериментов «Импульс-0» (MVP), «Фейерверк», «Оригами».
- Заключено (октябрь 2020 г.) Соглашение о намерениях с AmbaSat LLC (Великобритания).
- Заключен (март 2021 г.) Меморандум о намерениях с UZURO tech (Республика Корея).
- Готовится Соглашение о намерениях с ООО «Успешные ракеты» (РФ), планируется совместное участие в МАКС-2021 (июль 2021 г.).
- Обсуждается (ноябрь 2020 г.) форма участия в проекте сектора EduTech «Space-т» Фонда содействия инновациям.
- Планируется (предварительное согласование – февраль 2021 г.) поставка опытной партии фемтоспутников AmbaSat-1, дооснащенных двигателями типа «Импульс», для Консорциума «Космические технологии».
- Привлечены частные микроинвестиции (120 млн. руб.).

# Достижения

## Консультанты и партнеры



Александр Панов,  
д.ф.-м.н., ведущий научный  
сотрудник, НИИЯФ МГУ



Martin Platt,  
Co-Founder&CEO, AmbaSat Ltd



Gregory Matloff,  
PhD, professor (США)



Олег Мансуров,  
генеральный директор,  
Success Rockets



Ольга Старинова,  
д.т.н., доцент, в.н.с.,  
Самарский университет



Shaun Whitehead,  
Co-Founder, ThumbSat LLC



Andreas Hein,  
PhD, Executive Director,  
Chairman Technical Research  
Committee, I4IS



Олег Сапрыкин,  
ВРИО генерального  
директора, ОАО «Консорциум  
«Космическая регата»

# Инвесторам



На условиях долевого участия (согласуются отдельно).  
Возврат средств возможен во 2-й половине 2022 г.

# Реквизиты

ООО «Д-Старт»

ИНН 5501264941, КПП 550101001

Новосельцев Дмитрий Александрович  
генеральный директор, founder, к.т.н.

+7 913 614 91 97

[danovoseltsev@mail.ru](mailto:danovoseltsev@mail.ru)

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