

Автономная некоммерческая организация  
«Красноярский детский технопарк «Кванториум»

РЕКОМЕНДОВАНО  
методическим советом

Протокол № 11  
от «30» мая 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
Кешиг С.Р.

Приказ № 11  
от «30» мая 2024 г.



Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа  
технической направленности  
«Прикладная космонавтика - 3»

Срок реализации:

1 год

Возраст детей:

1

Составитель программы:

Сюсина В.А.

Пирогов А.Е.

г. Красноярск, 2024 г.

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Прикладная космонавтика - 3» (далее - программа) имеет техническую направленность, продвинутый уровень сложности и ориентирована на обучающихся 14-17 лет.

### 1.1. АКТУАЛЬНОСТЬ

Актуальность и необходимость данной программы продиктована прежде всего государственным запросом на квалифицированные инженерные кадры. С развитием космонавтики и увеличением доли частной космонавтики в России и во всем мире возник дефицит инженеров в данной области.

Программа профориентирована и предполагает 3/4 часов практики на разработку собственного проекта и на решение контекстных заданий межпредметного содержания, отражающих реальные жизненные ситуации, связанные с будущей профессией, что повышает мотивацию к обучению и приобретению соответствующих компетенций. Программа позволяет обучающимся самостоятельно выбрать актуальную проблемную область и создать проект, конечный результат которого будет представлять собой полноценную инженерную разработку в области космических технологий.

Описываемая образовательная программа интересна тем, что совмещает в себе несколько важных направлений, одновременно необходимых для разработки космических проектов, а именно: физико-математические основы космонавтики, 3D-моделирование и прототипирование, программирование, программирование устройств, основы электротехники и радиотехники, проектирование космических аппаратов и т.д.

### 1.2. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

Данная Программа включает в себя определенный круг знаний из сферы космонавтики: Движение и устройство ракет. Механика тел переменной массы. Углубленное изучение курса астрономии, ИСЗ и условия выведения их на орбиту. Посредством работы в программе Orbiter2016 углубляется

представление о космическом пространстве и управлении космическими аппаратами. Работа в программе OpenRocket позволяет проектировать полёт модели по заданным характеристикам двигателя, массы модели и полезной нагрузки. Наборы конструкторов Орбикрафт и Introsat совершенствуют навык проектирования и программирования спутниковых систем. Обучающиеся активно используют программу КОМПАС-3D v18.1 для моделирования.

Включение в программу элементов технического моделирования и конструирования даёт возможность изучать космос, ракетостроение и радиоэлектронику по средствам практической деятельности. Полученные теоретические знания, навыки моделирования и конструирования, обучающиеся применяют в ходе работы над проектами, которые формируют опыт самостоятельной учебно-познавательной деятельности.

Результативность работы программы выражается в активном участии обучающихся в выставках технического творчества и олимпиадах.

Данная образовательная программа помогает в решении следующих актуальных задач:

1. показать место и роль космических технологий в структуре современных профессий;
2. сформировать навык проектной деятельности;
3. реализовать диагностическую функцию, позволяющую наблюдениями, тестами, интервьюированием и другими способами определять динамику развития индивидуальности и личности;
4. заинтересовать обучающихся проектированием жизненных и профессиональных планов, особенностями будущей профессии, возможными путями достижения высокой профессиональной квалификации.

### 1.3. ЦЕЛЬ

Цель программы является формирование у обучающихся технологической грамотности и закрепление навыков по конструированию космических аппаратов и инженерному конструированию на примере создания

проекта.

Программа способствует формированию научно-обоснованного представления об окружающем мире, знакомит с задачами и возможностями космической деятельности человека.

#### 1.4 ЗАДАЧИ

- повысить уровень знаний обучающихся в области аэродинамики и баллистики, небесной механики посредством работы в программе Orbiter2016;
- познакомить с основными принципами написания управляющих и диагностирующих программ с помощью работы с конструктором Introsat.
- совершенствовать навык проектирования и конструирования системы спасения и системы разделения ракеты в программе КОМПАС-3D.
- развить навыки разработки и реализации проектов по тематике «Космонавтика» или в близкой для космонавтики сфере деятельности.
- развить умение поиска и разработки вариантов решений рассматриваемой проблемы.
- подготовить к конкурсам и тематическим олимпиадам по прикладной космонавтики.
- воспитать бережное отношение к результатам своей деятельности, деятельности других.
- развить навыки сотрудничества: работа в коллективе, в команде, малой группе (в паре).

#### 1.4. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ

Данная программа разработана в соответствии с нормативно-правовыми актами в области образования:

Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

Указом Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»;

Концепцией развития дополнительного образования до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 31.03.2022 № 678-р);  
Стратегией развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.05.2015 № 996-р);

Планом мероприятий по реализации в 2021 - 2025 годах Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.11.2020 № 2945-р);

Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»;

Приказом Министерства просвещения России от 09.11.2018 № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

Приказом Министерства просвещения РФ от 03.09.2019 № 467 «Об утверждении Целевой модели развития региональных систем дополнительного образования детей»;

Приказом Министерства Просвещения Российской Федерации от 30.09.2020 № 533 «О внесении изменений в порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам, утвержденный приказом Министерства Просвещения Российской Федерации от 09.11.2018 № 196»;

Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»;

Письмом Министерства образования и науки РФ от 18.11.2015 № 09-

3242 «О направлении информации» (с «Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)»).

Программа на основе реальной практической деятельности даёт возможность обучающимся почувствовать себя в роли инженера-проектировщика космических аппаратов и систем.

Программа предполагает после ознакомления с теоретической базой современной космонавтики и ее техническими средствами обязательный выбор собственного уникального проекта для каждой микрогруппы (2-6 чел.) и полноценную его реализацию под руководством куратора. При этом всю работу, от постановки технического задания на разработку до изготовления продукта обучающиеся выполняют самостоятельно.

### 1.5. ТРЕБОВАНИЯ К ОБУЧАЮЩИМСЯ

Программа адресована подросткам 14-17 лет, прошедшим обучение по ДООП «Прикладная космонавтика-2» и собеседование, направленное на выявление их индивидуальности, склонности к выбранной деятельности и уровня подготовленности.

Набор обучающихся на Программу осуществляется в соответствии с Правилами приема и отчисления обучающихся автономной некоммерческой организации «Красноярский детский технопарк «Кванториум».

### 1.6. ФОРМЫ И РЕЖИМ ЗАНЯТИЙ

Срок реализации программы – 1 год в объеме 144 часа.

Режим занятий – 2 раза в неделю по 2 академических часа с обязательным перерывом.

В конце первого полугодия проводится предзащита идеи проекта (2 часа), в конце года проходит итоговая защита проекта (2 часа).

Формы занятий: лекции, семинары, работа над проектом, экскурсии.

При проведении занятий традиционно используются три формы работы:

- фронтальная

- индивидуальная
- демонстрационная

### 1.7. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И СПОСОБЫ ИХ ПРОВЕРКИ

Особенностью программы является то, что она направлена на формирование и развитие знаний и навыков проектирования, моделирования и инженерного анализа.

В рамках программы развиваются следующие компетенции:

- формирование знания о проектной деятельности и жизненном цикле проекта.
- углубленные знания в сфере управления проектом. Знакомство с программами ведения проектами.
- навык формулирования задач по SMART.
- способность оценивать объём необходимых, имеющихся и недостающих ресурсов.
- базовые знания SWOT анализа или подобных методик для определения рисков.

В рамках программы формируются и развиваются следующие профессиональные знания:

1. расчет и изготовление парашюта, разработка системы спасения и системы выведение полезной нагрузки для модели ракет
2. проектирование электрических систем, схемы устройства.
3. углубленные знания элементной базы электронного взаимодействия узлов радиоэлектронных устройств.

Навыки:

4. углубленные навыки в среде твердотельного моделирования в программе КОМПАС-3D.
5. расширенные навыки монтажа и сборки оборудования.
6. продвинутый уровень пайки электронных схем.
7. углубленный навык программирования систем наноспутника Introsat на

языке Python.

8. углубленные навыки сбора электрических систем.
9. углубленные навыки поиска информации, литературы в достоверных источниках.

#### 1.8. ФОРМЫ ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Текущий контроль освоения программы проводится во время занятий при помощи опросов и тестирования.

Промежуточная аттестация осуществляется 1 раз в год в форме защита идеи проекта.

Аттестация по итогам освоения программы проводится в форме защиты обучающимися собственного итогового проекта.

Критерии оценки проекта в Приложении 1.



## 2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название раздела, модуля	Количество академический часов			Форма контроля
		всего	теория	практика	
1.	Соблюдение правил ТБ и санитарно-гигиенических норм при работе с электрооборудованием и учебно-методическими материалами	2	2		Тестирование
2.	Движение ракет	14	8	6	
3.	Искусственные спутники Земли	12	4	8	
4.	Полезная нагрузка. Программирование	12	4	8	
5.	Проблемы современной космонавтики	10	4	6	
6.	Научное и практическое использование космонавтики	10	6	4	
7.	Перспективы космонавтики	4	4		
8.	Промежуточная аттестация.	2		2	Защита идеи проекта
9.	Работа над индивидуальным проектом	76		76	
10.	Аттестация по итогам освоения программы	2		2	Защита проекта.
<b>ИТОГО</b>		<b>144</b>	<b>32</b>	<b>112</b>	

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

**Раздел 1. Соблюдение правил техники безопасности и санитарно-гигиенических норм при работе с электрооборудованием и учебно-методическими материалами (2 часа).**

Этап 1. Общие правила безопасности в образовательном учреждении и работы с оборудованием.

Теория: Основы техники безопасности при работе с электрическими приборами. Техника безопасности при работе в лаборатории. Общие положения техники безопасности при работе с ракетными двигателями. Техника безопасности при работе с лабораторными установками.

Практика: Тестирование по теме “Техника безопасности”.

**Раздел 2. Движение ракет.**

Этап 1. Реактивное движение. Механика переменной массы.

Теория: Принцип действия ракет, формула Циолковского. Механика тел переменной массы, числовые характеристики одноступенчатых и многоступенчатых ракет.

Этап 2. Физические законы движения ракет.

Теория: Центральное поле тяготения, гравитационные параметры небесных тел. Закон сохранения энергии в центральном поле тяготения, скорость освобождения. Закон сохранения момента импульса и законы Кеплера. Формы орбит в зависимости от начальных условий и сфера действия. Движение ракеты под действием силы тяги. Система спасения ракеты. Расчёт и изготовление парашюта.

Практика: Работа в программе OpenRocket, проектирование и симуляция полёта. Создание комплектующих деталей ракет с физическими характеристиками. Расчет и изготовление парашюта для модели ракеты.

**Раздел 3. Искусственные спутники Земли. (12 часов)**

Этап 1. Типы орбит ИСЗ.

Теория: Орбиты ИСЗ, условия выведения ИСЗ на орбиту и их движение относительно поверхности Земли. Одноимпульсные и двухимпульсные

орбитальные маневры ИСЗ. Сближение и стыковка ИСЗ, спуск с орбиты.

Практика: Работа в программе-симулятор Orbiter 2016, выполнение сближения и стыковки КА. Стыковка с МКС. Выполнение межпланетного перелёта. Выполнение практических заданий из ORBITER Space Flight Simulator стр. 33 - 45.

#### **Раздел 4. Полезная нагрузка. Программирование. (12 часов)**

##### **Этап 1. Arduino**

Теория: Основа языка программирования модуля Arduino. Контроллеры Arduino. Система питания и память. Входы и выходы. Система отделения полезной нагрузки.

Практика: Программирование бортового компьютера конструктора “Спутникостроение” стр. 28-31.

#### **Раздел 5. Проблемы современной космонавтики. (10 часов).**

##### **Этап 1. Анализ проблем космонавтики**

Теория: Метеоритная и радиационная опасности. Система жизнеобеспечения космических кораблей. Влияние перегрузок и невесомости на организм. Жизненный цикл проекта.

Практика: Разработка проектных решений проблем современной космонавтики на основе жизненного цикла проекта.

#### **Раздел 6. Научное и практическое использование космонавтики. (10 часов)**

##### **Этап 1. Применение космических технологий.**

Теория: Успехи и провалы России и СССР в изучении и использовании космоса. Геодезические и навигационные спутники и устанавливаемая на них аппаратура. Космическое право. Экологические проблемы. Использование космических систем для решения данных проблем.

Практика: Работа с модулем GY-91. Измерение давления. Определение уровня углекислого газа в атмосфере модулем датчика обнаружения диоксида углерода CCS811 CO2 eCO2 TVOC, определение качества воздуха. Работа с

газоанализатором.

### **Раздел 7. Перспективы космонавтики. (4 часа)**

Этап 1. Мировые космические программы.

Теория: Дальнейшее изучение и освоение тел Солнечной системы. Межзвездные полёты. Требования для пилотируемых межпланетных путешествий. Лунная программа.

### **Раздел 8. Промежуточная аттестация (2 часа).**

Этап 1. Защита идеи проекта, проведение анализа будущей работы над проектом. Выявление недостатков проекта.

### **Раздел 9. Работа над индивидуальным проектом. (76 часов)**

Этап 1. Постановка проблемы.

Теория: Основы проектной деятельности, мотивация на командную работу.

Практика: Погружение в проблемную область и формализация конкретной проблемы или актуальной конкурсной задачи.

Этап 2. Концептуальный.

Теория: Основы технологии SMART.

Практика: Целеполагание, формирование концепции решения.

Этап 3. Планирование.

Теория: Основы работы по технологии SCRUM.

Практика: Создание системы контроля (внутреннего и внешнего) над проектом.

Этап 4. Аналитическая часть.

Практика: Анализ существующих решений в рассматриваемой проблемной области, формирование ограничений проекта.

Этап 5. Техническая и технологическая проработка.

Практика: Эскизный проект, технический проект, рабочий проект, технологическая подготовка, изготовление, сборка, отладка, экспертиза, оценка эффективности, оптимизация объектов и процессов.

Этап 6. Тестирование.

Практика: Тестирование в реальных условиях, юстировка, внешняя независимая оценка.

**Раздел 10. Аттестация по итогам освоения программы. (2 часа)**

Этап 1. Защита проекта.

**4. Информационно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение дополнительной  
общеобразовательной общеразвивающей программы «Прикладная космонавтика - 2»**

№ п/п	Название	Автор	Год издания (создания)	Вид (электронный, печатный)
<b>Методические пособия</b>				
1	Комплексное решение для школьного курса по космонавтике «Ракетостроение»	Мулин Н, Федосеев А.- М.: Образование будущего	2016	Печатный
2	Комплексное решение для школьного курса по космонавтике «Орбисат»	Мулин Н, Федосеев А.- М.: Образование будущего	2017	Печатный
3	Учебное пособие «Открытие за неделю»	Арузманян С.В., Короткий С.А., Денисенко Д.В.- М.: ФПО «НООСФЕРА»	2020	Печатный
4	Учебное пособие «Спутникостроение»	Якушина К.Ю., Яковлева Н.М., Мулин Н.А., Кусков С.А.- М.: Образование будущего	2021	Печатный
5	Учебное пособие «Радиосвязь»	Якушина К.Ю., Прохоров А.В.- М.: Образование будущего	2021	Печатный

**Методические пособия. Электронные средства образовательного назначения**

6	Учебное пособие «ORBITER Space Flight Simulator»	Copyright 2000-2024 Martin Schweiger Orbiter веб-сайт: orbit.medphys.ucl.ac.uk/	2018	Электронный
7	Методическое пособие для проведения урока НТО. Профиль: аэрокосмические системы.	Кружковое движение НТО	2021	Электронный

**Наглядные пособия**

8	Фонд лучших работ обучающихся «Космоквантума», выполненных в разные годы.	Сюсина В.А. Пирогов А. Е	2018-2024	коллекция
---	---	-----------------------------	-----------	-----------

**Материально – техническое обеспечение**

9	Фотоаппарат	1 шт.	2016	
10	Ноутбук	10 шт.	2017	
11	Набор “Матрёшка”	3 шт	2020	

12	Персональный компьютер	1 шт.	2017	
13	Клавиатура и мышь	1 шт.	2017	
14	Монитор	1 шт.	2017	
15	Набор инструментов «Сорокин»	1 шт.	2017	
16	Микроскоп для проверки плат	1 шт.	2017	
17	Ручная радиостанция	1 шт.	2017	
18	Набор «Орбиграфт»	1 шт.	2017	
19	Источник питания постоянного тока	3 шт.	2017	
20	Панель солнечных батарей	2 шт.	2017	
21	Набор литий-ионных батарей	1 шт.	2017	
22	Принтер	1 шт.	2017	
23	Интерактивная доска	1 шт.	2017	



24	Проектор	1 шт.	2017	
25	Аудиосистема Sven 2.0	1 шт.	2017	
26	Паульник	1 шт.	2017	
27	Стол, стулья, шкафы для оборудования	12 шт.	2017	
28	Набор "ТЕТРА" цифровая лаборатория	4 шт.	2020	
29	Набор "ПЛАНЕТОХОД"	5 шт.	2020	
30	Набор наноспутник "Intosat"	3 шт.	2022	

## Оценочный лист проекта

Приложение 1

№ п/п	Объект оценки	Критерии оценки	Баллы	Оценка проекта
1	Оценка созданного изделия	Новизна и актуальность темы проекта	от 0 до 10	
		Привлекательность и оригинальность	от 0 до 10	
		Работоспособность и (или) возможность для внедрения	от 0 до 10	
		Качество	от 0 до 10	
		Перспективность и конкурентоспособность	от 0 до 10	
		Формулировка темы, цели и задач	от 0 до 7	
		Исследование проблемы проекта	от 0 до 7	
2	Оценка описания проекта	Соответствие результата проекта поставленной цели	от 0 до 7	
		Исследование целевой группы	от 0 до 7	
		Обоснование ресурсов проекта	от 0 до 7	
		Анализ аналогов проекта	от 0 до 7	

		Перспективы проекта	от 0 до 7	
<b>3</b>	Оценка защиты проекта	Соблюдение регламента публичной защиты	от 0 до 5	
		Качество подачи материала и представления	от 0 до 5	
		Аргументированность ответов	от 0 до 5	
		Качество презентации и презентационных материалов	от 0 до 5	
<b>4</b>	Премияльные баллы от эксперта	от 0 до 10		

Максимальное количество баллов 129.

Минимальное зачетное количество баллов 70 баллов.

## Темы проектов для обучающихся Космоквантума.

### Приложение 2

№ п/п	Раздел	Наименование темы	Результат
1.	Макет космической техники	Макет космического корабля “СОЮЗ-МС”	Макет, выполненный в масштабе и демонстрирующий устройство реальной космической техники.
		Макет стартовой площадки 1С космодрома “Восточный”	
		Макет ракеты-носителя “СОЮЗ-2.1”	
		Макет космической напланетной базы.	
		Макет планетохода “Луноход-1”	
2.	Ракетомоделирование	Ачинские ракетостроительные сборки	Модель ракеты с электронно-механической системой спасения.
3.	Испытательное оборудование	Модель ракеты с полезной нагрузкой для исследования атмосферы на высоте от 100 метров.  Аэродинамическая труба	Модель ракеты с электронной бортовой системой для анализа внешней окружающей среды (давления, температуры и высоты.)  Действующее испытательное

	<p>Вибростенды</p> <p>Вакуумные камеры</p> <p>Барокамеры</p>	<p>оборудование для проведения исследований на аэродинамику и др.</p>
<p>4.</p>	<p>Физические явления</p> <p>Реактивное движение</p> <p>Закон сохранения импульса</p> <p>Состояние невесомости</p>	<p>научно-исследовательская работа</p>
<p>5.</p>	<p>Конкурсы в области прикладной космонавтики</p> <p>“Реактивное движение”</p> <p>“Сила Света”</p> <p>“Дежурный по планете”</p> <p>“Space пи.Открытый космос.3.0”</p>	<p>Модель ракеты с электронно-механической системой спасения и системой выведения ПН на высоте 120 метров от точки апогея.</p> <p>Научно-исследовательский проект в области оптики.</p> <p>Оперативный спутниковый мониторинг</p> <p>Орбита - прикладные космические системы</p> <p>Космическая робототехника - роверы</p> <p>Моделирование космической</p>

			техники, исследование задач для наноспутников формата кубсат.
--	--	--	---

## 5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Для куратора

1. Алатырцев А.А., Алексеев А.И., Байков М.А. и др. Под ред.: Солодов А.В. Инженерный справочник по космической технике // Изд.2, перераб. и доп., 1977
2. Биндель Д., Овчинников М.Ю., Селиванов А.С., Тайль Ш., Хромов О.Е. Наноспутник GRESAT. Общее описание, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 21, 2009
3. Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, Москва, издательство «А и Б», 1997 г.
4. Иванов Д. С., Ткачев С. С., Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Калибровка датчиков для определения ориентации малого космического аппарата, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 28, 2010
5. Иванов Д. С., Карпенко С.О., Овчинников М.Ю., Ролдугин Д.С., Ткачев С. С. Лабораторные испытания алгоритмов управления ориентацией микроспутника 'Чибис-М', Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 40, 2011
6. Краткое пособие для системного инженера, участвующего в проекте создания микроспутника. С. Карпенко, МГТУ им. Баумана, 2003г., [http://acs.scanex.ru/Documents/library/summary/prj\\_ok.doc](http://acs.scanex.ru/Documents/library/summary/prj_ok.doc)
7. Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Лабораторный стенд для полунатурной отработки систем ориентации микро- и наноспутников, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 38, 2008
8. Мирер С.А, Механика космического полета. Орбитальное движение, Москва, Резолит, 2007
9. Малые космические аппараты информационного обеспечения, Под

ред. проф. В.Ф.Фатеева, М.: Радиотехника, 2010/ Издательство «Радиотехника».

10. Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю. Лекции по механике космического полета, М.: МФТИ, 1997, 188с.

11. Овчинников М.Ю. “Малыши” завоевывают мир. В сборнике научно-популярных статей – победителей конкурса РФФИ 2007 года. Выпуск 11 / Под ред. чл.-корр. РАН В.И.Конова. – М.: Изд-во “Октопус”, 2008, с.17-29.

12. Овчинников М.Ю. Наноспутники и современные проблемы освоения космоса. В кн.: Пространства жизни. К 85-летию академика Б.В.Раушенбаха. М: Наука, 1999, с.172-180.

13. Овчинников М.Ю. Малые спутники и проблемы их ориентации. Современные проблемы прикладной математики. Сборник научно-популярных статей. Под ред. акад. А.А.Петрова. М.: МЗ Пресс, 2005. С.197-231.

14. Овчинников М.Ю., Пеньков В.И., Кирюшкин И.Ю., Немучинский Р.Б., Ильин А. А., Нохрина Е.Е. Опыт разработки, создания и эксплуатации магнитных систем ориентации малых спутников, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 53, 2002

15. Spacecraft Formation Flying, Alfriend etal, 2010

16. Fundamentals of Space Systems - 2nd Ed., Vincent L. Pisacane and Robert C. Moore, 2005