

Комитет по образованию Санкт Петербурга  
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение  
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»  
Северо-Западная межрегиональная общественная организация  
Федерации космонавтики России  
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им.Д.Ф.Устинова

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ**

**МАТЕРИАЛЫ  
XVII ОТКРЫТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
учащихся, студентов и аспирантов**

18-19 апреля 2019 года

Комитет по образованию Санкт Петербурга  
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение  
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»  
Северо-Западная межрегиональная общественная организация  
Федерации космонавтики России  
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ**

**МАТЕРИАЛЫ  
XVII ОТКРЫТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
учащихся, студентов и аспирантов**

18-19 апреля 2019 года, Санкт-Петербург, Россия

Санкт-Петербург  
2019

**Информационные технологии в области науки и техники:**  
материалы XVII открытой научно-практической конференции  
учащихся, студентов и аспирантов. ГБНОУ «СПБ ГДТЮ». – СПб.,  
2019. – 67 с.

Публикуемые материалы представляют собой статьи и доклады, представленные на XVII Открытой научно-практической конференции учащихся, студентов и аспирантов «Информационные технологии в области науки и техники», которая прошла 18-19 апреля 2019 года в Юношеском клубе космонавтики им. Г.С. Титова Государственного бюджетного нетипового образовательного учреждения «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных» (г. Санкт-Петербург).

Материалы сборника охватывают вопросы информационных технологий в области радиоэлектронных систем управления летательными аппаратами, разработки систем обработки информации, проектирования и управления малыми космическими аппаратами, повышения качества аэрокосмического образования молодежи.

© ГБНОУ СПБ ГДТЮ,  
ЮОКК, 2019

# **Организационный комитет XVII открытой научно-практической конференции**

---

- А.И. Тарасов к.т.н., доцент БГТУ «Военмех» им. Д.Ф.Устинова,  
председатель попечительского совета  
фонда «Апрель12»,  
председатель оргкомитета конференции
- В.Ф. Жуковский к.т.н., заведующий сектором ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»,  
научный руководитель  
Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова
- И.Я. Жуковская заведующий лабораторией ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»,  
куратор конференции
- А.Ю. Ронкина руководитель  
Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова  
ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»

## **Бутусова В.А. Научно-исследовательская деятельность: от ученичества к студенчеству**

«Кем ты хочешь стать, когда вырастешь?» – один из самых частых вопросов, которые задают детям и младшим школьникам их родители и окружающие взрослые. С течением времени этот вопрос трансформируется и становится более конкретным — выбор высшего учебного заведения, в котором будет успешно учиться и развиваться в профессиональной сфере старший школьник. Однако иногда одного желания оказывается недостаточно для того, чтобы осознать правильность этого выбора. Сложные названия специальностей зачастую отпугивают абитуриентов, а обобщенные не дают понимания того, какой специализацией будет обладать выпускник. Одной из самых успешных возможностей определения «своей» профессии является вовлечение старшеклассников в научно-исследовательскую деятельность.

Первые научные опыты ученики совершают посредством школьных докладов по предметам на заданную тему. Чаще всего такие тексты пишутся с использованием учебников, интернета и не представляют собой исследовательскую деятельность, так как не имеют под собой практической части. С другой стороны, если старшеклассник участвует в научно-исследовательском проекте, работает над поставленной ему задачей, он опосредованно исследует специализацию, которой посвящен проект. К примеру, Юношеский клуб космонавтики помимо основных учебных занятий предлагает своим обучающимся возможность участвовать в разносторонней научной деятельности через конструкторское бюро «АнСат».

Процесс любой научной работы организован достаточно просто: выбор темы, затем постановка цели и задач, работа над материалом, подведение итогов. Так можно описать практическую «деятельную» составляющую. Другой стороной научно-исследовательской деятельности является представление результатов своей работы в публичных мероприятиях — конференции, публикации, статьи, семинары. Популярный в настоящее время формат воркшопов (англ. *workshop* – семинар, групповое занятие), который представляет собой некую «рабочую мастерскую», в которой участники приобретают знания и умения посредством работы в группе.

Именно этот этап научно-исследовательской деятельности тесно связывает будущих абитуриентов с конкретными ВУЗами, кафедрами или направлениями. С помощью конференций, проводящихся совместно университетами, школами, кружками и т. п., происходит двусторонний обмен знаниями — старшие школьники получают представление о будущей возможной специализации, в то время как кафедры знакомятся со своими потенциальными будущими студентами.

В оглавлении данного сборника материалов к XVII конференции учащихся, студентов и аспирантов представлено 19 докладов, 11 из которых написаны учениками или выпускниками Клуба космонавтики.

# **Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»**

---

В.Ф. Жуковский	к.т.н., заведующий сектором ГБНОУ «СПБ ГДТЮ», научный руководитель Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова
Г.А. Грачев	педагог дополнительного образования ГБНОУ «СПБ ГДТЮ», выпускник Юношеского клуба космонавтики им.Г.С.Титова, научный руководитель
Н.А. Котелевский	СПбГУ, студент 2 курса, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
М.С. Григорьев	учащийся 10 класса ГБОУ гимназия № 166, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
Я.И. Чешкова	учащаяся 11 класса ГБОУ СОШ № 317, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
М.Л. Суров	учащийся 9 класса ГБОУ СОШ № 266, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
М.А. Купоров	учащийся 10 класса ГБОУ Лицей № 126, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова
Я.П. Лаузер	учащаяся 7 класса ГБОУ Гимназия № 540, Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова

## ***Котелевский А.В. Выбор оптимальной формы наноспутника: куб или шестиугольная призма?***

**Научный руководитель: Жуковский В.Ф.**

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к спутникам малого размера и массы. Многие современные космические корпорации разрабатывают малые спутники – беспилотные космические аппараты массой менее 1 т. К ним относятся мини-, микро-, нано-, пико- и фемтоспутники. Малые спутники чаще всего применяются для астрономических наблюдений, дистанционного зондирования Земли, а также в образовательных целях. Преимуществом малых космических аппаратов является их лёгкость и компактность, что значительно снижает затраты на их производство и запуск в космическое пространство.

Отдельно стоит отметить наноспутники – малые спутники массой от 1 до 10 кг. Из-за очень малого размера и массы наноспутники экономят пространство и массу полезной нагрузки в ракете-носителе, поэтому за один запуск ракеты в космическое пространство можно вывести сразу несколько наноспутников. По этой причине наноспутники часто запускают группировками. Самой распространённой формой наноспутника является кубсат – космический аппарат в форме куба размером 10\*10\*10 см. Однако в последние годы возникает интерес к наноспутникам других форм (например, к шестиугольным призмам). Так, отечественная корпорация «Спутникс» разработала космический аппарат «ТаблетСат» в форме правильной шестиугольной призмы.

В настоящее время в Юношеском клубе космонавтики имени Г. С. Титова ведётся разработка группировки наноспутников. В качестве формы спутников и всей группировки выбрана правильная шестиугольная призма, так как эта форма имеет ряд преимуществ перед кубом. Однако куб по многим причинам остаётся наиболее популярной формой наноспутников. Возникает интерес выяснить, какая из этих форм является оптимальной для космического аппарата. Необходимо выявить преимущества и недостатки спутников в форме шестиугольной призмы перед кубсатами. Для этого нужно выяснить, какими физическими и геометрическими свойствами должны обладать спутник и спутниковая группировка, и какая форма конструкции в наибольшей степени обеспечивает эти свойства.

Конструкция спутника и спутниковой группировки должна быть жёсткой (не должна деформироваться в космическом пространстве во время полёта или роспуска в рабочее положение). Она также должна быть устойчивой в стартовом положении для правильного размещения в ракете-носителе перед запуском в космос.

Важной характеристикой спутника является его внутренний объём, необходимый для свободного размещения мехатроники, солнечного паруса и

других важных элементов внутри спутника. Также важным аспектом является площадь оснований спутника (суммарная площадь верхней и нижней граней), необходимая для размещения различной аппаратуры (солнечных батарей, съёмочной аппаратуры) на внешней поверхности спутника. Спутник должен быть наиболее экономичным: затраты материала на создание объёма и площади поверхности должны быть минимальными. Основная часть материала затрачивается на изготовление каркаса спутника. Каркас представляет собой сумму длин всех рёбер спутника. Задача – создать наибольший объём и площадь оснований при минимальной суммарной длине рёбер. Характеристикой экономичности можно считать удельную длину ребра – отношение суммарной длины рёбер спутника к его объёму.

При создании спутниковой группировки к боковым граням начального спутника добавляются спутники такой же формы и размера. К полученной группировке по периметру добавляются новые спутники (в один или несколько рядов). Количество рядов ограничено радиусом ракеты-носителя, запускающего группировку в космос. Спутники в составе группировки должны располагаться максимально компактно и плотно друг к другу для экономии места в ракете-носителе, а также для повышения прочности группировки в стартовом положении. При этом спутники должны свободно расходиться в разные стороны при роспуске группировки в рабочее положение. Кроме того, при увеличении группировки и добавлении новых рядов спутников форма группировки не должна изменяться.

В результате проведённых исследований было выяснено, что спутники в форме правильной шестиугольной призмы соответствуют вышеперечисленным требованиям в большей степени, чем традиционные кубсаты. Следовательно, шестиугольная призма является для спутника более оптимальной формой, чем куб.



# Григорьев М.С. Математическое обоснование крупногабаритных конструкций на базе группировки спутников «АнСат»

Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

Проект «АнСат» представляет собой совокупность научных и проектных исследований в Молодежном конструкторском бюро ЮОК. Базовым направлением разработки является проектирование группировки спутников, состоящей из множества «наноспутников», связанных между собой механически, информационно и энергетически.

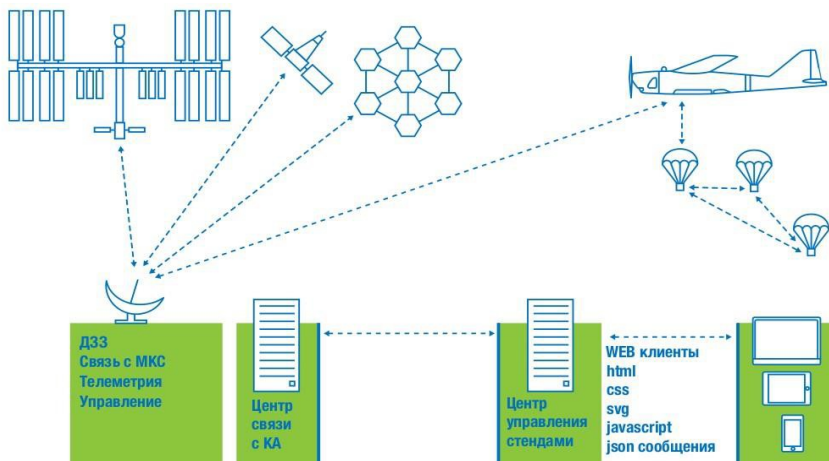


Рисунок 1: Концепция проекта "АнСат"

Формфактором группировки является правильная шестигранная призма. Данная форма является оптимальной с точки зрения жесткости и компактности конструкции.

Разрабатываемая группировка спутников обладает важными отличительными свойствами, такими как:

- Равномерный роспуск;
- Масштабируемость;
- Компактное транспортное состояние.

На орбиту Земли группировка доставляется в сложенном состоянии. В связи с этим, форма отдельно взятого спутника – сопа, равная шестиугольная призма. Эта форма является оптимальной для транспортного положения: все спутники группировки компактно складываются, между ними почти не остаются зазоры.

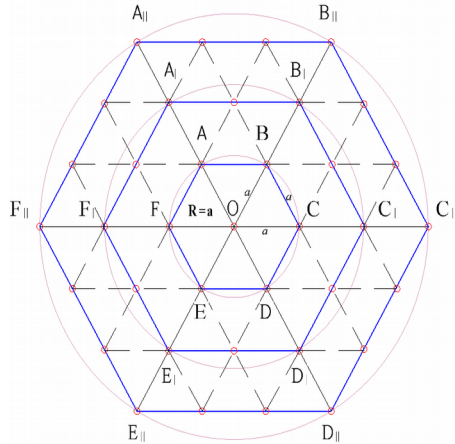


Рисунок 2: Демонстрация свойств правильной шестигранной призмы

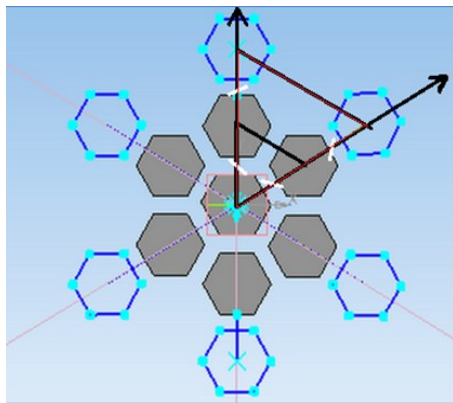


Рисунок 3: Роспуск группировки из транспортного положения

Основным вопросом для группировки спутников является весовой расчёт. Для расчёта массы всей группировки нужно учитывать такие критерии, как масса спутников-модулей со всей встроенной в них механикой и электроникой, масса механических связей и солнечного паруса (плёнки).

При рассмотрении на примере минимальной модификации группировки, состоящей из 7 спутников, выявлено следующее: при весе одного спутника равного 3 кг, весе 1 метра связей равного 42 гр и весе 1 м<sup>2</sup> плёнки равного 12 гр получается, что данная система будет весить лишь 54 кг.

Таблица 1: Весовая характеристики элементов группировки «АнСат»

Механика, электроника:		Механические связи:		Солнечный парус (пленка):	
Вес спутника, кг	3	Длина связи, м	20	Площадь 6 сегментов, м <sup>2</sup>	1039
Кол-во спутников, шт	7	Вес 1 м. п., кг	0,042	Вес 1 м <sup>2</sup> , кг	0,012
Общий вес, кг	21	Кол-во связей, шт	24	Общий вес паруса, кг	12,5
		<b>Общая длина, м</b>	<b>480</b>	<b>Итого общий вес, кг</b>	<b>53,6</b>
		<b>Общий вес связей, кг</b>	<b>20,1</b>	<b>Парусность, м<sup>2</sup>/кг</b>	<b>19,4</b>

Ещё одной особенностью группировки «АнСат» является возможность добавления плёночных солнечных батарей. Отсюда возникает проблема того, как разместить плёночные батареи так, чтобы не нарушать равновесие группировки и не перегружать модули, а самое главное закрыть все сектора. Одной из важных задач была разработка наименьшего количества типов модулей для роспуска. В ходе данной разработки была предложена система роспуска по принципу «улитки», как продемонстрировано на рисунке ниже. Данная система позволяет закрыть все сектора группировки, не нарушает равновесие конструкции, а также требует всего два типа модулей с плёнкой. Первый тип: с двумя плёнками, раскрывающимися в противоположные стороны (все внутренние модули, за исключением центрального). Второй тип: с одной плёнкой, раскрывающейся в одну сторону (все крайние модули).

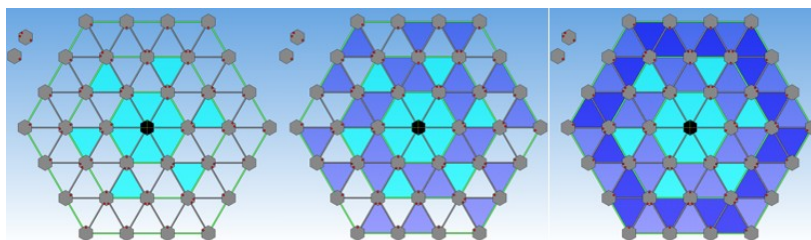


Рисунок 4: Роспуск плёнки на группировке (На примере 1, 2 и 3 уровня)

Уникальным свойством конструкции «АнСат» является возможность создания на ее базе объёмных крупногабаритных космических конструкций. Одним из видов такой конструкции может являться конструкция на базе платформы в форме тетраэдра.

При рассмотрении данной конструкции с точки зрения рабочей площади, выходит, что получаемая площадь становится в 4 раза больше.

Группировка «АнСат», благодаря огромным рабочим площадям способна стать космической солнечной электростанцией (КЭС). Это может произойти благодаря плёнке, натянутой в пространстве внутри секторов. Данная плёнка, способна с 1 м<sup>2</sup> вырабатывать мощность равную 100 Вт. Так на 1 уровне группировки, при площади равной 1000 м<sup>2</sup>, есть возможность по-

лучить мощность равную 0,1 МВт (100000 Вт). А на 7 уровне группировки, при площади более 50000 м<sup>2</sup>, есть возможность получать уже 5,1 МВт (5100000 Вт).

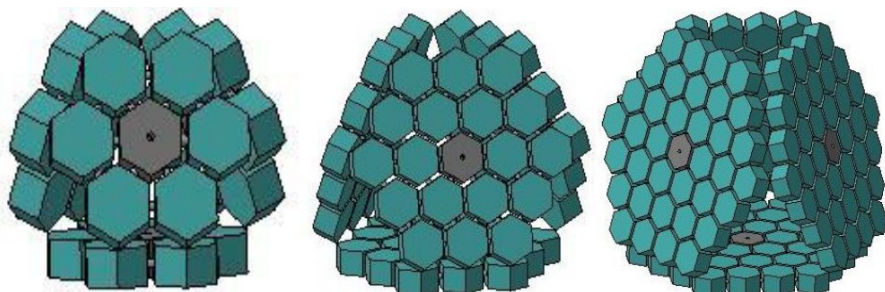


Рисунок 5: Объёмная крупногабаритная конструкция "АнСат" в форме тетраэдра (На примере 1, 2 и 3 уровня группировки)

Таблица 2: Расчет вероятной мощности КЭС на базе группировки «АнСат»

Уровень	Кол-во спутников	Вес, кг	Рабочее положение Площадь, м <sup>2</sup>	Вырабатываемая мощность, МВт
1	7	54	1039	0,1
2	19	177	4157	0,4
3	37	374	9353	0,9
4	61	645	16628	1,7
5	91	988	25981	2,6
6	127	1405	37412	3,7
7	169	1894	50922	5,1

Для испытания системы роспуска группировки, а также роспуска плёнки, был создан и испытан демонстрационный стенд роспуска системы «АнСат», представленный ниже.

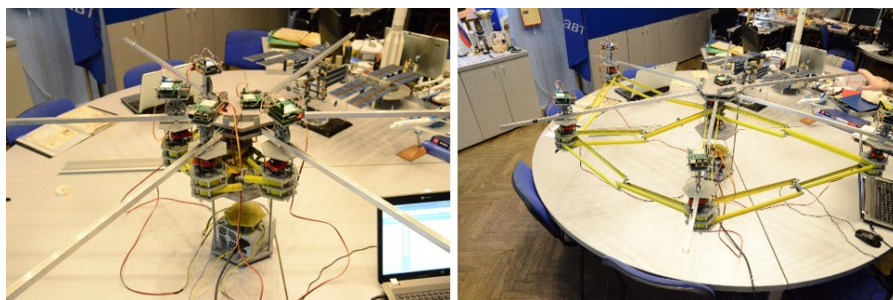


Рисунок 6: Стенд роспуска группировки «АнСат»

## ***Чешкова Я.И. Анализ кинематических параметров торможения БПЛА***

**Научный руководитель: Грачев Г.А.**

В Юношеском клубе космонавтики им. Г.С. Титова на данный момент реализуется образовательный проект «АнСат». В проекте учащиеся школ, студенты и педагоги занимаются разработками по двум глобальным направлениям: космическому и авиационному.

В рамках авиационного направления участники проекта занимаются разработкой комплекса систем, обеспечивающих посадку беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на мобильную платформу в непредназначенной для этого местности, что включает в себя разработку тормозной системы, обеспечивающей торможение БПЛА с перегрузкой не выше заданной.

При разработке системы торможения была выдвинута гипотеза о том, что серией ударов можно полностью погасить кинетическую энергию БПЛА.

Для проверки вышеуказанной гипотезы на летнем лагерном сборе клуба были проведены натурные испытания разработанного прототипа системы торможения. Система представляет из себя последовательно соединенные барьеры, расположенными на одинаковой дистанции друг от друга. В систему заряжен трос, на концах которого находятся шарообразные объекты. При вытягивании троса шары проходят через пружинные пластины. С помощью ударов шаров о пластины осуществляется перераспределение кинетической энергии БПЛА в работу этих пластин.

Во время испытаний, которые были сняты на камеру, данные об ускорении массо-габаритного макета БПЛА фиксировались с помощью акселерометра. В данной работе использованы данные, полученные посредством видеосъемки экспериментов.

Цель работы – извлечение параметров движения объекта из видеофайлов и исследование кинематики тела при торможении. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

- получение первичных видеофайлов эксперимента;
- разработка алгоритма извлечения кинематических параметров тела из видеофайла;
- определение скорости и ускорения тела в каждый момент времени;
- определение максимальных перегрузок при торможении.

Экспериментальная съемка производилась с частотой 50 кадров в секунду. Следовательно, при разложении видео, разница между отдельными кадрами составит 20 миллисекунд. Также на тросе были сделаны отметки с шагом 0,5 м. Это дает возможность, не зная преодоленного объектом реального расстояния, вычислить его, измеряя с фотографий в миллиметрах. Есть расстояние от отметки до отметки в метрах и миллиметрах, их отношение – коэффициент подобия.

$$k = \frac{L_{real}}{L_{img}}$$

Для нахождения перемещения объекта между кадрами необходимо измерить расстояние от объекта до ближайшей отметки, затем на следующем кадре измерить расстояние от объекта до той же отметки. Разность этих расстояний, умноженная на коэффициент подобия – реальное перемещение макета между кадрами (рис.1).

$$S_{real} = k * S_{img}$$

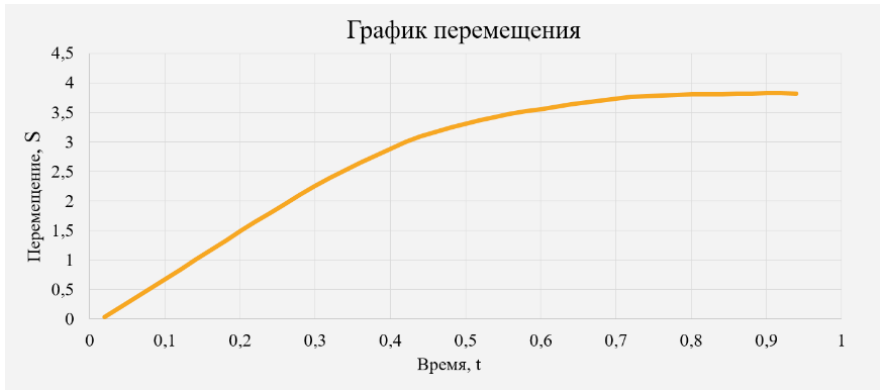


Рис. 1: График перемещения

Есть расстояние, преодоленное объектом и время, за которое оно было пройдено, значит есть и скорость, из которой можно понять ускорение, перегрузки макета.

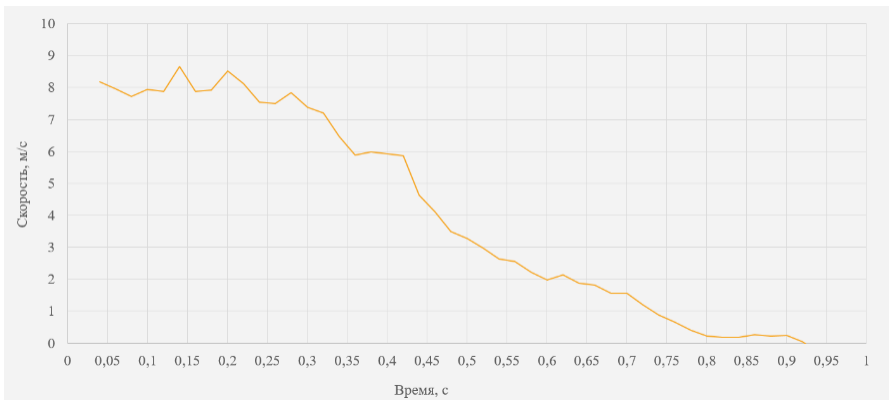
$$v(t) = S'(t) = \frac{dS}{dt} \rightarrow \frac{\Delta S_{real}}{\Delta t}$$

Средний тормозной путь составляет 3,78м.

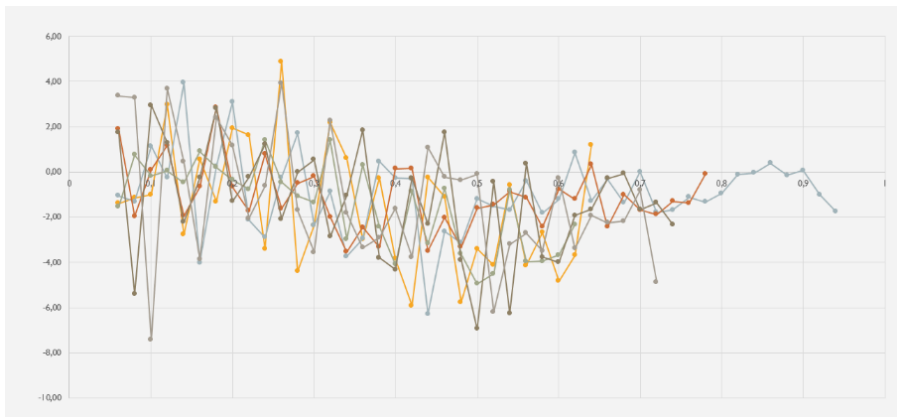
Среднее время торможения 0,38с.

Максимальные перегрузки колеблются в диапазоне от 3,53g до 7,42g.

В результате проделанной работы была разработана методология извлечения кинематических параметров из видео-файлов, обработаны данные более чем десяти экспериментов.



*Рис. 2: График скорости*



*Рис. 3: График перегрузки*

## ***Купоров М.А. Создание Telegram-бота в рамках решения задач по съему координат на местности***

**Научный руководитель: Грачев Г.А.**

Ежегодно Юношеский клуб космонавтики им.Г.С.Титова (далее – ЮКК) совершает учебный выезд в пансионат «Ольшаники» с целью провести практику по навигации для ребят второго года обучения.

Цель практической работы — составить карту данного полигона.

Полигоны между командам учащихся по 2-3 человека распределяют преподаватели. В процессе картографирования команды «записывают» точки своего участка: они приходят на определённое место и заносят координаты в навигатор. После того, как координаты всех точек занесены в навигатор команды составляют карты своих полигонов на миллиметровке.

Все описанные выше процессы выполняются вручную.

Цель проекта — автоматизировать процесс съёма рельефа.

В задачи данного проекта входит:

- создание логики для процесса автоматизации,
- создание такого хранилища, в котором хранились бы все необходимые данные,
- осуществление лёгкого доступа ко всем данным, хранящимся в базе данных.

К остальным задачам относится реализация процесса авторизации пользователей и обеспечение стабильной работы сервиса.

За основу была взята концепция, состоящая из нескольких «элементов»:

- «что-то» с чем контактирует пользователь
- база данных, в которой хранятся данные пользователя

Данный проект ещё только набирает обороты и ему есть куда расти — в контексте использования его в учебных выездах он очень перспективен. В целях на будущее — разработка собственного приложения (собственное учебное ПО ЮКК) и расширение функционала.



## **Суров М.Д. Автоматическое построение рельефа местности по известным точкам**

**Научный руководитель: Грачев Г.А.**

Результатом выполненной работы является программа, которая позволяет строить рельеф местности по введённым точкам. При этом можно выбрать способ визуализации данных:

- 2D изображение с зависимостью цвета от высоты,
- 2D изображение с изображёнными изогипсами (изогипсы – линия, состоящая из точек с одинаковой высотой),
- 3D модель рельефа;

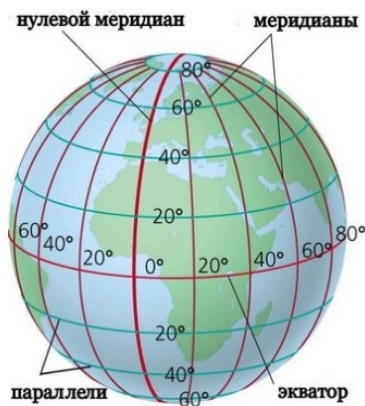
Также можно выбрать вид отображения показателей долготы и широты: в действительных метрах, в сантиметрах в определённом масштабе (для составления карты).

Для начала определимся с географическими терминами и понятиями.

Экватор – условная линия сечения земной поверхности плоскостью, проходящий через центр Земли, перпендикулярно оси её вращения. Длина экватора, приблизительно, равна 40075,696 километров.

Параллель (градусы долготы) – линия сечения планеты плоскостью, параллельной плоскости экватора.

Меридиан (градусы широты) – линия сечения поверхности плоскостью, проходящей через ось вращения Земли. Длина примерно равна экватору.



**Рис. 1. Земля с обозначениями**

Для реализации программы был использован язык программирования Python и интегрированная среда разработки rucharm. Python был выбран в основном из-за того, что он содержит обширный запас библиотек, а обучение

языку программирования было быстрое. Были использованы следующие библиотеки Python для построения рельефа: pandas, numpy, scipy, matplotlib, pylab.

Функции этих библиотек в работе:

1. Pandas. Она нужна для обработки и анализа полученных данных.
2. Numpy. Нужна для работы с массивами данных, полученных при помощи pandas.
3. Scipy. В моём случае нужна для интерполяции высоты точек. (Интерполяция – нахождение промежуточных значений по известному набору данных.)
4. Pylab. Нужна для проведения изогипс.
5. Matplotlib. Нужна для вывода двухмерных и трёхмерных изображений.

Рассмотрим основные функции программы:

1. Определение масштаба и перевода градусов в единица расстояния.

Сначала, определяется нужно ли вывести координаты в действительном виде или в масштабе. Однако, в том и другом случае показатели по долготе и широте преобразуются из градусов в сантиметры, метры и километры относительно нулевой точки. Нулевая точка – это точка, координаты которой составляет минимальное значение по широте и долготе из всех введённых точек. Это сделано для удобства, так как программа предназначена для картографирования и визуализации рельефа местности маленького охвата. Соответственно, для перевода градусов в единицы расстояния надо узнать, сколько в одном градусе по широте и долготе есть километров/метров/сантиметров, что определяется по соответствующим формулам:

$$1^\circ \text{ широты} = \frac{\text{Длина экватора в сантиметрах}}{360^\circ}$$
$$1^\circ \text{ долготы} = \frac{\text{Длина экватора в сантиметрах} * \cos(\text{градус широты})}{360^\circ}$$

Как видно из формулы, один градус широты постоянно равен определённому значению, это 111321 метра. А один градус долготы зависит от градуса широты, на котором была проведена параллель: если градус широты равен 0, то один градус долготы равен одному градусу широты, если градус широты равен 90, то один градус долготы равен нулю.

Также, если пользователь не уверен, что масштаб верный, он может ввести значения сторон прямоугольника бумаги, на котором надо изобразить карту, а программа при помощи выяснения максимальных значений по широте и долготе в метрах может определить масштаб.

2. Интерполяция данных по высоте.

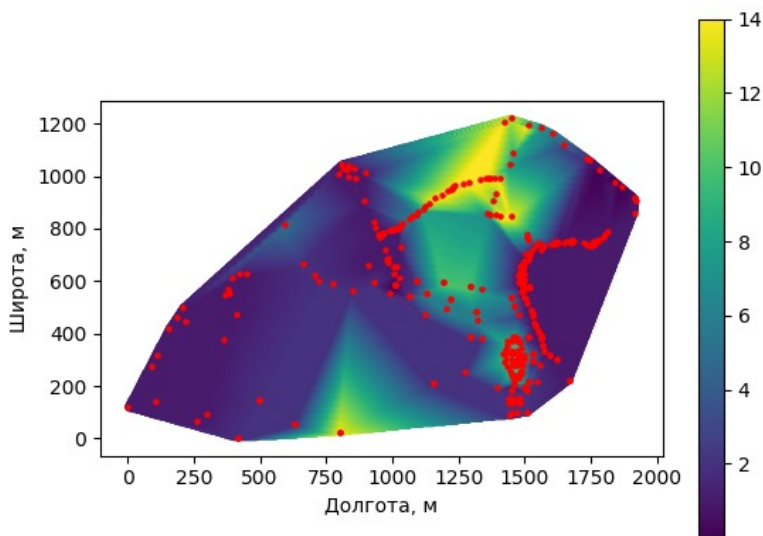
Как было изложено ранее, интерполяцию позволяет делать библиотека в python под названием scipy. Однако, перед этим совершаются определённые действия с координатами точек. Для начала строится массив дан-

ных этих точек, а затем строится сетка: выстраиваются линии по оси  $x$  и  $y$  с определённым промежутком в градусах, примерно 0.00001 градуса, а пересечением этих линий являются точки с показателем высоты, которых нужно вычислить.

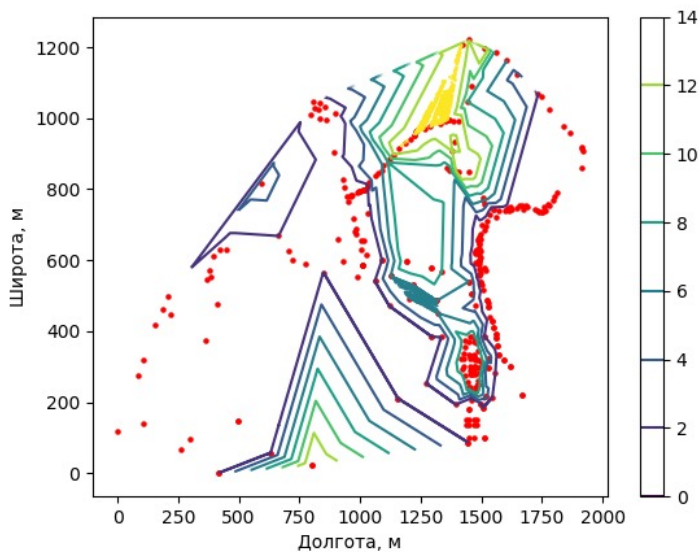
Было рассмотрено два метода интерполяции: линейный и кубический. Выбор был остановлен на линейном, так как он может без ошибок сделать интерполяцию. Под ошибками имеется в виду те, которые возникают при интерполяции кубическим методом, к примеру, появляется отрицательная высота и огромный её перепад, которого быть не должно. Однако, при большем количестве точек, которые будут равномерно распространены по исследуемой площади, таких ошибок не возникает, но и подобных условий очень трудно добиться. Поэтому был выбран линейный метод интерполяции.

#### *Вывод данных в виде 2D или 3D графика*

Самый простой способ вывода данных рельефа – это изобразить сетку точек с выясненными промежуточными значениями высоты на графике и с зависимостью цвета от этой высоты (все результаты находятся в конце работы).

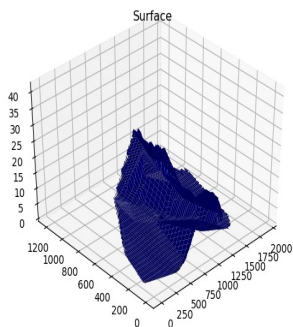


С помощью этой визуализации можно узнать высоту на какой угодно координате, которая входит в исследуемую территорию, просто наведя курсор на эту координату. Однако, такая визуализация не очень понятна зрительно, поэтому был сделан новый вид визуализации, который больше походит на географическую карту с проведёнными изогипсами.

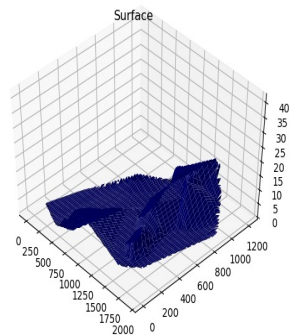


И третий тип визуализации — это рельеф в 3D. Он является ресурсоёмким процессом, особенно когда исследуемая территория большая, поэтому была введена функция регулирования графики изображения. Она устроена так, что в зависимости от числа, которого ввёл пользователь зависит промежуток, через который создаются линии для образования сетки, соответственно, чем больше это значение, тем меньше ресурсов устройства затрачено. Получившуюся 3D модель можно вращать и смотреть с разных ракурсов.

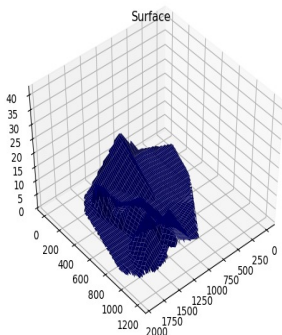
Данные для примера были взяты с поездки в пансионат «Ольшаники».



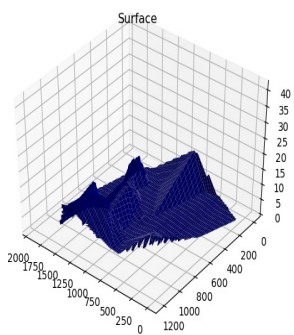
**2 Рельеф поворот 0 градусов**



**3 Рельеф поворот 90 градусов**



**4 Рельеф поворот 180 градусов**



**5 Рельеф поворот 270 градусов**

Созданная программа позволит строить карты не только жилых пунктов, городов, где высота практически одинакова, но и разных других рельефов: гор, холмов и так далее, простым пользователям – путешественникам. А полученная информация о рельефе может быть сохранена в базу данных для уточнения рельефа поверхности Земли. На будущее она может пригодится для строительства разных сооружений, к примеру, железных дорог, на малоизученной местности.

## Лаузер Я.П. Наземный сегмент проекта АнСат

Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

Резиновым сайтом принято называть сайт, изменяющий свои размеры в зависимости от размеров клиентской области окна браузера.

Идея заключается в том, что мы делим наш сайт на 9 div блоков. Div блоки вмещают в себя любые элементы web-страницы, в любом количестве, ими легко манипулировать и форматировать. Этот блок создается в теге <div>, который может содержать в себе и другие <div> блоки. В тег <body> располагается вся видимая часть документа. Разметка страницы осуществляется в пикселях.

Основным преимуществом резиновости является изменение размеров сайта. Пропорции элементов разметки остаются неизменными при любом размере монитора и при любых действиях пользователя с окном браузера.

Точкой отсчета берется верхний левый угол экрана. Оттуда начинается отсчет пикселей. У каждого из блоков, кроме тех, которые расположены по середине (2,5,8), есть свои значения высоты и ширины. У блоков (2,5,8) не заданы параметры широты, так как они могут ее изменять.

Div1 hu. height: 64px. top: 0px wl. width: 250px left: 0px .m	Div2 hu. height:64px top: 0px wc. left: 250px right: 250px .m	Div3 hu. height:64px top: 0px wr. width: 250px right:0px .m
div4 hc. top:88px bottom: 20px  wc. width: 250px left: 0px  .m	div5 hc. top:88px bottom: 20px  wc. left: 250px right:250px  .m	div6 hc. top: 88px bottom: 20px  wr. width:250px right:0px  .m
Div7 hd. height: 20px bottom: 0px overflow: hidden wl. width: 250px left: 0px .m	div8 hd. height:20px bottom: 0px overflow: hidden wc. left: 250px right: 250px .m	div9 hd. height:20px bottom: 0px overflow: hidden wr. width: 250px right: 0px .m

Для того, чтобы не терять информацию, которая не помещается в блоках при сжимании, снизу появляется горизонтальная полоса прокрутки. Таким образом, даже потеряв часть изображения, пользователь все равно сможет ее увидеть.

Зачастую необходимо создать строку Меню. Для этого нужно создать дополнительные div блоки. Можно создавать множество таких блоков, и добавлять новые параметры к ним. При создании строки Меню три верхних блока также изменят свои значения параметров, свои размеры.

Существуют параметры, которые нам позволяют определить HTML фон для сайта. Цвет фона блока определяется атрибутом background-color, который размещается в соответствующем теге.

```
<body style=" background-color:#66cc66">
```

# **Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова**

---

А.А. Сорокин	к.т.н., профессор кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
В.А. Сеницын	к.т.н., доцент кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
Ю.В. Петров	к.т.н., доцент кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
А.В. Побелянский	ассистент кафедры «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», научный руководитель
Н.М. Моисеева	студентка 4 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Р.Р. Яфясов	студент 4 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Ю.С. Мазурова	студентка 4 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Ю.А. Локачева	студентка 4 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
А.Ю. Усачева	студентка 4 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
А.В. Изюмов	магистрант 1 курса кафедры И4 «Радиоэлектронные системы управления»
Д.К. Дмитриев	магистрант 1 курса кафедры А8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», выпускник Юношеского клуба космонавтики им.Г.С.Титова



**Моисеева Н.М. Яфясов Р.Р. Алгоритм идентификации  
состояния оператора системы по сигналу,  
отображающему движение его глаз**

**Научный руководитель: Сорокин А.А.**

Проблема оценивания состояния человека, находящегося на ответственном объекте всегда была актуальной, особенно, если оператор находится вне досягаемости от оценивающих специалистов, когда нет возможности повлиять на работу человеко-машинной системы, где человек выполняет важнейшую роль, что может привести к нежелательным последствиям. Поэтому возникает потребность в разработке технологии оценки состояния оператора удаленно. Для этого возможно применить технологию обработки сигналов, посредством использования корреляционного анализа. Корреляционный анализ дает возможность установить наличие в сигналах определенной взаимосвязи или же ее отсутствия, что и позволит оценить степень соответствия оператора норме.

Данный метод подразумевает нахождение коэффициента взаимной корреляции между показателями предполагаемой нормы и показателями самого оператора. Таким образом, решение задачи сводится к тому, что необходимо найти коэффициент взаимной корреляции двух сигналов: один из них сигнал, в котором заложена информация о "норме" состояния, другой сигнал - случайный процесс.

Для осуществления данной технологии требуется задать сигнал, который будет содержать информацию о предполагаемой норме, которая состоит из показателей, принимающих определенные значения, в конкретный момент времени. Данные сведения должны быть представлены в виде цифрового сигнала, что позволяет использовать алгоритм, включающий в себя поиск коэффициента взаимной корреляции Пирсона (1). [1,2]

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 * \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

где  $x_i$  – значение сигнала нормы,  $y_i$  – значение сигнала, соответствующего значениям показаний оператора,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое для сигнала нормы,  $\bar{y}$  – среднее арифметическое значение для величины сигнала оператора.

Чтобы получить сигналы, содержащие достаточную информацию, необходимо применить окулографию.

Окулография – определение координат взора, или же точки пересечения оптической оси глазного яблока и наблюдаемого объекта или экрана, на

котором предъявляется некоторый зрительный раздражитель. [3] На рисунке 1 а) наглядно проиллюстрировано возможное движение объекта на экране, б) – движение глаз оператора.

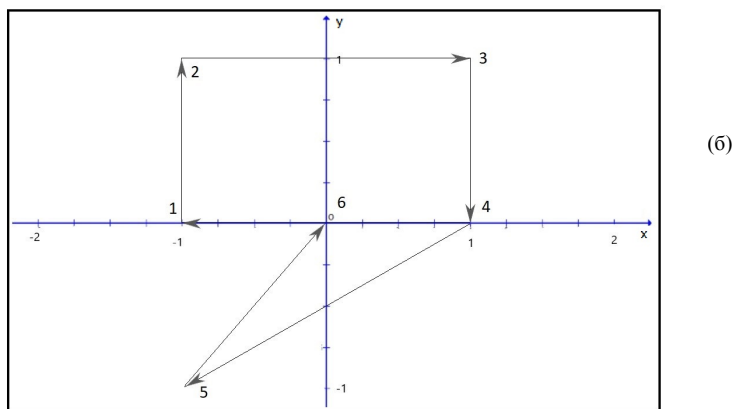
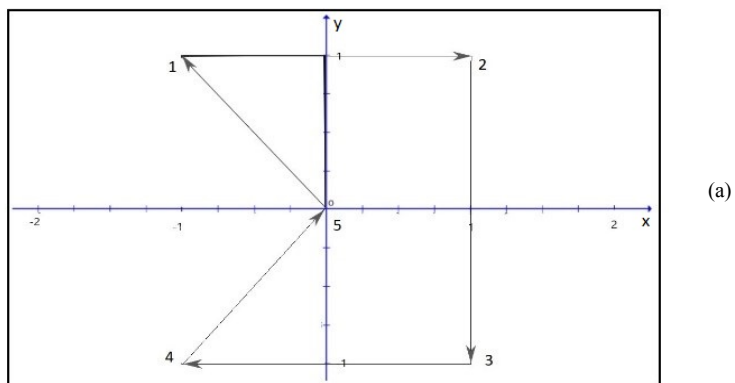
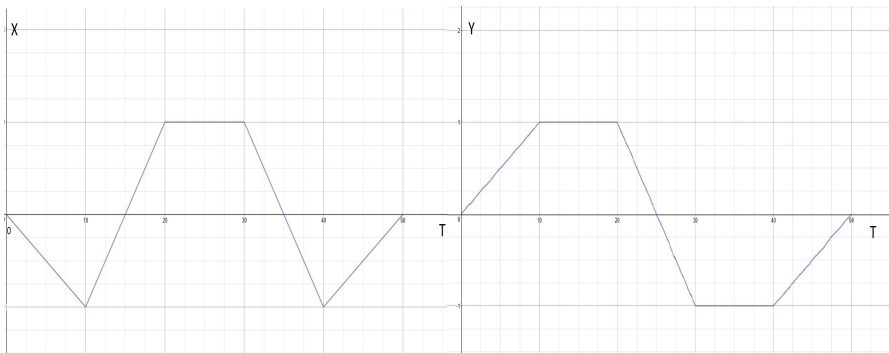
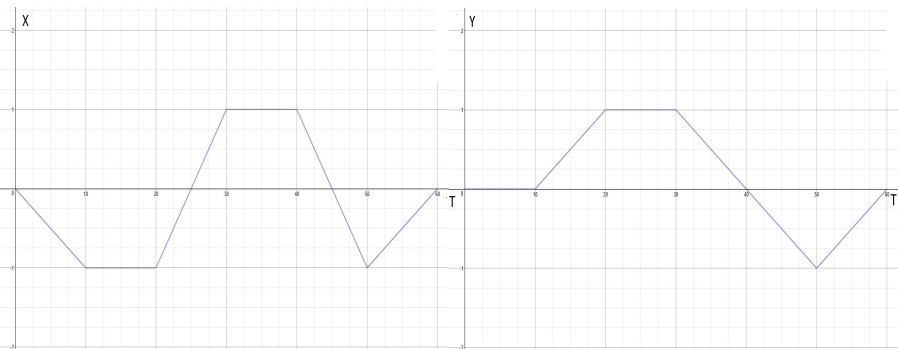


Рисунок 1 – Движение объекта наблюдения на экране(а) и движение глаза оператора (б)

Таким образом можно представить передвижение объекта наблюдения и движение глаз оператора двумя сигналами, отражающих в себе изменения по координатам относительно времени, по вертикальной оси  $Y$  и по горизонтальной оси  $X$ . Данные сигналы изображены на рисунке 2.



(а) движение объекта по координатам



(б) перемещение взгляда оператора по координатам

Рисунок 2 – графическое представление сигналов. (а, б)

После выполнения всех необходимых вычислений, на выходе алгоритма находится два числа, которые отражают взаимосвязь исследуемых сигналов. На рисунке 3 представлены оценки коэффициентов взаимной корреляции, которые были определены с помощью программы поиска коэффициента взаимной корреляции по формуле Пирсона (1), представленной выше.

```

0.5403393156367097
0.4430789036049354
[Finished in 151.981s]

```

Рисунок 3 – результаты программы для оценки коэффициента взаимной корреляции на языке программирования Python

По величине этих чисел, появляется возможность принятия решения: находится ли оператор в норме и способен дальше продолжать свою деятель-

ность, или наоборот, и стоит прибегнуть к его отстранению от данного вида работ.

Данный метод подходит для удаленного наблюдения за состоянием во многих сферах, например, для оценки состояния членов экипажа космической станции, что позволяет своевременно оказать помощь и заранее предотвратить чрезвычайные ситуации.

Также этот подход можно использовать как и при оценке состояния оператора в целом, так и при оценке его конкретных показателей (например сосредоточенности, скорости реакции и так далее). Для оценки какого-либо показателя будут изменяться только способы получения сигнал, несущего информацию о норме.

#### **Список источников:**

1. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики: Учебник | Под ред. И. И. Елисеевой. — 4-е издание, переработанное и дополненное. — Москва: Финансы и Статистика, 2002. — 480 с.

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов — 10-е издание, стереотипное. — Москва: Высшая школа, 2004

3. Онлайн-библиотека Wikipedia - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Оку-логграфия>

4. Наоми Седер – Python | Экспресс-курс. 3-е издание 2019 г.

## ***Мазурова Ю.С. Перспективы внедрения активных фазированных антенных решеток в состав современных бортовых РЛС***

**Научный руководитель: Синицын В.А.**

На сегодняшний день в системах военной и гражданской радиосвязи находят широкое применение фазоманипулированные широкополосные сигналы. Применение широкополосных сигналов (ШПС) в системах связи позволяет обеспечивать высокую помехоустойчивость относительно мощных помех, скрытность, работоспособность в общей полосе частот, высокие точности измерений и разрешающие способности, хорошую электромагнитную совместимость со многими радиотехническими системами.

В современной радиолокации в качестве зондирующих сигналов наиболее широко применяются сложные сигналы, т.е. сигналы с внутриимпульсной модуляцией, для которых произведение длительности на ширину спектра может значительно превышать единицу.

Одними из наиболее распространенных сложных сигналов являются фазоманипулированные, представляющие собой последовательность простых радиоимпульсов, фаза которых от импульса к импульсу меняется по определенному закону.

Наилучшей с точки зрения помехозащищенности современной системой радиосвязи с ФМШПС является случайная последовательность, поэтому, среди сигналов с расширением спектра широкое распространение получили ФМШПС, получаемые путем непосредственной модуляции несущей частоты псевдослучайной последовательностью (ПСП).

В работе рассматривается основное свойство метода расширения спектра сигналов с ПСП. Данный метод называется «прямое расширение спектра сигналов с помощью ПСП». При данном методе расширение спектра достигается непосредственной модуляцией несущей частоты (двоичной ПСП), или за счет последовательной перестройки рабочей фазы передаваемого сигнала. Для этого удобнее использовать ФМШПС. Принцип их формирования состоит в умножении сигнала несущей на псевдослучайную последовательность (ПСП) с тактовой частотой, намного превышающей ширину полосы частот информационного сигнала. Эффект кратного расширения спектра позволяет добиваться требуемой надёжности передачи информации даже при малых соотношениях сигнал/шум, что обуславливает применение ФМШПС для передачи критичной для пользователя информации в сложной помеховой обстановке.

Фазоманипулированный широкополосный сигнал представляют собой последовательность радиоимпульсов, фаза  $\theta_k$  которых меняется по заданному закону, то ФМШПС (без учета информационной последовательности  $d(t)$ ) можно записать в виде:

$$s(t) = \sum_{k=1}^L U[t - (k-1)\tau_u] \cos(\omega_0 t + \theta_k + \theta_0) \quad (1)$$

где  $U(t)$  - функция единичного скачка,

$$U[t - (k-1)\tau_u] = \begin{cases} 1; & 0 \leq t \leq \tau_u \\ 0; & t < 0, t > \tau_u \end{cases} \quad (2)$$

где:  $\omega_0$  - несущая частота,  $\tau_u$  - длительность элемента ПСП,  $L$  - число элементов ПСП на длительности бита информации

Из-за простоты реализации устройства генерирования ФМШПС широкое распространение получила бинарная манипуляция

Учитывая, что  $\cos(\omega_0 t + \pi + \theta_0) = -\cos(\omega_0 t + \theta_0)$  выражение для сигнала с двоичной фазовой манипуляцией (ФМ) примет вид:

$$s(t) = \sum_{k=1}^L (-1)^{\alpha_k} U[t - (k-1)\tau_u] \cos(\omega_0 t + \theta_0) \quad (3)$$

Из этого следует, что расширяющая спектр сигнальная функция

$$p(t) \equiv \sum_{k=1}^L (-1)^{\alpha_k} U[t - (k-1)\tau_u] \quad (4)$$

состоит из последовательности положительных и отрицательных импульсов.

Последовательность амплитуд сигнала  $b_k = (-1)^{\alpha_k}$  называется кодовой последовательностью. Существуют различные способы выбора кодовой последовательности, а соответственно, и функции  $p(t)$ . При передаче одного информационного бита длительностью  $T_b$

$$d(t) = \begin{cases} 1; & 0 \leq t \leq T_b \\ 0; & t \notin [0, T_b] \end{cases} \quad (5)$$

с помощью бинарного ФМ сигнала в передатчике осуществляется умножение информационного бита  $d(t)$  на расширяющую спектр функцию  $p(t)$  – рисунок 1. Таким образом на  $p(t)$  происходит расширение спектра сигнала.

При прямоугольной форме символов информационной последовательности двоичной ФМШПС на длительности одного бита можно описать выражением

$$s(t) = A d(t) p(t) \cos(\omega_0 t + \theta_0), 0 \leq t \leq T_b \quad (6)$$

где  $A$  – амплитуда сигнала.

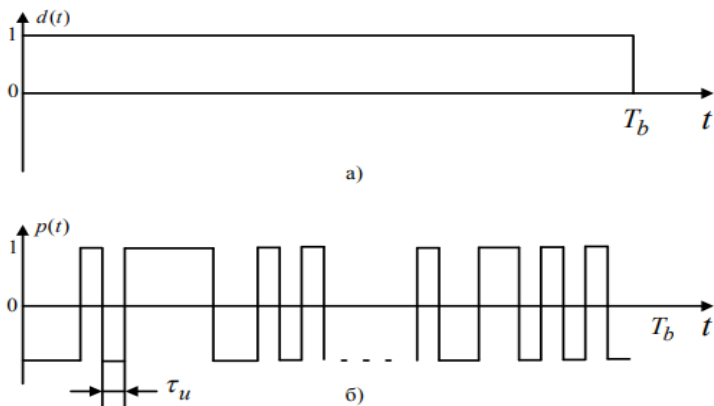


Рис.1 Информационный бит (а), расширяющая спектр функция (б)

Преобразование Фурье от функции  $d(t)$  позволяет получить спектральный вид сигнала в частотной области  $f$

$$S_d(f) = \int_0^{T_b} \exp(-j\omega t) dt = T_b \exp(-j\omega T_b/2) \frac{\sin(\omega T_b/2)}{\omega T_b/2} \quad (7)$$

Спектральная плотность мощности сигнала с учетом (7) описывается выражением

$$G_d(f) = \frac{|S_d(f)|^2}{T_b} = T_b \left( \frac{\sin \pi f T_b}{\pi f T_b} \right)^2 \quad (8)$$

Для определения спектральной плотности мощности произведения  $d(t)p(t)$  ( $d(t)=1$ ) получим сначала корреляционную функцию для псевдослучайного сигнала  $p(t)$ . Предельным случаем псевдослучайного сигнала является случайный сигнал, принимающий независимые значения  $+1$  или  $-1$  через интервалы времени  $\tau_u$  с вероятностями  $p=q=1/2$ .

Для определения функции корреляции  $R(\tau) = M\{p(t)p(t+\tau)\}$  рассмотрим два сечения в моменты  $t_1$  и  $t_2$ . Обозначим и  $-t_1$  через  $\tau$  и найдем математическое ожидание произведения  $p(t_1)p(t_1+\tau)$ . Если  $\tau > \tau_u$ , то данные сечения принадлежат разным тактовым интервалам и поэтому являются статистически независимыми. Математическое ожидание произведения в этом случае равно произведению математических ожиданий, каждое из которых равно нулю. При  $\tau < \tau_u$  возможны две гипотезы:  $H_1$  - отсчеты принадлежат од-

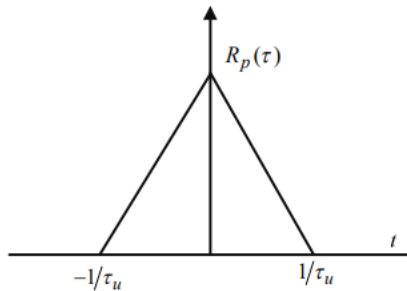
ному временному интервалу и тогда  $p(t_1)p(t_1+\tau) = 1$ ;  $H_1$  - отсчеты принадлежат разным интервалам и  $p(t_1)p(t_1+\tau)$  с равной вероятностью принимает значения  $\pm 1$ , и поэтому условное среднее значение равно нулю. Следовательно, полное математическое ожидание:

$$M\{p(t_1)p(t_1+\tau)\} = p(H_1)M\{p(t_1+\tau)|H_1\} + p(H_2)M\{p(t_1)p(t_1+\tau)|H_2\} = P(H_1) \quad (9)$$

Гипотеза  $H_1$  имеет место, если первый временной отсчет отстоит от начала тактового импульса на величину, не превосходящую  $\tau_u - |\tau|$ . Вероятность этого события равна  $1 - |\tau|/\tau_u$ . Из вышеизложенного следует, что для случайной последовательности функция корреляции:

$$R_p(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau|/\tau_u; & |\tau| < \tau_u \\ 0; & |\tau| > \tau_u \end{cases} \quad (10)$$

График функции  $R_p(\tau)$  представлен на рисунке:



*Рис.2 Функция корреляции случайной последовательности*

Спектральная плотность мощности  $G_p(f)$  централизованного случайного процесса согласно теореме Хинчина-Винера является преобразованием Фурье от корреляционной функции:

$$G_p(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau = \int_{-\tau_u}^{\tau_u} \left(1 - \frac{|\tau|}{\tau_u}\right) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau = 2 \int_0^{\tau_u} \left(1 - \frac{\tau}{\tau_u}\right) \cos 2\pi f\tau d\tau = \tau_u \left(\frac{\sin \pi f \tau_u}{\pi f \tau_u}\right)^2 \quad (11)$$

Таким образом, при использовании в качестве расширяющей функции случайного сигнала  $p(t)$  спектральная плотность мощности произведения  $d(t)p(t)$  определяется выражением (11)

На рисунке 3 изображены спектральные плотности мощности информационного сигнала  $G_p(f)$  и бинарного ФМШПС  $G_p(f)$ .



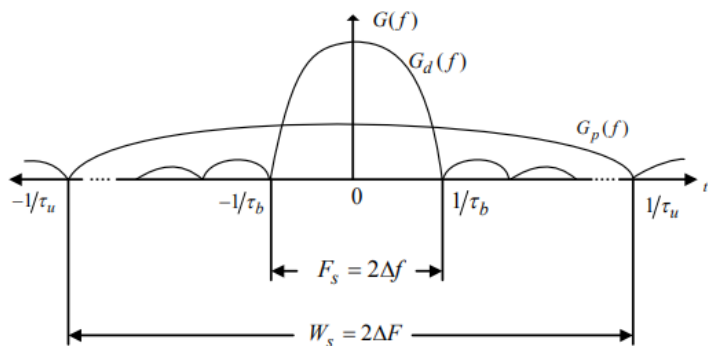


Рис.3 Спектральные плотности мощности информационных данных  $G_p(f)$  и бинарного ФМШПС  $G_d(f)$

Таким образом, расширение спектра позволяет организовать более высокую пропускную канала связи или ту же пропускную способность, но при более низком отношении сигнал/шум.

## **Локачева Ю.А. Обработка радиолокационных сигналов бортовых когерентно-импульсных РЛС обеспечения полетов самолетов в сложных метеоусловиях**

**Научный руководитель: Синицын В.А.**

Выполнение полетов летательного аппарата (ЛА) без происшествий – одна из основных задач, решаемых разнообразными авиационными средствами системы управления воздушным движением. На безопасность полетов влияют многие факторы, от которых зависит качество функционирования авиационно-транспортной системы (АТС). Учитывая сложность и разветвленность АТС, перечислить все факторы невозможно, их можно разделить на:

- Факторы опасной техники.
- Человеческий фактор.
- Факторы опасности внешней среды.

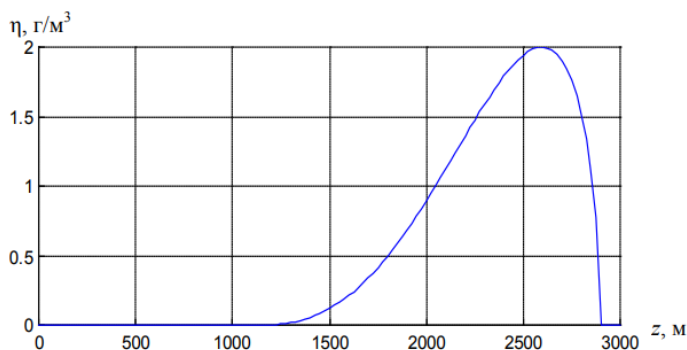
В данной работе подробно исследовано влияние метеорологических объектов на качество полета ЛА. По статистическим данным Международной Организации Гражданской Авиации около 15% всех авиационных происшествий происходит из-за влияния неблагоприятных метеорологических условий.

На полет ЛА влияют ветровые возмущения атмосферы, где скорость ветра рассматривается в виде суммы сдвига ветра и атмосферной турбулентности. Сильный сдвиг ветра опасен из-за резкого изменения воздушной скорости ЛА, что приводит к существенному отклонению ЛА от заданной траектории. На взлете и посадке из-за боковых сдвигов ветра возникает смещение самолета с осевой линии взлетно-посадочной полосы, и уход влево или вправо от оси. Турбулентное движение воздуха в атмосфере характеризуется наличием вихрей разного размера, которые перемещаются с разными скоростями в общем потоке воздуха. В результате этого возникает резкое перемещение ЛА в вертикальной плоскости, тем самым ЛА попадает в «болтанку». При этом может значительным образом меняться высота, курс, скорость и режим полета ЛА, ухудшается управляемость и устойчивость.

Одним из средств обнаружения опасных зон является РЛС 3-х сантиметрового диапазона, обеспечивающая большую дальность наблюдения. При облучении электромагнитной волной (ЭМВ) 3-х сантиметрового диапазона, МО является радиолокационной (РЛ) целью. Тогда для обнаружения и оценки степени опасности МО нужно обнаружить РЛ сигнал, отраженный МО.

Основным параметром, определяющим эффективность обнаружения сигналов, отраженных МО, является его РЛ отражаемость (РО), которая в свою очередь, существенно зависит от пространственного распределения водности МО. Значение водности МО зависит от высоты относительно ниж-

ней границы МО. Был проведен расчет зависимости водности МО от высоты. Результат расчета представлен на рисунке 1.



*Рисунок 1 - Зависимость значения водности МО от высоты над уровнем подстилающей поверхности*

Таким образом, целью исследования является разработка математической модели, методов и параметрических алгоритмов цифровой когерентной обработки сигналов, бортовых РЛС, расположенных на ЛА, которые обеспечивают повышение точности оценки опасности для полета при сдвиге ветра и атмосферной турбулентности.

Структура математической модели задачи обнаружения МО бортовой РЛС представлена на рисунке 2.

Математическая модель была построена с использованием известных принципов блочного построения и специализации математических моделей радиотехнических систем и включает три основные части:

1. Модель формирования РЛ сигналов. В данном блоке разработаны модели МО, движения носителя РЛС и отраженного сигнала, позволяющие моделировать фоно-целевую обстановку при решении задачи обнаружения и оценки опасности СВ и турбулентности. При этом математическая модель сигнала, отраженного МО и принимаемого бортовой РЛС, учитывает параметры самого объекта, а также параметры движения носителя РЛС.

2. Модель тракта обработки сигналов бортовой РЛС, где разработаны алгоритмы когерентной цифровой обработки сигналов в бортовой РЛС, направленные на улучшение наблюдаемости и точности оценки опасности областей СВ и турбулентности в МО. Также разработана методика математического моделирования синтезированных алгоритмов обработки сигналов, отраженных МО в условиях пространственного СВ и атмосферной турбулентности.

3. Блок программ управления экспериментом и обработки результатов. В рассматриваемом блоке проведена оценка влияния на эффективность обра-

ботки дестабилизирующих факторов, возникающих при полете носителя РЛС, и разработаны алгоритмы компенсации этого влияния.

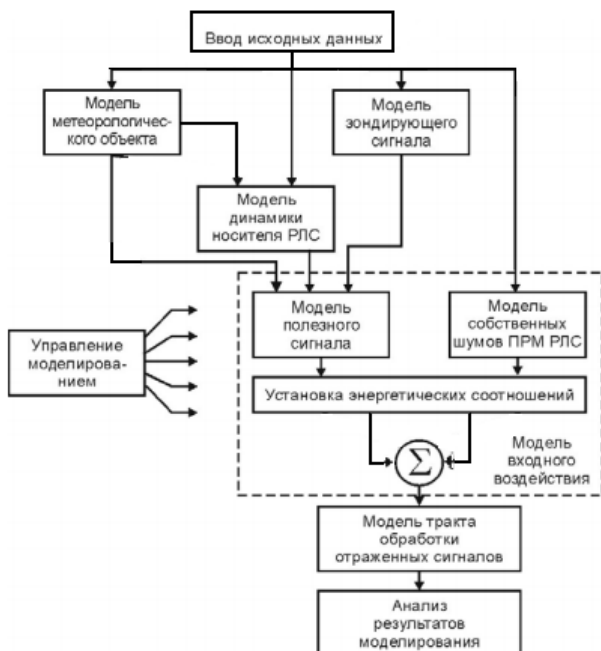


Рисунок 2 - Структура математической модели

Проведя данное исследование, становится возможным увеличение точности и достоверности обнаружения и оценки опасности зон сильных свдигов ветра и атмосферной турбулентности при реализации параметрических алгоритмов обработки отраженных сигналов в бортовой когерентной РЛС, что обеспечит повышение уровня безопасности полета в целом.

## *Усачева А.Ю. Фрактальные антенны*

**Научный руководитель: Синицын В.А.**

В современном мире наблюдается интенсивное развитие сфер телекоммуникационных услуг, радиотехники и радиолокации. Усовершенствование беспроводных систем передачи информации, мобильных систем и систем радиочастотной идентификации заставляют искать новые и наиболее перспективные методы проектирования антенн, которые могли бы работать в нескольких диапазонах частот одновременно.

Стоит отметить, что в настоящее время практически вся радиотехника базируется на классической теории целочисленной меры и целочисленного исчисления, что говорит о том, что продвижение в данном направлении происходит уже на уровне резкого усложнения синтезированных алгоритмов, поэтому начало активно развиваться направление с использованием дробного исчисления, имеющее дело с производными и интегралами произвольного порядка, а также и вся теория фракталов.

Дробная размерность является математическим понятием, содержащим смысл промежуточного состояния структуры между точкой и прямой, между прямой и плоскостью, между плоскостью и 3-х мерным объектом.

Применение фракталов в реальных задачах накладывает существенные ограничения на физические размеры фрактальных множеств. В следствии чего существующие в реальном мире фракталы называются физическими, поскольку они имеют конечный интервал масштабов. Отсюда вытекает следующее физическое определение фрактала: "Фракталы - это геометрические объекты (линии, поверхности, тела), имеющие сильно изрезанную структуру и обладающие свойством самоподобия в ограниченном масштабе". Пространственный спектр фрактала имеет дробный показатель, что соответствует операторам дробного интегрирования и дифференцирования.

Использование фрактальной геометрии в конструировании антенн позволяет эффективно реализовывать широкополосные и многодиапазонные свойства за счет самоподобия и миниатюрности структуры. Многообразие видов регулярных фрактальных множеств открывает дополнительные конструктивные и электродинамические возможности в проектировании антенн.

Примерами геометрических фракталов, на основе которых возможно построение антенн, являются Канторово множество, кривая Коха, дерево Кейли, салфетка Серпинского, а также ряд кольцевых структур.

Фрактальные антенны являются не только перспективными с теоретической точки зрения, но и обладают большой практической пользой, благодаря свойствам самоподобия резонансов. Их применение не ограничивается приемно-передающими функциями. Фрактальные структуры могут быть ис-

пользованы так же как радиолокационные экраны, искажающие радиопортреты исследуемых объектов.

Области применения фрактальной обработки сигналов, полей и изображений постоянно расширяются, и трудно поверить, что еще около десяти лет назад было немало скептических высказываний относительно перспективности этого нового направления в науке.

Результативность радиофизических исследований может быть значительно повышена благодаря учету фрактальности волновых явлений, развивающихся на всех этапах излучения, рассеяния и распространения волн в различных средах. Кардинальные шаги, заключающиеся в переводе принятых радиосистемой сигналов целочисленной меры в пространство дробной меры и привлечение затем скейлинговых соотношений, позволяют привнести в традиционные области классической науки совершенно новые идеи и методы, и получать на их основе достаточно неожиданные для практики, но физически обоснованные результаты.

В общем и целом, современная системотехника достаточно хорошо подготовлена к введению отдельных фрактальных подсистем и узлов в классические радиосистемы, которые зачастую не требуют сложной переделки, а достаточно лишь параллельных каналов обработки информации.

#### **Список источников:**

1. А.А. Савочкин, А.А. Нудьга Многодиапазонные антенны на основе фрактальных структур: монография. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018.
2. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации. - М.: Логос, 2002.
3. Потапов А.А., Потапов В.А. Фрактальные антенны: анализ, синтез и новые применения в радиофизике и радиоэлектронике // Тр. Четвертого междунар. междисциплинарного симпозиума "Фракталы и прикладная синергетика - ФИПС-05" (Москва, 14 - 17 ноября 2005 г.). - М.: Изд. Интерконтакт – Наука, ИМЕТ РАН. 2005. С. 113 – 114.

## *Изыюмов А.В. Перспективы внедрения активных фазированных антенных решеток в состав современных бортовых РЛС*

**Научный руководитель: Петров Ю.В.**

В настоящее время существует тенденция к усовершенствованию бортовых радиолокационных комплексов в России и зарубежных странах. Повышение характеристик, таких как многофункциональность, повышенная скрытность, интегрированность бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО), информационная осведомленность о текущей обстановке, высокая надежность и технологичность является неотъемлемой частью данного развития.

Развитие теории и техники ФАР в настоящее время ведется по следующим направлениям:

- 1) использование в перспективных радиотехнических устройствах активных ФАР с большим числом элементов новых типов;
- 2) разработка и внедрение новых методов построения ФАР с раскрытием больших размеров, например, проект глобальный Радиотелескоп на основе неэквидистантной ФАР, в состав которой входят остронаправленные антенны, расположенные на одном из полушарий Земли;
- 3) разработка и совершенствование радиотехнических элементов и методов, позволяющих ослабить взаимовлияния между элементами ФАР;
- 4) дальнейшее развитие методов синтеза ФАР и автоматизации их проектирования;
- 5) дальнейшая разработка и внедрение методов обработки, принятой элементами ФАР информации, обеспечивающих, например, управление формой ДН (адаптивные ФАР) и автоматическое фазирование элементов ФАР (самофазирующиеся ФАР);
- 6) разработка методов управления независимым движением отдельных лучей в многолучевых ФАР.

Данная работа направлена на сравнительный анализ комплексов с АФАР и тенденции их развития.

На рисунке 1 представлена обобщенная структура многофункциональных авиационных комплексов.

Структура БРЛС комплексов позволяет решать такие задачи, как обнаружение метеоактивности воздушного пространства, картографирование и обзор земной поверхности близ лежащего пространства, определение параметров самолета (место в пространстве) обнаружение и опознавание наземной и воздушной целей.[1]





Возникла возможность за счет внесения в комплекс мощных компьютеров и из-за самой структуры АФАР одновременно вести десятки целей, в том числе и наземных — проводить картографирование местности параллельно основной работе.

АФАР позволяет работать с разными частотами излучения, что повышает помехозащищенность ЛА

Ниже потери энергии сигнала по сравнению с ПФАР из-за отсутствия фазовращателей.

Недостатками же являются:

Охлаждении антенны. В связи с нагревом большого количества излучателей за частые воздушные охлаждения не хватает, отчего вводят жидкостную систему для отвода тепла, что в свою очередь приводит к увеличению массы ЛА.

Стоимость. В современных АФАР число отдельных элементов-ячеек достигает сотен, а то и более тысячи с ценной за один элемент составляющей пару сотен долларов.

При сравнении АФАР и ПФАР их структура и принцип работы отличается тем, что приемник пассивной ФАР включает в себя единый выходной усилитель, питающий всю антенну, радиосигнал генерируется, распределяется между излучающими элементами, в то время как в активной ФАР каждый элемент АР включает в себя как. Каждый из которых излучает энергию, создавая мощный луч (увеличение передающей мощности, однако, имеет побочный эффект — увеличение следа, по которому радиоразведка или СПО противника могут обнаружить радар), отчего также повышается надежность системы (из-за отказа нескольких элементов АР не приводит к выходу из строя антенны)

Также АФАР обладают возможностью управления формой ДНА, управляя усилением отдельных приёмно-передающих модулей, что позволяет обойти ограничения, созданные апертурой пассивных решеток, и формированием нескольких лучей для решения нескольких задач одновременно.

При внедрении АФАР улучшились характеристики БРЛС отечественного и зарубежного производства. Сравнение характеристик современных комплексов приведено в таблице 1.

Как можно пронаблюдать, ТТХ комплексов по мало отличаются, однако есть два существенных недостатков в сравнении с передовыми странами с позиции производства:

- 1) Слабая технологическая база и элементов.
- 2) Отсутствие унификации блоков. Современные отечественные комплексы производятся с направленностью лишь на одну модель ЛА, в то время как иностранные имеют возможность ставить одни и те же блоки на разные виды ЛА.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики БРЛС

Название	«Жук-А	Ирбис-Э	Ш-141Э	AN/APG-81	Captor-E	AN/APG-80
Дальность обнаружения с ЭПР $\sigma = 3\text{м}^2$	– 148 км в передней полусфере; – 60 км в задней полусфере.	до 350-400	не менее 120	– 300 км в передней полусфере; – 80 км в задней полусфере.	с ЭПР $\sigma = 5\text{м}^2$ : 130 км в передней полусфере.	с ЭПР=1 м <sup>2</sup> : 110-120 км
Зона обзора по азимуту	±60°	± 120°	±60°	±60°	±60°	±60°
Зона обзора по углу места	±60°	± 60°		±60°	±60°	±60°
Количество одновременно сопровождаемых целей	30	30	До 10	28	30	20-50
Количество одновременно атакуемых целей	6	4-8	4	8	4-6	6
Частота	8-12 ГГц	X-диапазон	X-диапазон	6-18 ГГц	8-20 ГГц	X-диапазон
Тип антенны	АФАР	АФАР	АФАР	АФАР	АФАР	АФАР
Носители	МиГ-29, Су-27 и их модификации	Су-35	Су-34	F-35 Lightning II	Typhoon	F-16C / D Block 60, Lockheeds F-16E / F.
Год создания	2009/10 г.	2006 г.	2003-2010 г.	2005-2009 г.	2007 г.	2005 г.

С появлением гиперзвуковых оружия так же появилась тенденция к развитию способов обнаружение средств потенциальных противников. Для возможности уменьшения времени обзора проводятся модернизация методов обзора и обработки поступающей информации.

Одно из развитий текущих АР являются радиооптическая фазированная антенная решетка (РОФАР) разрабатываемая компанией Концерна Радиоэлектронные технологии для истребителей шестого поколения.

РОФАР - система, в основе которого лежит физические процессы фотонных технологий, благодаря которой возникает возможность повысить дальность работы каналов связи, снизить массу комплексов, а также во много раз повысить разрешающие способности БРЛС из-за использования сверхширокополосного сигнала. Благодаря данным технологиям возможно получать четкое изображение, а также обнаруживать современные ЛА основанных на «стелс» технологиях так же технологии РОФАР обладают повышен-

ным быстродействием, энергоэффективностью, высокой помехозащищенностью, устойчивостью к воздействию электромагнитных импульсов. [3]

При рассмотрении основных характеристик отечественных и зарубежных БРЛС можно сделать вывод, что современные комплексы России, такие как «Жук», Иrbис почти не уступают американским AN/APG последних поколений.

Переход на АФАР позволило повысить надежность и РЛС и дало возможность сопровождения одновременно десятков целей с параллельным картографированием местности. Однако в дальнейшем требуется увеличения быстродействия обработки получаемой информации, альтернативных возможностей охлаждения и уменьшение стоимости данных систем.

При сравнении отечественных и зарубежных технологий можно сделать самый главный вывод в том, что Россия отстает от иностранных по технологической базе, так как даже закупки большинства микросхем заказывается за рубежом. Требуется создание отечественных аналогов в пределах той же стоимости закупок и качества, усовершенствование существующих комплексов с целью создания превосходящей системы, как обнаружения, так и сопровождения целей, а также усовершенствование возможностей воздушной техники в области РЭБ.

#### **Список источников:**

1. В.С. Верба Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития - М.: Радиотехника, 2008. - 432 с
- 2) <https://www.aviaport.ru/digest/2009/01/28/165665.html>
- 3) [http://www.arms-expo.ru/news/novye\\_razrabotki/istrebitel\\_t\\_50\\_budet\\_osnashchen\\_radiofotonnym\\_radarom\\_razrabotki\\_kret/](http://www.arms-expo.ru/news/novye_razrabotki/istrebitel_t_50_budet_osnashchen_radiofotonnym_radarom_razrabotki_kret/)
- 4) Андрей Фомин. Первая активная // «Взлёт» : Национальный аэрокосмический журнал. — 2007. — № 3 (27). — С. 32-35.

## *Дмитриев Д.К. Анализ микро энергетических установок с удельной мощностью от 10 до 1000 Вт/кг*

**Научный руководитель: Побелянский А.В.**

В настоящее время существует огромное количество различных газотурбинных двигателей (ГТД) для разных целей. ГТД используются в авиации на самолётах и вертолётах, на танках в качестве силовой установки, в газовой промышленности для перекачки газа по трубопроводам и во множестве других областей. Сейчас стандартный ГТД является очень большим, потребляющим большое количество топлива. Но ведутся активные разработки микро энергетических установок, которые по своим размерам не превышали бы размера пуговицы.

В различных странах проектируются малые и сверхмалые ГТД с размерами, сопоставимыми с пуговичным. Такие двигатели предполагается применять в большинстве областей техники. Есть проекты по внедрению таких малых двигателей в сфере авиации [3]. Предполагается установка большого количества малых ГТД взамен одного большого для повышения безопасности полёта и работы наземного персонала с ними. Также возможно их использовать в качестве портативного зарядного устройства в военных условиях, где нет электричества, но есть много топлива. Возможно использование в механических протезах или костюмах в качестве источника энергии. Можно также использовать в качестве источника энергии для лёгких беспилотников или квадракоптеров. При разрядке аккумуляторной батареи такой ГТД бы запускался и заряжал аккумулятор. Есть возможность также в качестве источника энергии установка такого двигателя на автономные подводные батискафы для увеличения продолжительности их пребывания под водой. Как видно из всего выше перечисленного возможных сфер для работы ГТД такого типа очень много.

Принцип функционирования общий для всех ГТД и заключается в трансформации энергии сжатого нагретого воздуха в механическую работу вала газовой турбины. Воздух, попадая в направляющий аппарат и компрессор, сжимается и в таком виде попадает в камеру сгорания, где производится впрыскивание топлива и поджиг рабочей смеси. Газы, образовавшиеся в результате сгорания, под высоким давлением проходят сквозь турбину и вращают ее лопатки. Часть энергии вращения расходуется на вращение вала компрессора, но большая часть энергии сжатого газа преобразуется в полезную механическую работу вращения вала турбины. Среди всех двигателей внутреннего сгорания (ДВС), газотурбинные установки обладают наибольшей мощностью: до 6 кВт/кг.

При уменьшении размера ГТД происходит уменьшение КПД и удельной мощности по сравнению с обычными турбореактивными двигателями. При этом удельная величина расхода топлива так же возрастает; ухудшаются

аэродинамические характеристики проточных участков турбины и компрессора, снижается КПД этих элементов. Происходит это из-за того, что проточные каналы уменьшаются, толщина пограничного слоя остаётся неизменной. Вследствие этого при уменьшении ГТД до совсем малых размеров толщина проточных каналов становится равна двум толщинам пограничного слоя, из-за чего критически повышаются потери давления, а следовательно и КПД. В камере сгорания, в результате уменьшения расхода воздуха, снижается коэффициент полноты сгорания ТВС [1].

Снижение КПД узлов ГТД при уменьшении его габаритов приводит к уменьшению КПД всего агрегата. Поэтому, при модернизации модели, конструкторы уделяют особое внимание увеличению КПД отдельных взятых элементов, вплоть до 1%.

Для сравнения: при увеличении КПД компрессора с 85% до 86%, КПД турбины возрастает с 80% до 81%, а общий КПД двигателя увеличивается сразу на 1,7%.

Одной из наиболее распространенных проблем масштабирования является пропорциональность, существующая между объемом двигателя и площадью его поверхности. Когда объект претерпевает пропорциональное уменьшение размера, его новый объем обратно пропорционален кубу коэффициента, на который двигатель был уменьшен, а его новая площадь обратно пропорциональна квадрату этого коэффициента. По этой причине отношение площади поверхности к объему становится все более непропорциональным по мере уменьшения общего размера двигателя [1, 5].

Кроме того, малоразмерных ГТД тягой 100 Н имеют существенно большие, чем в турбинах полноразмерных ТРД, величины относительной толщины кромок лопаток, шероховатости и зазоров.

Поскольку зазоры в малоразмерных ГТД и больших турбинах соизмеримы, а диаметры колёс малоразмерных ГТД на порядки меньше, то относительные величины на порядок больше, а, следовательно, относительные потери в зазорах, существенно больше, чем в однотипных больших ГТД.

Величины радиальных зазоров оказывают существенное влияние на характеристики двигателя в целом. При больших зазорах возрастает перетекание газа из полостей с повышенным давлением в полости с более низким уровнем давления. А это приводит к снижению КПД и к увеличению удельного расхода топлива. Поэтому величины радиальных зазоров в малоразмерных ГТД обеспечиваются минимально возможными (с учетом всех режимов работы двигателя, включая запуск и останов). Минимальная величина радиального зазора центробежном компрессоре компании KingTech составляет 50 мкм, что в разы меньше зазоров в полноразмерных ГТД.

Из-за малых размеров двигателя становится невозможным использование обычных смазочных материалов при эксплуатации микро ГТД, так как потери на трение, износ и залипание в таких двигателях имеют намного боль-

шее значение, нежели в двигателях стандартного размера. Эта проблема является одной из главных для таких двигателей. Но при отсутствии хороших смазочных материалов и наличии такой скорости вращения турбокомпрессора долго двигатель функционировать не сможет. Следовательно, двигатель не будет экономически выгоден. Однако, несколько лет назад были проведены исследования тонких плёнок, которые бы снижали силы трения в двигателях такого рода во много раз. Такие плёнки были созданы и успешно используются во многих механизмах [6].

Ещё одной проблемой является увеличение потерь тепла в окружающую среду. Это происходит, потому что тепловыделение происходит во всём двигателе, в то время как газ разогревается только в зоне камеры сгорания. Хотя значительный теплообмен часто считается полезным эффектом при моделировании крупномасштабных двигателей, это не относится к проектированию их микро масштабных аналогов. По мере уменьшения масштаба двигателя относительная теплопередача возрастает экспоненциально. Во время процесса горения, по мере того как пламя перемещается вдоль камеры, часть теплоты его сгорания излучается через стенки КС. Это приводит к уменьшению степени использования энергии, содержащейся в топливе. Потери могут составлять до 60%, что для двигателей стандартного размера равно 90%. Такая неэффективность КС может оказать существенное влияние на общую производительность системы [4].

Исходя из предыдущих проблем, мощность малых ГТД очень сильно снижается, что необходимо предотвратить. Это возможно реализовать увеличением количества оборотов турбокомпрессора. И если двигателю стандартного размера достаточно 12000 об/мин, то микро ГТД должен иметь обороты в минуту порядка 200000, а при дальнейшем уменьшении и того больше.

Решить большую часть этих проблем возможно аддитивными технологиями, так как при печати агрегатов микро ГТД на 3D принтере можно произвести топологическую оптимизацию и проектировать сверхтонкие каналы внутри турбины для охлаждения. Также значительно улучшается качество поверхности и уменьшается масса изделия.

Одной из важнейших областей применения микро ГТД в качестве энергетической установки является их установка на беспилотные летательные аппараты в качестве генератора электрической энергии на нужды БПЛА. Потребителями энергии на БПЛА могут являться электродвигатели, авионика, система управления полётом, полезная нагрузка.

При наличии электродвигателей, обеспечивающих достаточную тягу для аппарата, возможно использование микро ГТД только в качестве энергоустановки без его вклада в тягу. В таком случае возможно снизить мощность, тягу, а, следовательно, и размеры двигателя.

В данный момент в БГТУ «Военмех» разрабатывается линейка двигателей и энергоустановок с тягой 24 и 100 Н, которые будут намного дешевле и практичнее для установки на БПЛА.

**Список источников:**

1. Sher, I., Levinzon-Sher, D., Sher, E., 2009, “Miniaturization Limitations of HCCI Internal Combustion Engines”, *Applied Thermal Engineering*, 29(2-3), pp. 400-411
2. Dunn-Rankin, D., Leal, E.M., Walther, D.C., 2005, “Personal Power Systems”, *Progress in Energy and Combustion Science*, 31(5-6), pp. 422-465
3. Sehra, A.K., Whitlow Jr., W., 2004, “Propulsion and Power for 21st Century Aviation”, *Progress in Aerospace Sciences*, 40(4-5), pp. 199-235  
*Undergraduate Research Journal at UCCS* 11 October 2010 Vol. 3.2
4. Epstein, A.H., Senturia, S.D., Al-Midani, O., et al., 1997, “Micro-Heat Engines, Gas Turbines and Rocket Engines—The MIT Microengine Project”, *AIAA Paper 97-1773*, TwentyEighth AIAA Fluid Dynamics Conference
5. Rha, J.J., Kwon, S.C., Cho, J.R., Yim, S., Saka, N., 2005, “Creation of Ultra-low Friction and Wear Surfaces for Micro-devices Using Carbon Films”, *Wear*, 259(1-6), 15th International Conference on Wear of Materials, pp. 765-770
6. Zhang, W., Meng, G., Chen, D., Zhou, J., Chen, J., 2008, “Nonlinear Dynamics of a Rubimpact Micro-rotor System with Scale-dependent Friction Model”, *Journal of Sound and Vibration*, 309(3-5), pp. 756-777.

# **Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики**

---

Т.А. Вартамян	д.ф.-м.н., профессор факультета фотоники и оптоинформатики НИУ ИТМО, научный руководитель
Н.А. Топоров	к.ф.-м.н., научный сотрудник центра «Информационные оптические технологии» НИУ ИТМО, научный руководитель
И.А. Радченко	к.т.н., доцент кафедры «Информатики и прикладной математики», научный руководитель
К.М. Ризванова	студентка 3 курса факультета фотоники и оптоинформатики, выпускница Юношеского клуба космонавтики им.Г.С.Титова
И.М. Ризванов	учащийся 11 класса ГБОУ лицей № 244
Г.А. Грачев	магистрант 2 курса кафедры «Информатики и прикладной математики», выпускник Юношеского клуба космонавтики им.Г.С.Титова
Н.В. Беляева	магистрант 2 курса кафедры «Информатики и прикладной математики»



***Ризванова К.М. Анализ кинетики затухания флуоресценции  
полупроводниковых квантовых точек***

**Научный руководитель: Варганиян Т.А.**

Квантовые точки – это особый вид люминофоров, имеющий структуру кристалла, но с дискретными энергетическими уровнями. В полупроводнике, ограниченном по всем трём направлениям, более чем длина свободного пробега электрона, возникает квантование энергетических уровней. Квантовые точки, по своим свойствам, являются промежуточным звеном между органическими красителями и кристаллофосфорами.

Органические красители – флуоресцирующие молекулы, в которых оптические переходы не влияют друг на друга, поэтому каждая пара электрон-дырка связаны между собой. Вероятность рекомбинации электрон-дырочной пары в связанном состоянии описывается экспоненциальной функцией:

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad (1)$$

где  $I_0$  - начальная интенсивность,  $\tau$  - среднее время жизни электрона в возбужденном состоянии.

Кристаллофосфоры – полупроводниковые кристаллы, примеси в которых образуют излучательные центры. При возбуждении электронов в кристаллофосфоре атомы кристаллической решетки ионизируются, а электрон пребывает в свободном виде, пока не попадет под влияние иона и не рекомбинирует с ним. Вероятность рекомбинации в данной системе зависит от наличия свободных электронов и ионов одновременно, поэтому описывается гиперболической функцией второго порядка:

$$I = \frac{I_0}{(1 + pt)^2} \quad (2)$$

Послесвечение кристаллофосфоров достаточно длительное, поэтому его называют фосфоресценцией, которое обычно находится в пределах от нескольких микросекунд до нескольких часов [1]. Столь длительное остаточное свечение неприменимо в таких отраслях как оптоэлектроника или биосенсорика. А органические красители под действием мощного излучения выгорают, что делает их непригодными для постоянного использования. Таким образом, квантовые точки, обладая износостойкостью кристаллофосфоров и длительностью свечения как у красителей, являются перспективными в промышленных отраслях электроники и биосенсорики.

Однако, промежуточное состояние квантовых точек имеет отражение в их кинетике флуоресценции. Кинетика затухания квантовых точек не является простой экспоненциальной функцией (1) и плохо описывается суммой экспонент.

В 19-ом веке в физике появились еще две эмпирические формулы для описания процессов релаксации: формула Беккереля и формула Кольрауша:

$$I = \frac{I_0}{(1 + pt)^\alpha} \quad (3)$$

$$I = I_0 \exp \left[ -\frac{t}{\tau} - \left( \frac{t}{\tau} \right)^\beta \right] \quad (4)$$

Первая из них (формула (3)) получена для фосфоресценции кристаллофосфоров, в которых количество электронов и ионов неравновесно. Это происходит в результате попадания электронов в ловушки, где они удерживаются по времени больше, чем среднее время жизни кристаллофосфора. Вторая эмпирическая формула (формула (4)) прекрасно описывает флуоресценцию при фёрстеровском резонансном переносе энергии.

Коэффициент  $\beta = \frac{b}{b+2}$  характеризует размерность системы, где  $b$  - количество степеней свободы квантов энергии.

Цель данной работы – проанализировать формулы (1)-(4) и найти природу неэкспоненциальной кинетики квантовых точек.

Приведение функций для расчета коэффициентов

Пусть, имеется некоторая кривая, которую надо аппроксимировать по известной функции. Визуальный подбор коэффициентов не даст точных результатов, т.к. функция может точно не сходиться с кривой. Более, иногда можно подобрать не один набор коэффициентов, удовлетворяющих исходной кривой, а нужно прийти к взаимно однозначному соответствию. Однозначно подобрать и оценить функцию можно только линейную, а с помощью преобразования шкал осей и дифференцирования можно привести некоторые формулы к линейному виду.

Проще всего найти простую экспоненциальную функцию (1): надо прологарифмировать значения функции, и тогда ось ординат будет отсчитывать значения показателя экспоненты и сама кривая приобретёт линейный вид, где коэффициенты легко найти. Сумма экспонент при логарифмировании будет выглядеть как ломаная, с плавными поворотами.

Дробно-экспоненциальную функцию  $I = I_0 \exp \left[ - \left( \frac{t}{\tau} \right)^\beta \right]$  можно

привести к линейному виду при помощи двукратного логарифмирования: первый логарифм избавит от экспоненты, второй от показателя степени, который станет угловым коэффициентом:

$$\ln \ln \frac{I}{I_0} = \ln \ln \left[ \exp \left[ - \left( \frac{t}{\tau} \right)^\beta \right] \right] = - \ln \left( \frac{t}{\tau} \right)^\beta = - \beta \ln(t) + \beta \ln(\tau)$$

Ось абсцисс при данном преобразовании приводится к логарифмическому масштабу. Функция Кольрауша (4) после второго логарифмирования аналогично сумме экспонент будет иметь вид ломаной, при этом один из угловых коэффициентов будет равен единице.

Гиперболическая функция (2) и формула Беккереля (3) приводятся к линейному виду посредством дифференцирования [1]. Вначале функция логарифмируется, для исключения дроби:

$$\ln(I) = \ln(I_0) - \alpha \ln(1 + pt)$$

далее берется производная каждой части:

$$d \ln(I) = d \ln(I_0) - \alpha * d \ln(1 + pt)$$

результат упрощается, и дифференциал собирается в правой части:

$$\frac{dI}{I} = - \alpha * \frac{d(1 + pt)}{1 + pt} = - \alpha * \frac{pdt}{1 + pt}$$

$$- \frac{dI}{dt} \cdot \frac{1}{I} = \frac{\alpha p}{1 + pt}$$

$$- \frac{I}{(dI / dt)} = \frac{1 + pt}{\alpha p} = \frac{1}{\alpha p} + \frac{1}{\alpha} t$$

Анализ экспериментальных данных

По вышеописанным приведениям функций можно однозначно выявить функцию кинетики затухания и найти коэффициенты. Двукратное логарифмирование выявляет дробно-экспоненциальную функцию. Приблизительно, экспериментальные данные хорошо аппроксимируются функцией Кольрауша, несмотря на то, что на кривых иногда четкого поворота ломаной не наблюдается.

Приведение функций с помощью дифференцирования показывает четкое разделение кривых на гиперболическую (до 20 нс) и экспоненциальную составляющие. Функция Кольрауша в данном виде быстро убывает на начальном участке времени, что асимптотически не сходится с экспериментальными данными. Угловым коэффициентом у прямой, соответствующей гиперболической функции, не обязательно должен равняться двум. Поэтому кинетика затухания флуоресценции квантовых точек состоит из суммы функций Беккереля и экспоненты.

Физическая интерпретация функции затухания квантовых точек

В статье [2] по изучению зависимости кинетики флуоресценции квантовых точек от температуры подведён вывод, что кинетика квантовых точек с температурой ниже 100К экспоненциальна, с повышением температуры кинетику уже описывают функцией Кольрауша. Однако, при высоких интенсивностях накачки, когда значительная энергия уходит на нагревание материала, одной формулы кинетики Кольрауша не достаточно. При высоких температурах кривая кинетики всё более приобретает вид гиперболической функции. Таким образом, сумма функций Беккереля и экспоненциальной описывают основной температурный диапазон работы квантовых точек, без изменения формулы.

В начале данной работы уже упоминалось, что квантовые точки имеют дискретные энергетические уровни, что исключает рекомбинационное затухание по гиперболической функции. Тогда откуда она берётся? На этот вопрос ответит такое явление, связанное с квантовыми точками, как блинкинг [3]. Блинкинг – это мерцание свечения, возникающее, когда возбуждённый электрон вылетает за пределы квантовой точки. Квантовая точка, в свою очередь, становится ионом, который будет пребывать в темном состоянии, пока новый электрон не компенсирует заряд. А это и есть рекомбинационное затухание. Более того, увеличение кратности гиперболической части кривой с повышением температуры, также объясняется блинкингом, т.к. с увеличением температуры он учащается.

#### **Список источников:**

1. В.Л. Левшин Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. - М.: ГИТ-ТЛ, 1951.
2. C. de Mello Donegá, M. Bode, and A. Meijerink Size- and temperature-dependence of exciton lifetimes in CdSe quantum dots // PHYSICAL REVIEW B. - 2006. - №74.
3. B.R. Fisher, H.-J. Eisler, N.E. Stott, and M.G. Bawendi Emission Intensity Dependence and Single-Exponential Behavior In Single Colloidal Quantum Dot Fluorescence Lifetimes // J. Phys. Chem. B. - 2004. - №108. - P.143-148.

## ***Ризванов И.М., Ризванова К.М. Солнечные батареи на основе полупроводниковых квантовых точек***

**Научный руководитель: Топоров Н.А.**

Значимость экологически чистых и ресурсосберегающих источников энергии не требует каких-либо доказательств. Особое значение эта тема имеет в космической отрасли, где выведение объектов на орбиту требует значительных ресурсов и средств, а поддержка автономного нахождения аппаратов в космическом пространстве требует энергии, источники которой в таких условиях сильно ограничены.

Одним из источников неиссякаемой энергии, доступной на Земле и в космосе, является солнечный свет. Преобразование света в электроэнергию осуществляют солнечные батареи (СБ), эффективность которых не высока на сегодняшний день. Однако исследования по оптимизации и разработке более эффективных СБ ведутся. Одним из перспективных направлений являются СБ на квантовых точках (КТ).

Цель данной работы: выяснить принцип работы СБ на КТ и сравнить их с кремниевыми аналогами.

Для решения поставленной цели необходимо:

- разобрать структуру и принцип работы обычных СБ на кремниевой основе;
- изучить работу СБ на КТ;
- сравнить характеристики обоих типов СБ.

Принцип работы кремниевых СБ основан на явлении генерации носителей заряда в твердом теле при помощи фотонов (внутренний фотоэффект), проходящем в р-п переходе. Два слоя кристалла кремния разбавлены разными примесями: n-тип – донорный слой имеет примеси 5 группы таблицы Менделеева, которые предоставляют электроны, не образующие связей в кристаллической решетке, в качестве свободных носителей заряда; р-тип – акцепторный слой включает примеси 3 группы, которые образуют вакансии в кристаллической решетке, т.е. дырки. Между n- и р-типами слоев образуется запирающий слой, где электроны и дырки компенсировали друг друга, образовав разноименно заряженные части полупроводника (рис. 1а). Падающий свет со стороны р-слоя способствует образованию свободных электронов вблизи запирающего слоя, которые перемещаются в n-слой (рис. 1б), а в р-слое остаются дырки. Т.к. через запирающий участок электрон и дырка не могут рекомбинировать, то образуется разность потенциалов на двух частях кристалла. Соединяя слои кристалла проводником, возникает электрический ток [1].

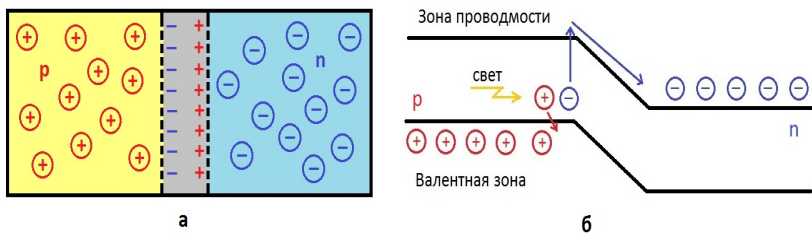


Рисунок 1. Схема p-n перехода (а) и его зонная структура (б)

СБ на основе КТ работают практически по такому же механизму, только вместо кремниевых кристаллов роль p-n перехода играют квантовые точки, например CdSe, и TiO<sub>2</sub>. Падающий свет возбуждает КТ, а т.к. дно зоны проводимости у TiO<sub>2</sub> ниже, то электроны перемещаются на оксид титана и не могут обратно вернуться из-за недостатка энергии (рис. 2) [2].

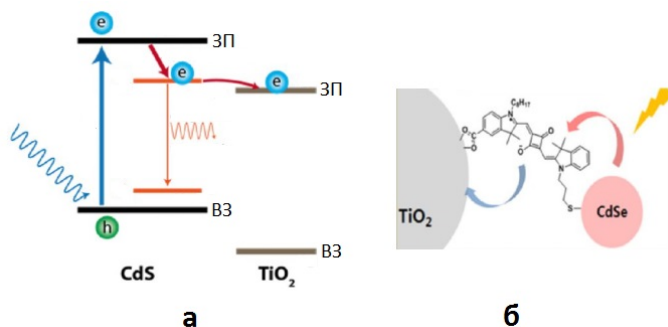


Рисунок 2. Зонная схема (а) КТ и наночастицы TiO<sub>2</sub>, в которой возбужденный электрон в КТ может излучить, вернувшись в валентную зону, а может перейти на более низкий уровень проводимости TiO<sub>2</sub> и остаться в наночастице; схема перехода электрона от КТ к TiO<sub>2</sub> (б) [2]

TiO<sub>2</sub> может иметь вид как тонкой пленки, так и наночастиц. Наночастицы и КТ синтезируют в коллоидных растворах, после чего распыляют на нужную поверхность. Пленки TiO<sub>2</sub> и металлические контакты обычно напыляют толщиной до 100 нм. Данная технология сборки солнечного элемента позволяет наносить СБ на практически любые поверхности, при этом итоговая толщина СБ будет не превышать 500 нм, что очень выгодно при создании солнечного паруса и других тонких поверхностей с солнечными элементами.

Оценим перспективность СБ на основе КТ, сравнив их с кремниевыми СБ, по ряду параметров, представленных в таблице 1. Как видно, СБ на основе КТ выгоднее в производстве и имеют преимущество по КПД и минимальной толщине. Однако их устойчивость к высоким температурам и их

выгорание пока плохо изучены, и поведение КТ в условиях открытого космоса не известны [3, 4].

*Таблица 1. Параметры сравнения двух типов солнечных батарей*

Параметр сравнения	Кремниевые СБ	СБ на КТ
КПД	до 23%	до 40% [5]
Минимальная толщина	до 1 мкм	до 500 нм
Средняя температура работы	25°	20°
Износоустойчивость	теряют работоспособность при механическом повреждении	выгорают
Сложность технологии производства	выращивание неоднородных кристаллов кремния	коллоидный синтез

**Список источников:**

1. P-n переход: устройство и принцип работы // Radio-samodel.ru URL: <http://radio-samodel.ru> (дата обращения: 02.04.2019).

2. Kamat P.V. Quantum Dot Solar Cells. The Next Big Thing in Photovoltaics // Physical Chemistry Letters. – 2013. – №4. – С. 908-918.

3. Солнечная батарея на квантовых точках лучше и дешевле кремниевой // Econet URL: <https://econet.ua/articles/133641-solnechnaya-batareya-na-kvantovyh-tochkah-luchshe-i-deshevle-kremnievoy> (дата обращения: 02.04.2019).

4. Quantum dot solar cell // Altenergymag.com: 2018. 22 May URL: <https://www.altenergymag.com/article/2018/05/quantum-dot-solar-cells-are-coming/28547/> (дата обращения: 02.04.2019).

## **Грачев Г.А. Автоматическая нормализация снимков компьютерной томографии**

**Научный руководитель: Радченко И.А.**

Современное развитие медицинской науки предоставляет врачам множество методологий и практик, которые позволяют принимать решения по госпитализации или оперированию пациента, в случае необходимости.

Внедрение во врачебную практику IT-решений позволит значительно повысить скорость принятия решения, а также снизить влияние человеческого фактора на результат обследования. Так, одним из условий для сертификации клиники на 6-ой уровень по рейтингу EMRAM является использование систем поддержки принятия врачебных решений [1].

Применение методов машинного обучения позволит повысить качество таких систем, а также эффективно использовать накопленную базу медицинских знаний. Здесь важно отметить, что решение задачи по машинному обучению состоит из множества этапов:

1. Формальная постановка задачи;
2. Сбор и подготовка данных;
3. Построение модели обучения;
4. Решение задачи обучения, как задачи оптимизации;
5. Оценка (тестирование);
6. Внедрение и эксплуатация.

В данной работе рассматривается этап подготовки данных. Сырые данные представляют из себя серию снимков компьютерной томографии (далее – КТ) по стандарту DICOM.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) – это Индустриальный Стандарт создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений и документов обследованных пациентов. Стандартом определено два информационных уровня: файловый (DICOM file), который и будет рассмотрен в работе и сетевой (DICOM Network Protocols). [3]

Целью данной работы является описание и реализация алгоритма по автоматической нормализации снимков КТ.

С точки зрения объектного подхода, представляется целесообразным разбить алгоритм на два иерархических уровня:

1. Нормализация данных на уровне серии снимков (см. схему №1);
2. Обработка отдельного изображения из серии (см. схему №2).

### **Алгоритм нормализации серии**

1. Импорт и упорядочивание серии DICOM снимков КТ. Упорядочивание осуществляется на основании метаданных DICOM файла.

2. Перебор снимков и выполнение обработки каждого снимка в отдельности.



3. Поворот каждого изображения на угол  $\theta$ . Так как каждый снимок представляет собой матрицу пикселей, то есть «плоскость», то новые индексы определяются путем домножения «координат» пикселей на матрицу поворота.

Для нормализации в 3D пространстве данный алгоритм повторяется для каждой оси.

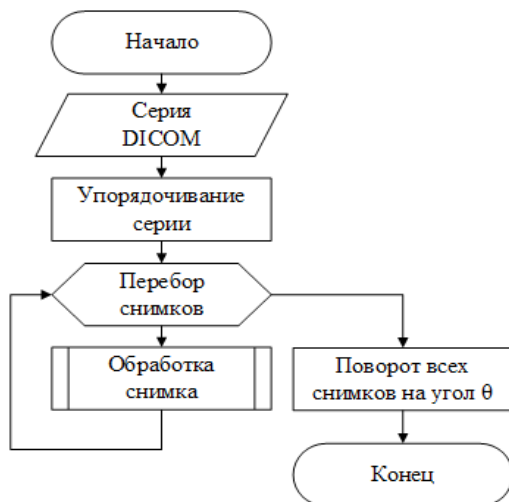


Схема 1: Алгоритм нормализации серии

### Алгоритм обработки снимка

#### 1. Преобразование изображения по шкале Хаунсфилда

Основная задача на этом этапе – визуальная идентификация границ объекта. Изображение, выводимое на экран, представляет собой матрицу пикселей в формате uint8, то есть глубина каждого пикселя изменяется в диапазоне [0...255], в то время как КТ снимки DICOM имеют формат uint16 с шириной шкалы серого цвета [0...16384].

Для перехода от uint16 к uint8 необходимо выполнять линейное, либо сигмоидальное преобразование в соответствии с шириной и центром окна. Данные атрибуты находятся в мета-данных DICOM файла: Window Center (0028,1050) и Window Width (0028,1051).

В нашем случае необходимо определить границу объекта по костному каркасу головы, поэтому ширину и центр окна выставим в 1850 и 50, что соответствует рентгеновской плотности костей по шкале Хаунсфилда.

#### 2. Определение границ (контура) объекта на изображении;

Существует множество алгоритмов определения границ объекта на изображении. В данной работе был использован алгоритм «Marching Squares».

### 3. Эллиптическая аппроксимация контура;

Исходная граница объекта задается ломаной  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ . С достаточной точностью ее можно представить эллипсом  $\Theta$  с параметрами  $\xi = \{C_x, C_y, \theta, a, b\}$ , где  $C_x$  и  $C_y$  – координаты центра,  $a$  и  $b$  – большая и малая полуоси,  $\theta$  – угол наклона большой оси эллипса к оси  $Ox$ . Этот угол является единственным параметром, позволяющим идентифицировать горизонтальную ось объекта для нормализации его изображения в смысле его привязки к осям схемы проекционных зон [2].

Задача сводится к поиску  $\Theta^* = \operatorname{argmin} f(Q, \xi)$ . Здесь  $f(Q, \xi)$  – критерий точности аппроксимации. При этом в качестве ограничений выступают условия, накладываемые на параметры эллипса [2].

### 4. Вычисление ошибки аппроксимации;

Ошибка аппроксимации вычисляется методом наименьших квадратов. Определив ошибку для каждого снимка, выбираем тот, где она минимальна. Именно угол  $\theta$  эллипса данного снимка и будет тем углом, который используется для поворота матрицы пикселей из пункта 3 алгоритма нормализации всей серии.

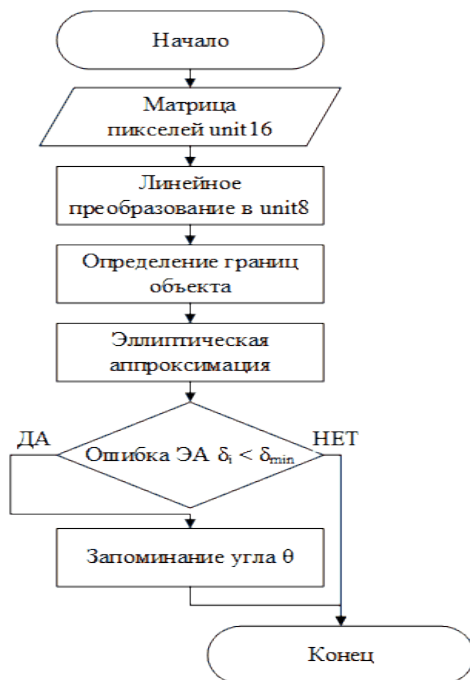


Схема 2: Алгоритм обработки снимка

## **Реализация алгоритма**

Алгоритм был реализован на языке Python3.6 с использованием открытых библиотек Pydicom, SciPy, Scikit-image.

Pydicom – это библиотека языка Python, обеспечивающая работу с наборами данных DICOM. Инструменты библиотек SciPy и Scikit-image использовались для непосредственной обработки изображений.

### **Список источников:**

1. Насыров Р., Система поддержки принятия врачебного решения в МИС qMS [Электронный ресурс], –

<https://sparm.com/media/publications/single/16> - статья в интернете;

2. Смелякова, А.С. Эллиптическая аппроксимация с повышенной точностью идентификации параметров [Текст] / А.С. Смелякова // Системы обработки информации – 2007.- выпуск 8 (66) С. 146-151.

3. The DICOM Standard [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dicomstandard.org/current>.

## ***Беляева Н.В. Перспективы внедрения активных фазированных антенных решеток в состав современных бортовых РЛС***

### **Научный руководитель: Радченко И.А.**

Из года в год спрос на вакансию разработчика программного обеспечения сильно растет. Для полноценной и всесторонней оценки уровня разработчика в обязательном порядке необходимы технические специалисты, способные это сделать. Однако их время стоит дорого, поэтому, решение задачи автоматизированной оценки уровня разработчиков сейчас очень актуально.

Лучше всего об уровне владения какой-либо технологией в области программного обеспечения говорит ее применение на практике. В работе [1] для оценки уровня разработчика применяются метрики сервиса GitHub, связанные с показателями активности разработки открытого программного обеспечения. Однако существует много метрик, по которым можно объективно оценить еще и качество кода, а следовательно, и уровень разработчика.

Настоящая работа посвящена исследованию метрик, связанных с качеством кода, для обучения системы ранжирования пользователей GitHub и является частью исследования о применении открытых данных при выборе нового сотрудника. Метрикой качества был выбран статус сборки кода как наиболее простой для получения показатель. Статус сборки кода имеет всего три состояния: успешный, неуспешный и неопределенный (в случае, когда сборка не запустилась).

В данной работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Получение данных GitHub о статусе сборки проекта для выбранной группы пользователей.

2. Расчет отношения количества успешных сборок к неуспешным.

3. Расширение модели, используемой в [1], рассчитанной метрикой и получение обновленных коэффициентов регрессии.

В результате проделанной работы было выявлено, что выбранная метрика имеет важное значение наряду с рассмотренными в [1] метриками. Это означает, что показатели качества кода также важны при формировании системы оценки уровня разработчика. В дальнейших исследованиях планируется расширить набор анализируемых метрик качества кода и обучить математическую модель, которая будет способна на основе аккаунта GitHub оценивать разработчика.

**Список источников:**

1. Беляева Н.В. Разработка исследовательского прототипа системы поддержки принятия решений для отбора разработчиков проектов с открытым исходным кодом, представленным на GitHub, 2017. – 49 с.

# **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I**

---

Р.А. Коньков

студент 3 курса кафедры  
«Информационные и вычислительные системы»,  
выпускник Юношеского клуба космонавтики  
им.Г.С.Титова

## *Коньков Р.А. Разработка системы хранения данных для аэропортов*

Целью данной работы является разработка системы хранения данных (СХД) и анализ компонентов и средств, необходимых для ее построения. Задачами являются: выбор необходимого типа RAID-массива, подсчет Dc и Dp (требуемое количество дисков по объёму и по производительности соответственно), конечная стоимость СХД.

### **Исходные данные:**

- Число аэропортов - 1
- Количество диспетчеров - 300 диспетчеров
- Количество сообщений - 100 000
- Операции чтения/запись - 40/60
- Максимальный вес сообщения - 20 МБ

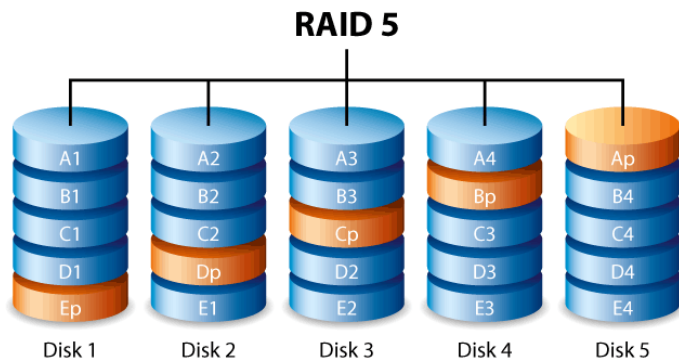
### **Защита данных, выбор RAID-массива**

RAID (англ. Redundant Array of Independent Disks) — технология виртуализации данных, которая объединяет несколько дисков в логический элемент для избыточности и повышения производительности.

Ниже будут рассмотрены два основных RAID-массива и в последствии один из них будет использован для разработки СХД.

### **RAID 5**

Основным недостатком других уровней RAID является невозможность производить параллельные операции записи, так как для хранения информации о чётности используется отдельный контрольный диск. RAID 5 не имеет этого недостатка. Блоки данных и контрольные суммы циклически записываются на все диски массива, нет асимметричности конфигурации дисков.



Под контрольными суммами подразумевается результат операции XOR (исключающее или). Хог обладает особенностью, которая даёт возможность заменить любой операнд результатом, и, применив алгоритм хог, полу-

чить в результате недостающий операнд. Например:  $a \text{ xor } b = c$  (где  $a, b, c$  — три диска рейд-массива). Для хранения результата  $\text{xor}$  требуется всего 1 диск, размер которого равен размеру любого другого диска в RAID.

Преимущества:

- значительное повышение скорости чтения по сравнению с дисками, не объединенными в RAID;
- высокая эффективность использования дискового пространства в сравнении с другими RAID-массивами;

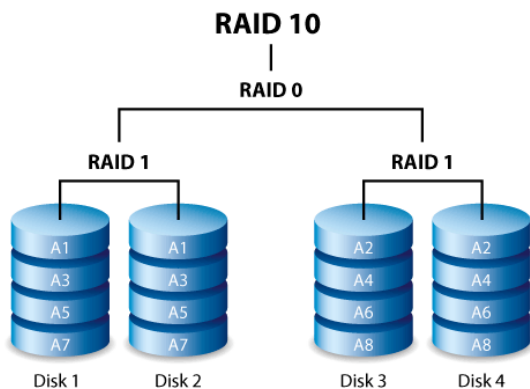
базовый уровень надежности, допустим выход из строя одного диска.

Недостатки:

- случае выхода из строя одного диска, процесс восстановления (rebuild) RAID-группы резко - повышает нагрузку на диски, что может спровоцировать выход второго диска внутри группы и привести к потере данных.

### RAID 10

RAID 10 — массив дисков с зеркалированием и чередованием. Представляет собой массив RAID 0 из нескольких массивов RAID 1. В реализации RAID 10 на практике каждый подмассив RAID 1 состоит из двух дисков, поэтому допускается выход из строя не более одного диска в каждом подмассиве. RAID 10 обладает самой высокой производительностью и надежностью, при этом эффективность использования дискового пространства составляет 50%.



Преимущества:

- самая высокая скорость чтения и записи среди используемых типов RAID;
- повышенная надежность по сравнению с RAID 5.

Недостатки:

- эффективность использования дискового пространства 50%.

## Расчет

Для подсчетов возьмем 3 разных вида дисков:

Устройство	Тип	IOPS	Время поиска	Скорость передачи данных	Размер блока данных
Seagate Exos 10E2400	HDD	~110-150 IOPS	2.9мс	270 МБ/с	0.5 Мб
Intel X25-M G2 MLC	SSD	~8 600 IOPS		1400 МБ/с	0.5 Мб
OCZ Z-Drive R4 CloudServ	SSD	~500 000 IOPS		2800 МБ/с	0.5 Мб

Объемы дисков:

1. 7 000 Гб Seagate Exos 10E2400
2. 7 000 Гб SSD Intel X25-M G2 MLC
3. 5 500 Гб SSD OCZ Z-Drive R4 CloudServ

## Расчет IOPS

Предположим, что все 300 диспетчеров ведут одновременно переговоры (т.е. нагрузка максимальна). Каждое сообщение весит до 20 МБ. Размер блока берем 64 Кб. Тогда:  $300 * 100\,000 * 20 * 30 * 12 = 216$  Тб в год.

$$IOPS = \frac{MB/s}{\text{Block size}} = \frac{(300 \cdot 20 \cdot 1000)}{64} = 93\,750 \text{ IOPS}$$

записи при максимальной нагрузке

Рассчитаем количество IOPS с учетом RAID-массива (10):

$$\text{RAID 10} = 60/40 = 93\,750 * 2 + 0 * 1 = 187\,500 \text{ IOPS}$$

Расчет IOPS для HDD диска

$$T_s = \text{seek time} + \frac{0,5}{\left(\frac{\text{disk rpm}}{60}\right)} + \frac{\text{Data block size}}{\text{Data transfer rate}} = 0,0029 + \frac{0,5}{\left(\frac{10000}{60}\right)} + \frac{64 \cdot 0,001}{270 \text{ Mb/s}} = 0,00614$$

$$IOPS \text{ serviced by single disk} = 0,7 \cdot \left(\frac{1}{T_s}\right) = 0,7 \cdot \left(\frac{1}{0,00614}\right) \sim 114 \text{ IOPS}$$

для одного диска

## Расчеты с учетом RAID массива

1. Для дисков Seagate Exos 10E2400 7 Тб (HDD)

$$D_p = \frac{\text{Total capacity required}}{\text{Capacity of a single disk}} = \frac{216000}{7} = 30858$$

30 858 дисков потребуется в год



$$D_p = \frac{\text{IOPS generated by an application at peak workload}}{\text{IOPS serviced by single disk}} = \frac{187500}{114} \sim 1645$$

1 645 дисков потребуется при максимальной нагрузке

2. Для дисков Intel X25-M G2 MLC (SSD1)

$$D_p = \frac{\text{Total capacity required}}{\text{Capacity of a single disk}} = \frac{216000}{7} = 30858$$

30 858 дисков потребуется в год

$$D_p = \frac{\text{IOPS generated by an application at peak workload}}{\text{IOPS serviced by single disk}} = \frac{187500}{8600} \sim 22$$

22 диска потребуется при максимальной нагрузке

3. Для дисков OCZ Z-Drive R4 CloudServ (SSD2)

$$D_p = \frac{\text{Total capacity required}}{\text{Capacity of a single disk}} = \frac{216000}{5,5} = 39273$$

39 273 диска потребуется в год

$$D_p = \frac{\text{IOPS generated by an application at peak workload}}{\text{IOPS serviced by single disk}} = \frac{187500}{500000} \sim 1$$

1 диск потребуется при максимальной нагрузке

### Сравнение стоимости массивов дисков

Название диска	SeagateExos 10E2400 (HDD)	Intel X25-M G2 MLC (SSD1)	OCZ Z-Drive R4 CloudServ (SSD2)
Цена за 1 штуку	10 735 руб.	23 458 руб.	39 630 руб.
Количество дисков	30 858	30 858	39 273
Энергопотребление	15 Вт	2 Вт	4 Вт

Траты на массивы дисков:

1. HDD = 30 858 \* 10 735 = 331 260 630 руб.
2. SSD 1 = 30 858 \* 23 458 = 723 866 964 руб.
3. SSD 2 = 39 273 \* 39 630 = 1 556 388 990 руб.

Траты на электроэнергию на последний месяц:

1. HDD = 30 858 \* 15Вт \* 3.5Вт/мес. = 1 620 045 руб.
2. SSD1 = 30 858 \* 2Вт \* 3.5Вт/мес. = 216 006 руб.
3. SSD2 = 39 273 \* 4Вт \* 3.5Вт/мес. = 649 822 руб.

Общая стоимость:

1. HDD = 1 620 045 + 331 260 630 = 332 880 675 руб.
2. SSD1 = 216 006 + 723 866 964 = 724 082 970 руб.
3. SSD2 = 649 822 + 1 556 388 990 = 1 557 038 812 руб.

Выбираем SSD1 по причине:

1. Требуется самое минимальное число дисков в год и при максимальной нагрузке.
2. Самое минимальное энергопотребление, в сравнении с другими типами дисков.
3. Общая стоимость дисков является удовлетворительной в сравнении цена/производительность.

### **Заключение**

На основе рассмотренных данных и проведенных расчетов была построена система хранения данных для использования одним аэропортом. Также был проведен анализ её составляющих, расчет конечной стоимости СХД с энергопотреблением.

# Содержание

<b>Организационный комитет</b>	
<b>XVII открытой научно-практической конференции.....</b>	<b>3</b>
Бутусова В.А. Научно-исследовательская деятельность: от ученичества к студенчеству.....	4
<b>Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение</b>	
<b>«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных».....</b>	<b>5</b>
Котелевский А.В. Выбор оптимальной формы наноспутника: куб или шестиугольная призма?.....	6
Григорьев М.С. Математическое обоснование крупногабаритных конструкций на базе группировки спутников «АнСат».....	8
Чешкова Я.И. Анализ кинематических параметров торможения БПЛА.....	12
Купоров М.А. Создание Telegram-бота в рамках решения задач по съему координат на местности.....	15
Суров М.Д. Автоматическое построение рельефа местности по известным точкам.....	16
Лаузер Я.П. Наземный сегмент проекта АнСат.....	21
<b>Балтийский государственный технический университет</b>	
<b>«Военмех» им. Д.Ф. Устинова.....</b>	<b>23</b>
Моисеева Н.М. Яфясов Р.Р. Алгоритм идентификации состояния оператора системы по сигналу, отображающему движение его глаз.....	24
Мазурова Ю.С. Перспективы внедрения активных фазированных антенных решеток в состав современных бортовых РЛС.....	28
Локачева Ю.А. Обработка радиолокационных сигналов бортовых когерентно-импульсных РЛС обеспечения полетов самолетов в сложных метеоусловиях.....	33
Усачева А.Ю. Фрактальные антенны.....	36
Изюмов А.В. Перспективы внедрения активных фазированных антенных решеток в состав современных бортовых РЛС.....	38
Дмитриев Д.К. Анализ микро энергетических установок с удельной мощностью от 10 до 1000 Вт/кг.....	43
<b>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет</b>	
<b>информационных технологий, механики и оптики.....</b>	<b>47</b>
Ризванова К.М. Анализ кинетики затухания флуоресценции полупроводниковых квантовых точек.....	48

Ризванов И.М., Ризванова К.М. Солнечные батареи на основе полупроводниковых квантовых точек.....	52
Грачев Г.А. Автоматическая нормализация снимков компьютерной томографии.....	55
Беляева Н.В. Перспективы внедрения активных фазированных антенных решеток в состав современных бортовых РЛС.....	59
<b>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.....</b>	<b>60</b>
Коньков Р.А. Разработка системы хранения данных для аэропортов.....	61