

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ:

Факультет	И
	индекс факультета
Выпускающая кафедра	И4
	индекс кафедры
Группа	И4М31
	индекс группы

Заведующий кафедрой <hr/> Страхов С. Ю. Фамилия ИО «_____»	И4 <hr/> индекс кафедры <hr/> подпись 2018 г.
--	---

ОТЧЕТ

о прохождении	научно-производственной	практики
наименование практики		
<p>1. <i>Описание практики</i></p> <p>2. <i>Цели и задачи практики</i></p> <p>3. <i>Методы и инструменты</i></p> <p>4. <i>Результаты и выводы</i></p> <p>5. <i>Рекомендации</i></p>		

Гавриловой Юлии Ивановны

Фамилия, имя, отчество обучающегося

обучающегося по направлению/специальности	11.04.01	Радиотехника
нужное подчеркнуть	код	полное наименование направления/специальности

Руководитель практики:

ХРОМИХИН А. Д.

Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность

Срок прохождения практики: с 02.07.2018 г. по 22.07.2018 г.

Должность обучающегося на практике: инженер-стажер

Руководитель практики:

Подпись _____

« » _____ 2018 г.

Фамилия ИО _____

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ И ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ	3
1.1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ	3
1.2 СТРУКТУРА ФАКУЛЬТЕТОВ	4
1.3 КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О КАФЕДРЕ.....	6
2 ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ	7
2.1 ПЕРЕЧЕНЬ КОНКРЕТНЫХ ЗАДАНИЙ НА ВРЕМЯ ПРАКТИКИ	7
2.2 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА	8
2.3 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	8
3 ИНФОРМАЦИЯ О МАТЕРИАЛЕ, ИЗУЧЕННОМ В ХОДЕ ПРАКТИКИ.....	15
4 РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ХОДЕ ПРАКТИКИ ЛИЧНО СТУДЕНТОМ	15
5 ПЕРЕЧЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, ПРИОБРЕТЕННЫХ В ХОДЕ ПРАКТИКИ	16
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	16
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	17

ВВЕДЕНИЕ

В качестве места прохождения практики был выбран Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, кафедра И4 БГТУ «ВОЕНМЕХ».

Балтийский государственный технический университет «Военмех» является ярким представителем инженерной школы России, сумевшим сохранить и приумножить достижения отечественного и мирового инженерно-технического образования. За свою 75-летнюю историю вуз подготовил для оборонной промышленности, народно-хозяйственного комплекса страны более 60 000 первоклассных специалистов, многие из которых стоят сегодня у руля предприятий, фирм, конструкторских бюро, возглавляют научные коллективы.[1]

Целью практики является анализ методов и способов контроля формы рефлектора зеркальных антенн.

1 КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ И ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

1.1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

В 1872—1874 гг. на первой роте Измайловского полка было построено здание Ремесленного училища Цесаревича Николая, которое сейчас является главным зданием университета. Училище было основано в 1875 году для подготовки мастеров-слесарей для промышленности. Училище послужило основой создания Санкт-Петербургского государственного института точной механики и оптики (технического университета) и Военмеха.

30 мая 1917 года Временным правительством было принято Постановление о преобразовании с 1 октября 1917 г. Ремесленного училища Цесаревича Николая в «Правительственное Петроградское техническое училище». Также было принято решение о создании при училище подготовительной школы. 1 июля 1918 года училище было переименовано в

«Первое Петроградское техническое училище», а 23 июля 1921 оно переименовано в «Первый Петроградский механический техникум». В это время среднее специальное учебное заведение занимается переподготовкой квалифицированных рабочих с целью получения более высокой квалификации. Университет организован как высшее учебное заведение «Механический институт» постановлением Президиума ВСНХ СССР от 13 июня 1930 года № 14 в составе Ленинградского механического учебного комбината. 26 февраля 1932 года в соответствии с приказом № 100 по Народному Комиссариату тяжелой промышленности СССР университет был преобразован в Военно-механический институт Народного Комиссариата тяжёлой промышленности. В его составе было два факультета — артиллерийский и боеприпасов. С 1934 года открыт факультет морского оружия. В 1992 году институт преобразован в государственный технический университет. Приказом Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации от 11 сентября 1997 года № 1868 Балтийский государственный технический университет имени Д. Ф. Устинова переименован в Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова.

Университет расположен в историческом центре города. В становлении института принимали участие видные деятели науки и техники А. А. Благонравов, М. Ф. Васильев, И. И. Иванов, М. Я. Крупчатников, В. А. Микеладзе, Б. Н. Окунев, П. Ф. Папкович, И. П. Гинзбург, В. Н. Кудрявцев.

1.2 СТРУКТУРА ФАКУЛЬТЕТОВ

Структура факультетов показана в таблице 1. [1]

Таблица 1 – Структура факультетов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Факультет	Кафедры
"А" Ракетно-космической техники	A1 «Ракетостроение»
	A2 «Технология конструкционных материалов и производства ракетно-космической техники»
	A3 «Космические аппараты и двигатели»
	A4 «Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов»
	A5 «Процессов управления»
	A8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Таблица 1 – Структура факультетов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова (Продолжение)

Факультет	Кафедра
"А" Ракетно-космической техники	А9 «Плазмогазодинамика и теплотехника»
	БА1 «Корабельное вооружение и морская робототехника» (Базовая кафедра АО «СПМБМ «Малахит»)
	БА3 «Ядерные транспортные модули и энергетические установки космического базирования» (Базовая кафедра ФГУП КБ «Арсенал им. М.В. Фрунзе»)
	БА32 «Информационные космические системы» (Базовая кафедра АО «ИСС» им. М.Ф. Решетнева)
	БК1 «Разработка авиационных двигателей и энергетических установок» (Базовая кафедра ОАО «Климов»)
"Е" Оружие и системы вооружения	Е1 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие»
	Е2 «Технология и производство артиллерийского вооружения»
	Е3 «Средства поражения и боеприпасы»
	Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»
	Е6 «Автономные информационные и управляющие системы»
	Е7 «Механика деформируемого твердого тела»
	БЕ1 «Ракетно-артиллерийское вооружение» (Базовая кафедра ФГУП КБ «Арсенал им. М.В. Фрунзе»)
"И" Информационные и управляющие системы	И1 «Лазерная техника»
	И2 «Инжиниринг и менеджмент качества»
	И4 «Радиоэлектронные системы управления»
	И8 «Системы приводов, мехатроника и робототехника»
	И9 «Систем управления и компьютерных технологий»
	БИ4 «Радиоэлектронные системы специального назначения» (Базовая кафедра АО «НПП «Пирамида»)
	БИ5 «Технологии проектирования и производства радиоэлектронных систем специального назначения» (Базовая кафедра АО «Радар ММС»)
	БИ8 «Средств ВКО и ПВО» (Базовая кафедра ООО «СЗРЦ Концерна ПВО «Алмаз Антей»)
"О" Естественнаучный	О1 «Экология и безопасность жизнедеятельности»
	О3 «Инженерная и машинная геометрия и графика»
	О4 «Физика»
	О5 «Физическое воспитание и спорт»
	О6 «Высшая математика»
	О8 «Электротехника»
"Р" Международного промышленного менеджмента и коммуникации	Р1 «Менеджмент организаций»
	Р4 «Экономика, организация и управление производством»
	Р7 «Теоретическая и прикладная лингвистика»
	Р10 «Философия»

1.3 КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О КАФЕДРЕ

Кафедра «Радиоэлектронные системы управления» Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д. Ф. Устинова (бывшая кафедра И7) основана в июле - августе 1959 года в период развития и внедрения радиоэлектронных устройств во всех областях науки и техники. Прародительницей кафедры стала уже существовавшая на тот момент кафедра И12.

С момента основания на кафедре развернулась большая работа по организации новых специальностей, оборудованию учебных лабораторий и постановки новых дисциплин. Уже в 1963 году состоялся первый выпуск высококвалифицированных специалистов, в которых остро нуждалась промышленность.

Одновременно с учебной работой началась и важная научная работа на самых передовых и перспективных направлениях. Вдохновителем и организатором НИР на кафедре выступил ее первый заведующий Г. И. Перов.

Молодая кафедра очень быстро завоевала признание и авторитет в ВУЗе. Неоднократные победы в социалистическом соревновании, грамоты и благодарности руководства явились свидетельством и закономерным результатом.

Постоянно совершенствуется лабораторная база. С 1972 года кафедра взяла курс на создание универсальных лабораторных стендов, позволяющих проводить лабораторные работы фронтальным методом. Практически по всем лабораторным работам, проводимым на кафедре, изданы методические указания.

Период 80 - начала 90-х годов явился наиболее ярким в истории кафедры. Это было время, когда в кафедральных лабораториях и аудиториях кипела жизнь, когда полным ходом шла учебная, научная работа, когда сотрудники кафедры вместе не только работали, но и отдыхали.

В 1981 году под руководством Ю. В. Родионова и С. П. Тригуба был создан новый научно-исследовательский сектор. Работы велись в области

совершенствования радиоэлектронного вооружения. Почти одновременно при кафедре создан сектор морских приборных устройств. Научным руководителем этого направления стал доцент Д. А. Шпагин. Интенсивно ведутся научные исследования и по традиционной тематике.

Сотрудниками кафедры В. С. Трофимовым и В. В. Смирновым испытан макет адаптивного цифрового устройства СДЦ, впоследствии был создан опытный образец такой аппаратуры для обзорной РЛС "Онега". Совместно с кафедрой ИЗ ведутся работы по созданию космического фотометра.

С первых дней основания кафедра активно включилась в решение не только учебных, но и научных задач. Среди самых известных разработок — система СДЦ обзорной РЛС «Онега», аппаратура звездного фотометра «Фотон», радиоэлектронный комплекс исследования Мирового океана «Алтиус».

В настоящее время на кафедре ведутся научно-исследовательские работы в различных областях: субнаносекундная радиолокация, передача энергии и информации в космическом пространстве, зондирование природных сред и др. Есть и совместные научные проекты с другими кафедрами Военмеха и различными научно-исследовательскими организациями Петербурга: ОАО «НПФ Меридиан»; ОАО «Радар ММС»; ОАО «Радиоавионика»; ОАО «Электроприбор»; НПП «Пирамида» и ОАО «Аквамарин».

2 ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

2.1 ПЕРЕЧЕНЬ КОНКРЕТНЫХ ЗАДАНИЙ НА ВРЕМЯ ПРАКТИКИ

На время прохождения научно-производственной практики были поставлены следующие задачи:

1. Ознакомиться с существующими антенными системами
2. Произвести обзор и анализ методов контроля формы антенны
3. Произвести обзор и анализ существующего оборудования, необходимого для контроля формы антенны.

4. Разработать математическую модель для расчета СКО антенн с частотами: 500 МГц, 1 ГГц, 5 ГГц, 10 ГГц, 15 ГГц, 20 ГГц

2.2 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

В ходе прохождения практики использовались:

- ПЭВМ с подключением к сети «Интернет»;
- Программное обеспечение: Microsoft Office Word и Microsoft Office Excel.

2.3 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Антенны — пассивные компоненты радиосистем. Антенны выполняют функции[2]:

- излучение/прием радиосигнала,
- пространственная фильтрация (обеспечивает направленность действия радиосистем) и др.

Классификация антенн:

- Излучатели небольших размеров
- Антенны бегущей волны
- Антенные решетки
- Апертурные антенные:
 - зеркальные
 - рупорные
 - линзовые
 - «гибридные»

Апертурные антенны обеспечивают наиболее высокую направленность излучения.

Амплитудная диаграмма направленности антенны может быть получена как расчетным, так и экспериментальным путем. Для ее наглядного представления привлекают различные способы графического изображения. При этом пользуются представлением об амплитудной ДН как о поверхности, соединяющей концы радиальных векторов, исходящих из начала координат и имеющих в каждом направлении длину, равную в заданном масштабе значению функции F .

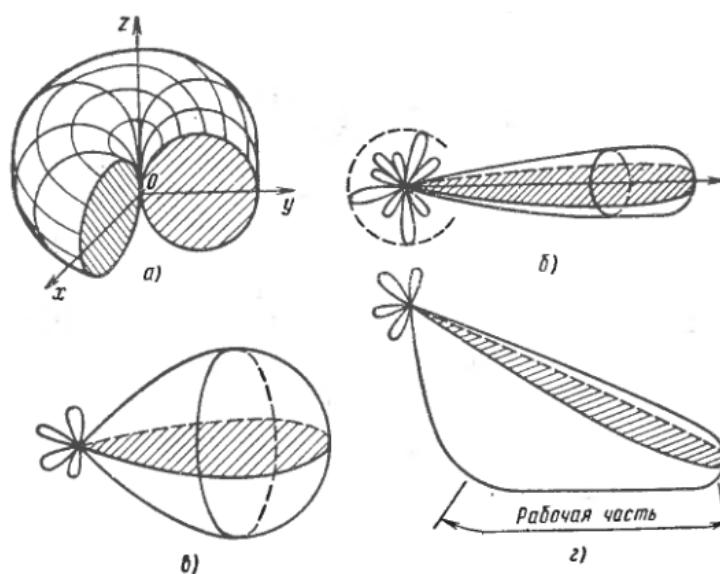


Рисунок 1 – Виды диаграмм направленности

Параметры антенн:

- Коэффициент направленного действия — оценка степени концентрации излучения в направлении максимума амплитудной ДН. Параметр показывает отношение модуля вектора Пойтинга в направлении максимального излучения на удалении R в дальней зоне к среднему модулю вектора Пойтинга на поверхности сферы того же радиуса, охватывающей антенну. Согласно другому определению этот параметр антенны показывает, во сколько раз должна быть увеличена излучаемая мощность при замене направленной антенны на абсолютно не

направленную гипотетическую изотропную антенну при условии сохранения постоянного модуля вектора Пойтинга в точке наблюдения.

- Ширина луча и уровень боковых лепестков. Направленные свойства антенны оценивают углом раствора главного лепестка ДН в какой-либо плоскости при заданном уровне относительной мощности — ширина луча (чаще всего на уровне половинной мощности). Уровень боковых лепестков антенны характеризует максимум наибольшего бокового лепестка по отношению к значению главного максимума. Эти параметры определяют разрешающую способность и помехозащищенность радиосистем.
- Рабочая полоса частот — в ее пределах другие параметры антенны не выходят за пределы допусков, установленных техническим заданием. Границы определяются наиболее зависящим от частоты параметром. Условно: узкополосные антенны — рабочая полоса частот меньше 10% номинальной частоты, широкополосные — 10 — 50%, диапазонные — более широкая полоса. Антенна является частотно-независимой, если отношение верхней и нижней границ достигает 5:1.
- Предельная рабочая мощность ограничивается электрической прочностью диэлектриков антенны, а также электрической прочностью окружающей антенну среды (особенно бортовых антенн, работающих в разреженных слоях тропосферы и ионосферы).
- Среднеквадратическое отклонение (СКО) выполнения отражающей поверхности зеркала антенны

Исходными данными для расчета СКО являются антенны с частотами: 500 МГц, 1 ГГц, 5 ГГц, 10 ГГц, 15 ГГц и 20 ГГц.

Среднеквадратическое отклонение рефлектора по нормали можно вычислить из формулы [9]:

$$\sigma_{en} = \frac{\lambda}{4\pi} * \frac{\delta}{\sqrt{6}} * \sqrt{1 + \frac{3}{4} * \left(\frac{D}{4F}\right)^2}$$

Расчет производился для различных фазовых отклонений, при условии равенства диаметра антенны ее фокусному расстоянию.

В результате расчета были получены значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 –СКО для антенн с частотами: 500 МГц, 1 ГГц, 5 ГГц, 10 ГГц, 15 ГГц, 20 ГГц при различных фазовых отклонениях

δ	$\pi/2$	$\pi/3$	$\pi/4$	$\pi/6$
500МГц				
СКО	0,00031328	0,000208854	0,00015664	0,000104427
СКО, мм	0,31328028	0,208853517	0,156640138	0,104426759
1 ГГц				
СКО	0,00015664	0,000104427	7,83201E-05	5,22134E-05
СКО, мм	0,15664014	0,104426759	0,078320069	0,052213379
5 ГГц				
СКО	3,1328E-05	2,08854E-05	1,5664E-05	1,04427E-05
СКО, мм	0,03132803	0,020885352	0,015664014	0,010442676
10 ГГц				
СКО	1,5664E-05	1,04427E-05	7,83201E-06	5,22134E-06
СКО, мм	0,01566401	0,010442676	0,007832007	0,005221338
15 ГГц				
СКО	1,0443E-05	6,96178E-06	5,22134E-06	3,48089E-06
СКО, мм	0,01044268	0,006961784	0,005221338	0,003480892
20 ГГц				
СКО	7,832E-06	5,22134E-06	3,916E-06	2,61067E-06
СКО, мм	0,00783201	0,005221338	0,003916003	0,002610669

По результатам расчетов можно увидеть, что с увеличением частоты антенны, параметр СКО уменьшается. Сравнение величины СКО для различных антенн показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сравнение значений СКО для антенн с частотами: 500 МГц, 1 ГГц, 5 ГГц, 10 ГГц, 15 ГГц, 20 ГГц при различных фазовых отклонениях

В настоящее время интенсивно используются и развиваются оптико-электронные методы контроля крупногабаритных (от 4 до 30 м и более) трансформируемых рефлекторов зеркальных антенн КА связи, включая геодезические и фотограмметрические методы, а также методы на основе дальнометрии, лазерного сканирования и проецирования. Задача контроля формы актуальна не только на этапах изготовления элементов отражающей поверхности, их монтажа опорной конструкции, юстировки профиля отражающей поверхности, но также непосредственно в процессе эксплуатации в составе КА.[3 – 5]

Система, удовлетворяющая высоким требованиям по точности измерений, а также обеспечивающая возможность одномоментной оценки отклонений формы отражающей поверхности объекта целиком, в режиме реального времени, может быть реализована использованием метода лазерного контроля размеров и их измерения. В результате обработки информации, полученной от оборудования, будут получены координаты реперных точек на изображении, которые впоследствии преобразуются в пространственные. По данным координатам строится диаграмма направленности антенны, что позволяет контролировать неточности и искажения формы рефлектора. В

качестве реперных точек могут использоваться: наклеиваемые маркеры (отражающая пленка, отражающие призмы и др.) и детали конструкции. Последнее становится проблематичным для антенн большого диаметра. [6]

Существует несколько методов измерения расстояний:

- интерферометрический (позволяет проводить измерения при расстояниях от нескольких метров);
- телеметрический с модуляцией пучка (расстояние: до нескольких километров);
- модуляция добротности (расстояние: километры).

Основные преимущества применения лазеров для измерения расстояний интерферометрическими методами связаны с такими свойствами лазерного излучения, как большая интенсивность и высокая степень когерентности. Эти свойства позволяют проводить измерения на расстояниях, значительно превышающих те, которые доступны системам с обычными источниками света. Величина, измеряемая интерферометрическими приборами, является длиной оптического пути, которая отличается от геометрической длины множителем, равным показателю преломления воздуха. Для того чтобы обеспечить высокую точность измерения, следует вводить соответствующую поправку на величину показателя преломления. Изменения показателя преломления зачастую являются фактором, ограничивающим точность измерения длины.

Наиболее подходящими приборами для контроля формы рефлектора являются лазерные трекеры, дальномеры, тахеометры, теодолиты и т. д.

Лазерный трекер — высокотехнологичный измерительный прибор, основанный на принципе слежения за специальным уголкового отражателем с помощью лазерного луча. Испускаемый прибором лазерный луч, попадая в центр уголкового отражателя, возвращается обратно в объектив прибора, а далее — на приёмный датчик дальномера. С учётом двух углов и расстояния

вычисляются текущие пространственные координаты отражателя. Координаты можно получать как в статическом режиме, так и в динамике. [10]

В таблице 3 приведен сравнительный анализ некоторых из существующих лазерных приборов. [11 – 19]

Таблица 3 – Анализ оборудования, необходимого для контроля формы рефлектора

Наименование	Параметр			
	Точность измерения расстояний, мкм	Угловая точность	Поле зрения	Максимальный рабочий диапазон измерений, м
Трекер OMNITRAC2	0,1	$\pm 0,018$ угл. секунд	горизонт.: $\pm 360^\circ$, вертик.: $+79^\circ/-59^\circ$	100-160
Трекер Radian	0,1	$\pm 0,018$ угл. секунд	горизонт.: $\pm 360^\circ$, вертик.: $+79^\circ/-59^\circ$	40-100-160
Leica Absolute Tracker AT960	$\pm 0,5/м$	± 15 мкм+6 мкм/м		20-160 (в зависимости от модели)
FARO Laser Tracker ION	2 мкм+0,4мкм/м 8 мкм+0,4мкм/м	10 мкм+2,5 мкм/м	горизонт.: $\pm 270^\circ$, вертик.: $+75^\circ/-50^\circ$	110 (диаметр сферы)
Абсолютный трекер Leica AT403	± 10 мкм	1 угл. секунд	горизонт.: $\pm 360^\circ$, вертик.: $\pm 145^\circ$	320
Высокоточный тахеометр Leica TDRA6000	0,3 мм+13 мкм/м MPE: 0,5 мм, 1 мм (отражающая пленка)			100-600
Роботизированный тахеометр Leica TM50	0,6 мм+1 мкм/м (отражатель) 2 мм+2 мкм/м 0,6 мм+1 мкм/м (на призму)	0,5 угл. секунд		1000 (без отражателя)
Тахеометр Leica TS30	2 мм+2 мкм (без отражателей) 0,6 мм+1 мкм/м	0,5 угл. секунд		1000 (без отражателя) 3500/10000
Laser Tracker Vantage (FARO)	16 мкм+0,8 мкм/м	20 мкм+5 мкм/м	Горизонт: 360° вертик: $+77,9^\circ/-52,1^\circ$	80

Таблица 3 – Анализ оборудования, необходимого для контроля формы рефлектора
(Продолжение)

Наименование	Параметр			
	Точность измерения расстояний, мкм	Угловая точность	Поле зрения	Максимальный рабочий диапазон измерений, м
IntelliprobeT	2 мкм+0,4 мкм/м (в режиме интерферометра) 8 мкм+0,4 мкм/м (в режиме фазового дальномера)	10 мкм+2,5 мкм/м	Горизонт: 270 вертик: +75/-50	110 (диаметр сферы)
Электронный теодолит Vega TEO-20		20 угл. секунд		
Теодолит ADA DigiTeo 2		2 угл. секунды	1'30"	

3 ИНФОРМАЦИЯ О МАТЕРИАЛЕ, ИЗУЧЕННОМ В ХОДЕ ПРАКТИКИ

В ходе практики были изучены материалы, содержащие описание существующих антенных систем, методов и средств контроля форм рефлекторов. Так же изучены методики расчета СКО антенн.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ХОДЕ ПРАКТИКИ ЛИЧНО СТУДЕНТОМ

В ходе практики была изучена история создания университета БГТУ Военмех, и кафедры И4. Рассмотрен вид деятельности кафедры и существующие научно-исследовательские проекты. Произведен анализ существующего оборудования, необходимого для контроля формы поверхности антенны. Произведен расчет СКО для антенн с частотой: 500 МГц, 1 ГГц, 5 ГГц, 10 ГГц, 15 ГГц, 20 ГГц.

5 ПЕРЕЧЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, ПРИБРЕТЕННЫХ В ХОДЕ ПРАКТИКИ

В ходе прохождения научно-производственной практики мной были освоены следующие навыки: поиск, анализ информации, представление информации в требуемом формате, способность к использованию и анализу нормативных документов, способность анализа поставленной задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При прохождении практики я приобрела практические навыки в соответствии с темой дипломного проекта. Были изучены методики моделирования, принципы эффективного использования информационных систем для моделирования, анализа решений, а так же методы автоматизации основных этапов исследования, моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт БГТУ «ВОЕНМЕХ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.voenmeh.ru>
2. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб. Для радиотехнич. спец. вузов. – М.: Высш. Шк., 1988 г.
3. Отчет о ПНИЭР «Создание высокоэффективной системы беспроводной узконаправленной передачи энергии и информации для управления состоянием объектов космического базирования на основе лазерных и волоконнооптических технологий» / Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0201 от 27.10.2015 г., Этап 1. / СПб, БГТУ, 2015г.
4. Отчет о ПНИЭР «Создание высокоэффективной системы беспроводной узконаправленной передачи энергии и информации для управления состоянием объектов космического базирования на основе лазерных и волоконнооптических технологий» / Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0201 от 27.10.2015 г., Этап 2. / СПб, БГТУ, 2016г.
5. Отчет о ПНИЭР «Создание высокоэффективной системы беспроводной узконаправленной передачи энергии и информации для управления состоянием объектов космического базирования на основе лазерных и волоконнооптических технологий» / Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0201 от 27.10.2015 г., Этап 3. / СПб, БГТУ, 2017г. 790 с.
6. Титаренко С. А., Двирный В. В. Применение оптических маркеров для измерения профиля крупногабаритных рефлекторов, Решетневские чтения, 2014 г.
7. Richard S. Pappa, Louis R. Giersch, M. Jessica Photogrammetry of a 5m Inflatable Space Antenna With Consumer Digital Cameras [Electronical Resource]. Available at: www.photomodeler.com/applications/documents/NASA.pdf
8. Хайкин В. Б., Лебедев М. К., Рипак А. М., Способ радиоголографического контроля поверхности главного зеркала радиотелескопа ратан-600 с

радиальным движением опорного элемента, Журнал радиоэлектроники №11, 2017 г.

9. Лаврецкий Е. И., Чернышов В. С. Исследование влияния регулярных фазовых ошибок на характеристики зеркальной параболической антенны с электрическим сканированием, "ЖУРНАЛ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" N 3, 2015

10. Инновационные решения в метрологии и системах неразрушающего контроля [Электронный ресурс] URL:

<https://nevatec.ru/products/measuring/lasertrackers.html>

11. Трекер OMNITRAC2, Radian [Электронный ресурс] URL:

<https://nevatec.ru/manufacturer/api.html>

12. Leica Absolute Tracker AT960, [Электронный ресурс] URL:

<https://www.gfk->

[leica.ru/katalog/promyshlennyye_izmereniia_i_metrologiia/sistemy_lazernyh_trekerov/leica_at960/](https://www.gfk-leica.ru/katalog/promyshlennyye_izmereniia_i_metrologiia/sistemy_lazernyh_trekerov/leica_at960/)

13. FARO Laser Tracker ION, [Электронный ресурс]

URL: https://tesis.com.ru/equip/kimfaro/laser_traker_ion.php

14. Высокоточный тахеометр Leica TDRA6000, [Электронный ресурс] URL:

<http://promgeo.com/products/tdra6000>

15. Роботизированный тахеометр Leica TM50, [Электронный ресурс] URL:

<http://ugt-holding.com/shop/product/tm50-0-5>

16. Тахеометр Leica TS30, [Электронный ресурс] URL:

<http://spb.rusgeocom.ru/catalog/elektronnyie-taheometryi/leica/ts-30.html>

17. Laser Tracker Vantage (FARO), [Электронный ресурс] URL:

<http://www.metrologi.ru/production/control/trackers/item/1500-laser-tracker-vantage>

18. Электронный теодолит Vega TEO-20, [Электронный ресурс] URL:

<http://bifai.ru/product/elektronnyj-teodolit-vega-teo-20/>

19. Теодолит ADA DigiTeo 2, [Электронный ресурс] URL:

http://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/Teodoliti/7_ADADigiTeo2.php