

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 14.07.2023 09:36:08

Уникальный идентификатор:

aba80b84033c9ef1967388e9ea0434f90a83a40954ba270e84bche64f02d1d8d0

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Казанский национальный исследовательский технический

университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(КНИТУ-КАИ)

Чистопольский филиал «Восток»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

по дисциплине

**СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.06**

Направление подготовки: **09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

Квалификация: **Бакалавр**

Профиль подготовки: **Автоматизированные системы обработки информации и управления**

Типы задач профессиональной деятельности: **проектный, производственно-технологический**

Рекомендовано УМК ЧФ КНИТУ-КАИ

Чистополь

2023 г.

## 1 Цели и задачи курсовой работы

Основной целью курсовой работы является изучение основ и принципов построения сетей ЭВМ и систем телекоммуникаций, формирование у студентов профессиональных компетенций (ПК), обеспечивающих решение технических задач с использованием вычислительных сетей и систем телекоммуникаций

Основной задачей курсовой работы является формирование умений и навыков по следующим направлениям деятельности:

- 1) обоснованного выбора элементов и типовых узлов компьютерных сетей, анализа и синтеза структурных схем компьютерных сетей, применяемых в различных технических областях;
- 2) развитие практических навыков экспериментального исследования элементов и типовых узлов компьютерных сетей.

## 2 Структура и трудоемкость КР

Распределение фонда времени выполнения курсовой работы

№ п/п	Наименование раздела и этапа практики	Трудоемкость СРС (в часах)	Формы и вид текущего контроля успеваемости
1	Ознакомление с целями и задачами КР, выдача индивидуальных заданий	2	Собеседование
2	Сбор, обработка и анализ материала в соответствии с индивидуальным заданием	20	Собеседование
3	Подготовка отчета КР	12	Собеседование
4	Защита отчета по КР	2	Собеседование
	Итого:	36	

### 3 Содержание тем учебной дисциплины

#### 3.1 Содержание и технология выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы включает в себя следующие виды деятельности студента:

- 1) усвоение индивидуального задания по КР;
- 2) определение актуальной предметной области для сбора информации во время выполнения КР;
- 3) разработка индивидуального плана выполнения КР;
- 4) сбор необходимой информации;
- 5) оформление выполненной курсовой работы в виде отчета

#### Примеры тем курсовых работ

№ п/п	Наименование темы КР
1	Разработка беспроводной сети на базе технологии WiFi
2.	Разработка структуры корпоративной сети передачи данных
3.	Разработка корпоративной системы безопасности
4.	Разработка корпоративной системы мониторинга транспорта
5.	Разработка корпоративной системы медицинского назначения
6.	Разработка распределенной системы автоматизации обсерватории
7.	Разработка автоматизированной системы динамической маршрутизации двух диапазонной станции спутниковой связи
8.	Автоматизированная система управления микроклиматом
9.	Автоматизированная система стабилизации бортовой антенны облетного измерительного комплекса
10.	Автоматизированная система для исследования диаграммы направленности измерительной антенны

#### 3.2 Содержание индивидуального задания по курсовой работе

Индивидуальное задание на курсовую работу каждого студента обеспечивает реализацию технологий проектной и творческой деятельности;

Индивидуальная программа выполнения курсовой работы предполагает использование современных компьютерных технологий для информационного обеспечения в будущем выпускной квалификационной работы.

Индивидуальное задание на курсовую работу включает основные вопросы изучаемых дисциплин направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

В процессе выполнения курсовой работы студент должен изучить:

- 1) организацию основных технологических процессов на данном предприятии по профилю специальности;
- 2) типовые методы расчёта, конструирования и изготовления изделий и систем по профилю специальности;
- 3) проектно-технологическую документацию, патентные и литературные источники в целях их дальнейшего использования при выполнении выпускной квалификационной работы.
- 4) назначение, состав, конструкцию, принцип работы, технологию изготовления, условия монтажа и технической эксплуатации систем по профилю специальности.

В рамках выполнения индивидуального задания студент должен разработать презентацию своей курсовой работы в программе Microsoft Power Point, иллюстрирующую основные положения рассматриваемых вопросов

### **3.3 Методические рекомендации для студентов**

Курсовая работа выполняется в соответствии с учебным планом подготовки по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

Индивидуальное задание для студента на курсовую работу разрабатывается и утверждается руководителем курсовой работы.

По результатам выполнения курсовой работы оформляется отчет.

Образец отчета по курсовой работе приведен в Приложении 1.

При сдаче отчета студент должен представить заключение по курсовой работе преподавателя, ведущего данную дисциплину.

При сдаче курсовой работы студент должен продемонстрировать детальное знание темы, по которой выполнена курсовая работа, сформулировать ответы на вопросы по индивидуальному заданию на курсовую работу.

## 4 Обеспечение курсовой работы

### 4.1 Основная литература

1. Муллабаев В.Н. Сети и телекоммуникации [Электронный ресурс]: учебн. пособие / В.Н. Муллабаев; науч. ред. О.В. Подсобляева. - 2-е изд., стер.- Москва: ФЛИНТА, 2020. – 157 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/142302>. — Загл. с экрана.
2. Гребешков, А.Ю. Вычислительная техника, сети и телекоммуникации. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2015. — 190 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90140>. — Загл. с экрана.

### 4.2 Дополнительная литература:

1. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. 3-е изд. - СПб.: Питер, 2008. -766 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. - СПб.: Питер, 2010. – 668 с.
3. Пуговкин, А.В. Телекоммуникационные системы [Электронный ресурс] : учебн. пособие — Электрон. дан. — Москва: ТУСУР, 2007. — 202 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4939>. — Загл. с экрана.

### 4.3 Методическая литература к выполнению курсовой работы

1. Методические материалы по курсовому проектированию по дисциплине «Сети и телекоммуникации» в электронном виде (место хранения кафедра приборостроения).

### 4.4 Перечень информационных технологий, используемых при выполнении курсовой работы

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной информационно-образовательной среды КНИТУ-КАИ.

1. Белош В.В. «Сети и телекоммуникации» [Электронный ресурс]: Методические материалы по курсу дистанционного обучения по направлению подготовки бакалавров 09.03.01 «Информатика и ВТ» / КНИТУ-КАИ, Казань, 2016 – Доступ по логину и паролю. URL: [https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?course\\_id=13798\\_1&crosscoursenavrequest=true&content\\_id=282527\\_1&crosscoursenavrequest=true](https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?course_id=13798_1&crosscoursenavrequest=true&content_id=282527_1&crosscoursenavrequest=true)

**4. 5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

1. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы. URL: <https://e.lanbook.com/>.

2. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы. URL: <http://znanium.com/>.

3. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы. URL: <https://urait.ru/>.

4. Научно-техническая библиотека КНИТУ-КАИ. URL: <http://library.kai.ru/>.

5. Единое окно доступа к информационным ресурсам. URL: <http://window.edu.ru>.

## **Приложение 1**

Пример отчета по курсовой работе

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
Чистопольский филиал «Восток»  
Кафедра компьютерных и телекоммуникационных систем**

**ЗАДАНИЕ**

на курсовую работу по дисциплине:

**«Сети и телекоммуникации»**

на тему:

**«Автоматизированная система для исследования диаграммы  
направленности измерительной антенны»**

Студент Иванов П.С.

Направление 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Группа 21402

Изучить:

1. Существующие методы измерения диаграммы направленности антенн
2. Облетный метод измерения диаграммы направленности антенн
3. Облетный метод измерения диаграммы направленности РЛС с помощью беспилотного летательного аппарата

Выполнить:

1. Разработать структурную схему измерительного стенда для определения диаграммы направленности измерительной антенны
2. Разработать структурную схему модуля управления шаговыми двигателями
3. Расчет шага перемещения измеряемого объекта по углу места и по азимуту
4. Расчет параметров шаговых двигателей
5. Разработать структурную схему алгоритма работы измерительного стенда
6. Разработать структурную схему алгоритма работы модуля управления шаговыми двигателями

Преподаватель,

к.т.н., доцент

Задание принял к исполнению

Белош В. В.

Иванов П.С.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
Чистопольский филиал «Восток»  
Кафедра компьютерных и телекоммуникационных систем**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

на курсовую работу по дисциплине:

**«Сети и телекоммуникации»**

на тему:

**«Автоматизированная система для исследования диаграммы  
направленности измерительной антенны»**

Студент Иванов П.С.

Направление 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Группа 21402

Изучено:

1. Существующие методы измерения диаграммы направленности антенн
2. Облетный метод измерения диаграммы направленности антенн
3. Облетный метод измерения диаграммы направленности РЛС с помощью беспилотного летательного аппарата

Выполнено:

1. Разработана структурная схема измерительного стенда для определения диаграммы направленности измерительной антенны
2. Разработана структурная схема модуля управления шаговыми двигателями
3. Выполнен расчет шага перемещения измеряемого объекта по углу места и по азимуту
4. Выполнен расчет параметров шаговых двигателей
5. Разработана структурная схема алгоритма работы измерительного стенда
6. Разработана структурная схема алгоритма работы модуля управления шаговыми двигателями

Преподаватель,  
к.т.н., доцент

Белош В. В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»  
Чистопольский филиал «Восток»**

---

Кафедра компьютерных и телекоммуникационных систем

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
по дисциплине «Сети и телекоммуникации»  
на тему:

**«Автоматизированная система для исследования диаграммы  
направленности измерительной антенны»**

Выполнил:

ст. группы 21402 Иванов П.С.

Проверил:

к.т.н., доцент Белош В.В.

## Оглавление

Введение.....	3
1 Методы измерения диаграмм направленности антенн.....	6
1.1 Метод вращающейся антенны.....	6
1.2 Метод неподвижной антенны.....	6
1.3 Применение искусственного спутника Земли.....	7
2 Облетный метод измерения диаграммы направленности антенн.....	9
3 Облетный метод измерения ДН РЛС с помощью БПЛА.....	10
4 Разработка структурной схемы измерительного стенда.....	12
5 Структурная схема алгоритма работы измерительного стенда.....	15
6 Разработка модуля управления шаговыми двигателями.....	16
6.1 Расчет шага перемещения по углу места и по азимуту.....	16
6.2 Расчет параметров шаговых двигателей.....	18
6.3 Структурная схема модуля управления шаговыми двигателями.....	19
6.4 Связной интерфейс UART.....	19
6.5 Структурная схема алгоритма работы модуля управления ШД.....	21
Заключение.....	22
Список литературы.....	23

## **Введение**

Развитие различных методов измерения характеристик антенных устройств, особенно антенных систем радиолокационных станций (РЛС), имеет чрезвычайно большое значение для военных целей. С помощью радиолокационных средств решаются самые разнообразные задачи навигации, управления полётом и посадкой летательных аппаратов, проводкой кораблей, прогнозирования погоды, перехвата объектов противника и прицеливания при стрельбе по ним.

Знание фактической диаграммы направленности (ДН) антенной системы радиолокационной станции представляет интерес по многим причинам. Фактическая ДН определяет многие параметры РЛС. Несоответствие фактической и расчетной ДН указывает на конструктивные ошибки при разработке антенной системы или на погрешности, возникающие при монтаже этой системы.

Диаграмма направленности (антенны) – графическое представление зависимости коэффициента усиления антенны или коэффициента направленного действия антенны от направления антенны в заданной плоскости.

В облетном методе имеют дело с подвижной вспомогательной антенной, перемещающейся в пространстве по заданной траектории

При этом самолёт с непрерывно излучающей антенной на постоянной высоте с постоянной скоростью проходит над точкой стояния приёмника с приёмными антеннами, его координаты пишутся на борту системой. После прохода над приёмной частью комплекса самолёт делает горизонтальную «петлю» с набором высоты и измерения повторяются.

Сигнал с приёмника непрерывно пишется в компьютер. За ширину ДН в полосе отклика среды принято отношение спектров 0.707 (- 3 дБ) по амплитуде. Программное обеспечение (ПО) позволяет выделять отдельные сигналы, относящиеся к измерениям ДН антенн. Диаграмма направленности антенн может изображаться в полярной системе координат или в сечении этой системы, а так же в декартовых (прямоугольных) координатах. По диаграмме направленности определяют ряд важных параметров рассматриваемой антенны. Половину ширины главного лепестка называют углом половинного уровня. Это угол между

направлением максимума излучения и направлением, где плотность потока энергии составляет половину от максимальной. Чтобы определить такой угол, точке наибольшего напряжения в главном направлении присваивают значение 1,0 и по обе стороны лепестка излучения находят точки, в которых напряжение составляет 0,71 от максимального. Уменьшение напряжения в 0,71 раз ( $1/\sqrt{2}$ ) соответствует снижению мощности на 50% или на 3 дБ. Затем, как показано на рисунке 1, через эти точки проводят из центра прямые, которые и служат сторонами искомого угла половинного уровня. Обычно предпочитают пользоваться понятием ширины диаграммы по половинной мощности или ширины по уровню 3 дБ [1].



Рисунок 1 – Диаграмма направленности антенн

# **1 Методы измерения диаграмм направленности антенн**

Известно несколько способов измерения диаграммы направленности антенн.

## **1.1 Метод вращающейся антенны**

Основан на том, что исследуемая антенна вращается в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а излучатель неподвижен. При этом амплитуда сигнала на выходе антенны зависит от углов поворота антенны в азимутальной плоскости и плоскости углов места. Этот метод применяется при изучении антенн сверхвысоких частот, при макетировании, а также при изучении простейших антенн метровых волн.

Достоинство метода - запись диаграммы направленности в автоматическом режиме с одновременным измерением углов поворота антенны.

К недостаткам можно отнести ограничение на геометрические размеры исследуемых антенн и трудности при снятии диаграмм направленности антенны, установленной на каком-либо объекте.

## **1.2 Метод неподвижной антенны**

Метод неподвижной антенны заключается в том, что положение и ориентация исследуемой антенны остаются неизменными, а источник излучения перемещается вокруг нее по круговым траекториям. Метод неподвижной антенны применяется при исследовании диаграмм направленности антенн радиочастот, антенн на радиорелейных линиях связи и т.п. При этом определить диаграммы направленности можно как наземными измерениями, при которых излучатель располагается на поверхности Земли, так и с помощью вспомогательных излучателей, расположенных на летательных аппаратах.

Данному методу присущи некоторые недостатки. Так, при наземных измерениях можно получить диаграмму направленности только в одной плоскости, причем точность измерения при этом будет весьма низкая из-за влияния неровностей рельефа местности и недостаточного удаления излучателя от исследуемой антенны. Исследование диаграмм направленности с помощью

летательных аппаратов отличается большими трудозатратами и затратами времени и ресурсов.

### **1.3 Применение искусственного спутника Земли**

В данном случае определение диаграммы направленности антенны производится путем облучения с борта искусственного спутника Земли (ИСЗ) или с использованием излучения космических радиоисточников.

Достоинство метода - исследование диаграмм направленности антенн, работающих в широком диапазоне длин волн, от сантиметровых до километровых; исследование диаграмм направленности антенны, установленной по месту ее применения.

Целью данного метода является повышение точности, сокращение времени снятия диаграммы направленности и уменьшение стоимости исследования антенны.

Метод позволяет исследование направленных свойств антенны, установленной по месту ее применения. Такая возможность особенно актуальна для современных высокоточных радиотехнических систем, когда антенна приемника находится в окружении близко расположенных объектов или элементов конструкций, и принимаемые радиосигналы подвержены интерференционным искажениям. В этом случае метод позволяет измерить «реальную» диаграмму направленности антенны с учетом воздействия отраженных радиоволн.

Метод измерения диаграмм направленности антенны основан на том, что наземный двухчастотный навигационный приемник способен фиксировать радиосигналы от нескольких НИСЗ одновременно. При этом в зоне «видимости» приемника может находиться до 12 навигационных спутников. Совместная когерентная во времени обработка данных об амплитуде радиосигналов всех «видимых» НИСЗ позволяет получить зависимость интенсивности принимаемых радиосигналов как функцию угловых координат - угол места и азимута направления на НИСЗ. При этом азимут - угол в горизонтальной плоскости между направлением на север и направлением на НИСЗ из точки приема, а угол места

отсчитывают в вертикальной плоскости между направлением на НИСЗ из точки приема и горизонтальной плоскостью.

Данный метод позволяет повысить точность измерения диаграмм направленности, сократить время и уменьшить стоимость исследования антенны за счет применения наиболее высокоточной, высокотехнологичной и широкодоступной из существующих в настоящее время радиотехнических систем [5].

## 2 Облётный метод измерения диаграммы направленности антенн

В этом методе имеют дело с подвижной вспомогательной антенной, перемещающейся в пространстве по заданной траектории. Для проведения этих измерений нужно минимально 3 пролета на разных высотах. Измерения ДН проводятся по схеме: генератор и передающая антенна на борту, приёмник с приёмными антеннами на земле.

При этом самолёт с непрерывно излучающей антенной на постоянной высоте с постоянной скоростью проходит над точкой стояния приёмника с приёмными антеннами, его координаты пишутся на борту системой GPS. После прохода над приёмной частью комплекса самолёт делает горизонтальную «петлю» с набором высоты и измерения повторяются. Схема взаимного расположения передающей антенны и приёмной части комплекса представлены на рисунке 2 [3].



Рисунок 2 – Измерение ДН антенн «облётным методом»

### 3 Облетный метод измерения ДН РЛС с помощью БПЛА

Конструкция антенного устройства, особенности и характеристики формируемой им диаграммы направленности определяли способ измерения диаграмм направленности в облетном методе. Для антенны, формирующей сложную диаграмму направленности в заданном секторе пространства при углах места не более 50–60 град., измерялись горизонтальные сечения диаграммы, при которых летательный аппарат совершал при постоянной на каждом проходе высоте круговой облет антенны. Удаление летательного аппарата от антенны по возможности выдерживалось близким к постоянному. Для получения высокой точности результатов при большом общем времени измерений применялся опорный канал. Специфика данного метода требует внедрения максимального уровня автоматизации всех этапов работ – от управления полетами, проведения измерений и регистрации данных измерений до обработки информации и построения диаграммы направленности антенны.

Для измерения характеристик приемной и передающей антенн используются различные алгоритмы и бортовое оборудование. Измерения значений плотности потока мощности излучения передающей АФАР будут производиться в узлах облетной сетки на квазиоптимальном расстоянии от источника. Облетная сетка представлена на рисунке 3. При измерении приемной АФАР используется подобная облетная сетка, но источником будет являться бортовой излучатель. А измерения будут производиться приемником самой АФАР.

Совершив облет, БПЛА возвращается в точку старта и совершает посадку на парашюте. Затем данные с бортового накопителя обрабатываются по специальным алгоритмам вычислительным узлом, расположенным в наземном пункте управления (НПУ).

НПУ представляет собой специально подготовленное транспортное средство, предназначенное для управления БПЛА, контроля полета, транспортирования оборудования и обслуживающего его персонала, обеспечения

бесперебойного функционирования оборудования как в движении, так и на стоянке.

Главным достоинством современных БПЛА по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами является то, что они позволяют избежать потерь летного состава и решать задачи при меньших экономических затратах. К тому же отсутствие человека на борту БПЛА позволяет автоматизировать процесс измерений на всех этапах, снять многие конструктивные ограничения, увеличить эксплуатационную надежность, снизить взлетную массу [4].

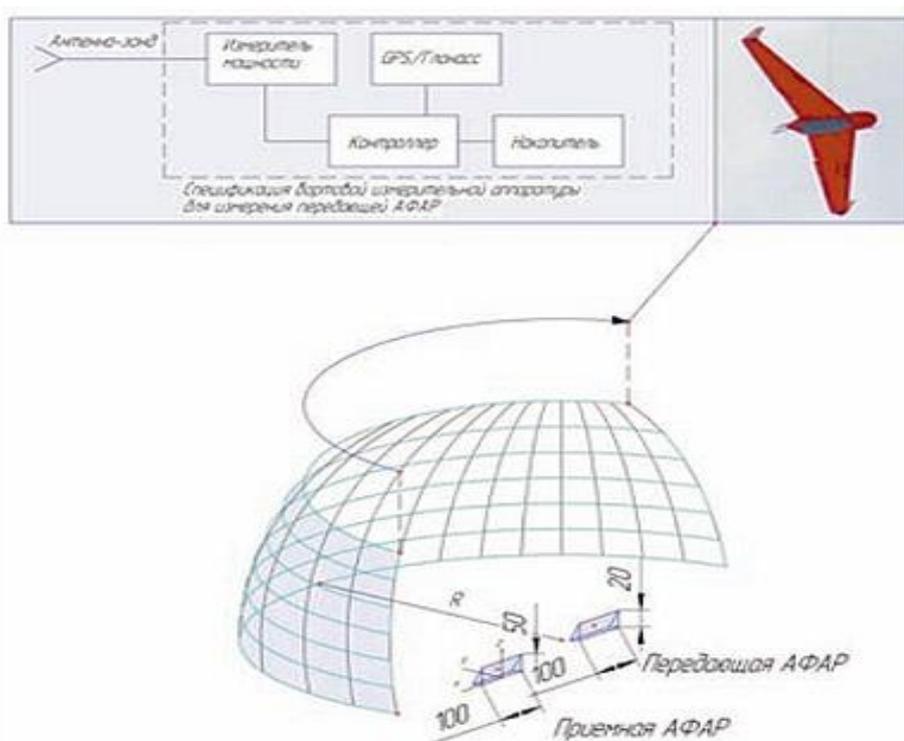


Рисунок 3 – Облетная сетка

#### 4 Разработка структурной схемы измерительного стенда

Для определения диаграммы направленности измерительной антенны, установленной на коптере, необходимо измерить характеристики этой антенны вместе с летательным аппаратом. Для проведения таких измерений создается стенд в безэховой камере, состоящий из двух разнесенных между собой позиций.

На одной позиции устанавливается не вращающееся передающее устройство, а на другой на опорно-поворотном устройстве устанавливается коптер с измерительной антенной. На рисунке 4 представлено опорно-поворотное устройство.



Рисунок 4 – Опорно-поворотное устройство

Опорно-поворотное устройство обеспечивает перемещение коптера вместе с измерительной антенной в двух плоскостях: по азимуту и по углу места.

Для задания режимов работы аппаратуры передающей позиции используется блок дистанционного управления от основной позиции.

Исследуемая антенна подключается к измерительному прибору, расположенному на приемной позиции. Измерительный прибор через интерфейсный модуль подключается к компьютеру.

Перемещение опорно-поворотного устройства по азимуту и по углу места обеспечивается с помощью двух шаговых двигателей, каждый из которых

управляется своим блоком управления (драйвером). Драйверы шаговых двигателей подключаются к компьютеру.

Для определения текущего положения опорно-поворотного устройства имеется два датчика положения: один показывает положение поворотного устройства по азимуту, а другой – по углу места.

Датчики положения через соответствующие интерфейсные модули подключены к компьютеру.

При работе стенда оператор задает начальное положение опорно-поворотного устройства по двум координатам: азимут и угол места.

Затем вступает в действие программа проведения измерений: включается передатчик и снимается показание измерительного прибора на приемной позиции. Опорно-поворотное устройство перемещается на заданный угол по азимуту и вновь снимается показание измерительного прибора.

Для управления различными устройствами в измерительном стенде предполагается использовать микроконтроллер Arduino Uno и шаговые двигатели с драйверами. На рисунке 5 представлен микроконтроллер Arduino Uno.



Рисунок 5 – Микроконтроллер Arduino Uno

После того, как опорно-поворотное устройство дойдет до крайнего положения по азимуту, выдается команда на изменение угла места и проводится аналогичный цикл измерений на каждом шаге перемещения опорно-поворотного устройства по азимуту.

Полученный массив отсчетов измерительного прибора обрабатывается программным обеспечением в компьютере и строится двумерная картина диаграммы направленности измерительной антенны.

На рисунке 5 представлена структурная схема измерительного стенда.

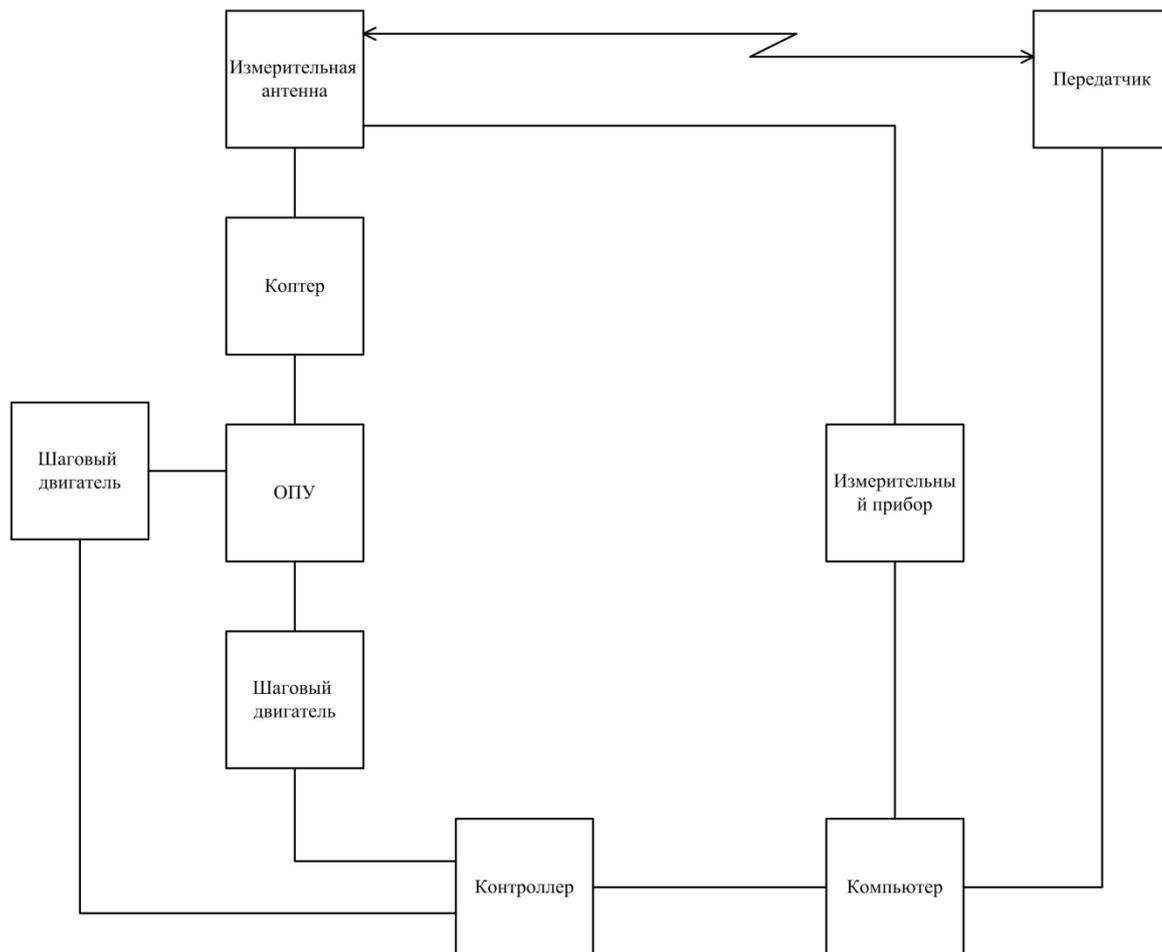


Рисунок 5 – Структурная схема измерительного стенда

## 5 Структурная схема алгоритма работы измерительного стенда

На рисунке 6 представлена структурная схема алгоритма работы измерительного стенда.

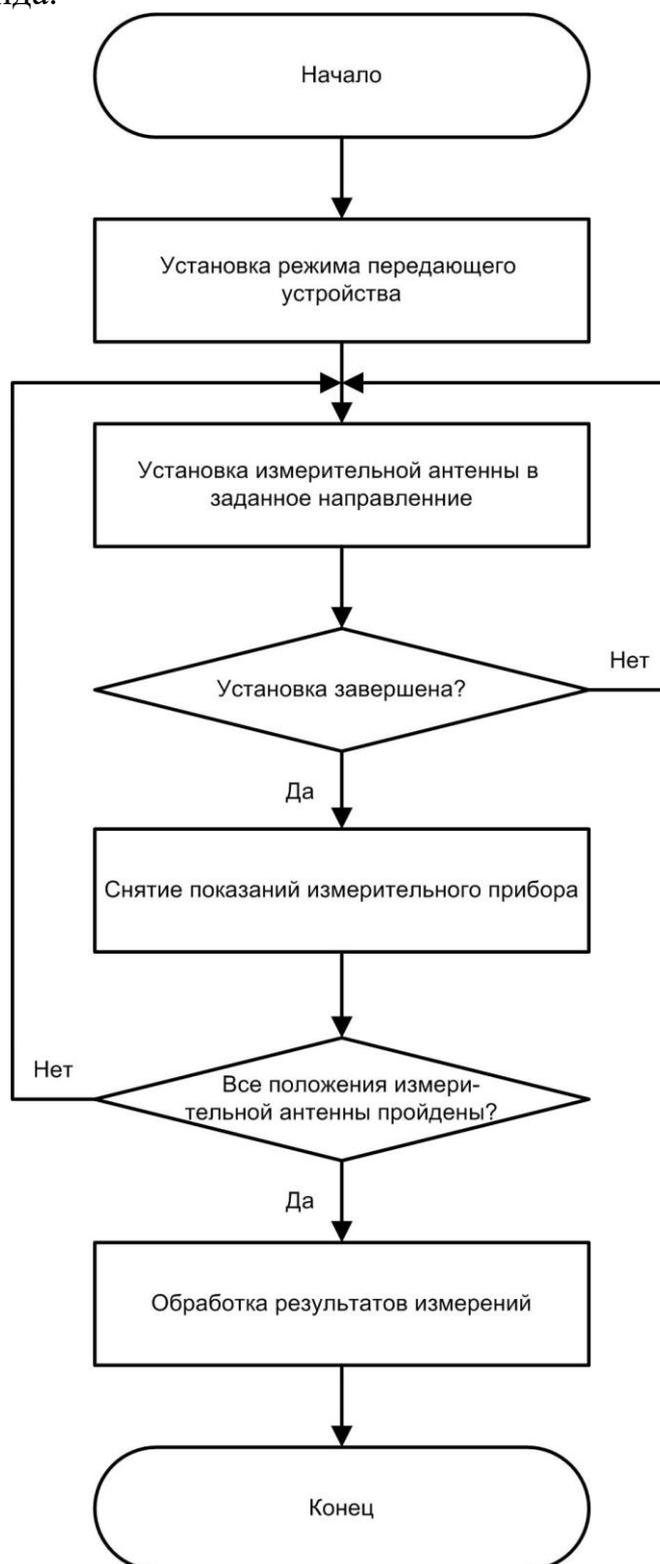


Рисунок 6 – Структурная схема алгоритма работы измерительного стенда

## 6 Разработка модуля управления шаговыми двигателями

### 6.1 Расчет шага перемещения по углу места и по азимуту

Технические решения относятся к области радиолокации и могут быть использованы в обзорных одноканальных радиолокационных станциях (РЛС) с фазированной антенной решеткой (ФАР) для измерения угловых координат объектов. Достижимым техническим результатом является повышение точности измерения угловых координат объекта.

Определение угловых координат объектов по углу места и азимуту рассчитываются по формулам (1) и (2):

- расчет угла места:

$$El = \frac{\arctg(\cos(B - C) \cos(A) - 0,15126)}{\sqrt{(1 - \cos^2(A - C) \cos^2(A))}}, \quad (1)$$

где  $El$  – угол места в градусах,  $A$  – географическая широта,  $B$  – географическая долгота,  $C$  – географическая долгота точки остановки.

- расчет азимута:

$$Az = \frac{180 + \arctg(\tg(B - C))}{\sin(A)}, \quad (2)$$

где  $Az$  – азимут в градусах,  $A$  – географическая широта,  $B$  – географическая долгота,  $C$  – географическая долгота точки остановки.

- Технический результат достигается также тем, что в радиолокационную станцию, содержащую передатчик, антенный переключатель, антенну, приемник, пороговое устройство, синхронизатор, блок оценки угловых координат, при этом выход передатчика соединен со входом антенного переключателя, вход/выход которого соединен с антенной, выход антенного переключателя соединен со входом приемника, выход которого соединен со входом порогового устройства, выход порогового устройства и координатный выход антенны соединены соответственно с первым и вторым входами блока оценки угловых

координат, первый и второй выходы синхронизатора соединены соответственно с синхровходами передатчика и блока оценки угловых координат, при этом блок оценки угловых координат включает запоминающее устройство принятых сигналов, блок формирования двумерных угловых пакетов принятых сигналов и вычислитель, причем первый и второй входы запоминающего устройства принятых сигналов являются первым и вторым входами блока оценки угловых координат соответственно,  $M$  выходов запоминающего устройства принятых сигналов соединены с  $M$  входами блока формирования двумерных угловых пакетов принятых сигналов, включающего вычислитель, первые  $M$  входов которого являются входами блока обнаружения угловых пакетов, запоминающее устройство весовых коэффициентов,  $M$  выходов которого соединены со вторыми  $M$  входами вычислителя, пороговое устройство, соединенное с выходом вычислителя, и ключ,  $M$  входов которого соединены с первыми  $M$  входами вычислителя, а  $M+1$ -й вход соединен с выходом порогового устройства,  $M$  выходов ключа являются выходами блока формирования угловых пакетов принятых сигналов и соединены с  $M$  входами вычислителя координат, выход которого является выходом блока оценки угловых координат, согласно изобретению в блок оценки угловых координат дополнительно введен блок определения степени флюктуации сигналов,  $M$  входов которого соединены с  $M$  выходами блока формирования угловых пакетов принятых сигналов, а выход соединен с  $M+1$ -м входом вычислителя координат [2].

## 6.2 Расчет параметров шаговых двигателей

Для обеспечения требуемых скоростей перемещения и точности ОПУ по азимуту и по углу места применяется шаговый двигатель марки FL57STH56-2804BG25. На рисунке 7 представлен внешний вид шагового двигателя.



Рисунок 7 – ШД марки FL57STH56-2804BG25

Ротор разделен на две части, между которыми расположен цилиндрический постоянный магнит. Таким образом, зубцы верхней половины ротора являются северными полюсами, а зубцы нижней половины – южными. Кроме того, верхняя и нижняя половины ротора повернуты друг относительно друга на половину угла шага зубцов. Число пар полюсов ротора равно количеству зубцов на одной из его половинок. Зубчатые полюсные наконечники ротора, как и статор, набраны из отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи. Статор также имеет зубцы, обеспечивая большое количество эквивалентных полюсов, в отличие от основных полюсов, на которых расположены обмотки. Обычно используются 8 основных полюсов для 1.8 и 0.9 град. двигателей. Зубцы ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи в определенных положениях ротора, что улучшает статический и динамический момент. Это обеспечивается соответствующим расположением зубцов, когда часть зубцов ротора находится строго напротив зубцов статора, а часть между ними.

Зависимость между числом полюсов ротора, числом эквивалентных полюсов статора и числом фаз определяет угол шага  $S$  двигателя, угол шага двигателя рассчитывается по формуле (3):

$$S = \frac{360}{(Np\hbar * Ph)} = \frac{360}{N}, \quad (3)$$

Ротор двигателя имеет 100 полюсов (50 пар), двигатель имеет 2 фазы, поэтому полное количество полюсов – 200, а шаг, соответственно, угол шага равен 1,8 град.

### 6.3 Структурная схема модуля управления шаговыми двигателями

На рисунке 8 представлена структурная схема модуля управления шаговыми двигателями.

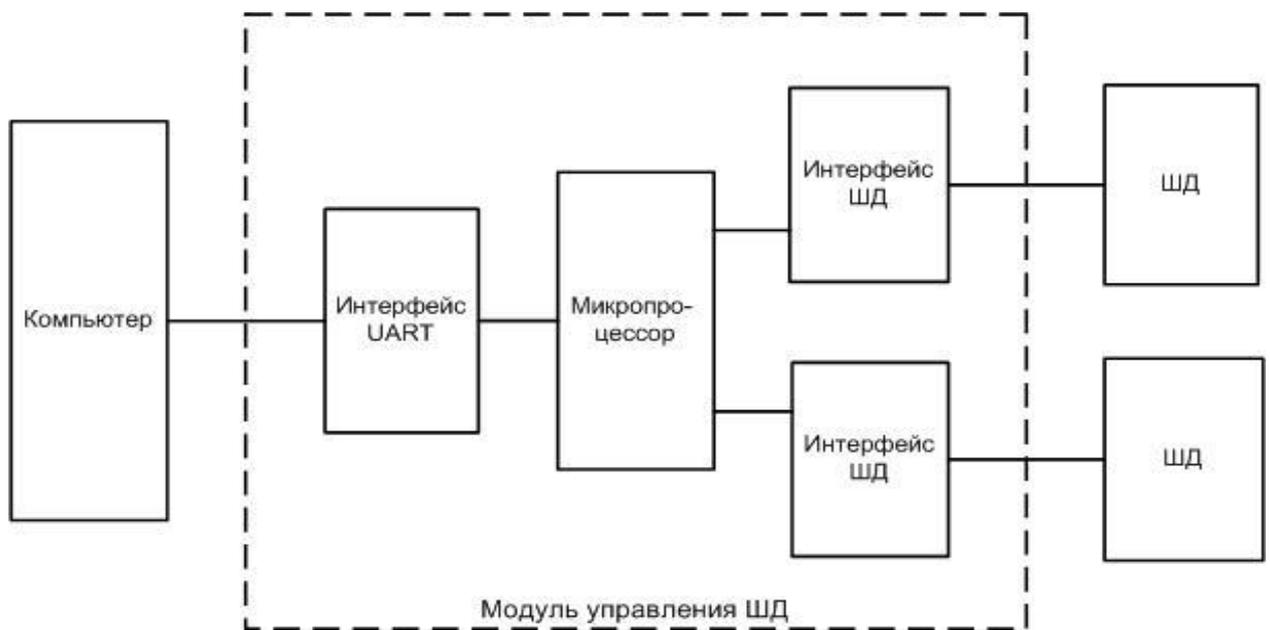


Рисунок 8 – Структурная схема модуля управления ШД

### 6.4 Связной интерфейс UART

Для управления шаговыми двигателями с компьютера (задавать точный поворот шаговых двигателей по углу места и углу азимута) в исследовании диаграммы направленности измерительной антенны предполагается реализовать программную передачу данных по протоколу UART. Любая плата Ардуино имеет, как минимум, один аппаратный последовательный интерфейс UART.

Плата микроконтроллера Arduino Uno имеет один порт UART, сигналы которого подключены к выводам 0 (сигнал RX) и 1 (сигнал TX). Сигналы имеют логические уровни TTL (0...5 В). Через эти выводы (0 и 1) можно подключить к плате другое устройство имеющее интерфейс UART. UART в переводе это

универсальный асинхронный приемопередатчик. На рисунке 9 представлена передача байта.



Рисунок 9 – Передача байта

Каждый бит передается за равные промежутки времени. Время передачи одного бита определяется скоростью передачи. Скорость передачи указывается в бодах (бит в секунду). Кроме битов данных интерфейс UART вставляет в поток биты синхронизации: стартовый и стоповый. Таким образом, для передачи байта информации требуется 10 битов, а не 8.

Обмен информацией через UART происходит в дуплексном режиме, т.е. передача данных может происходить одновременно с приемом. Для этого в интерфейсе UART есть два сигнала:

- TX – выход для передачи данных;
- RX – вход для приема данных.

Преобразователь интерфейса ATmega позволяет подключать плату Ардуино к компьютеру через USB порт. На компьютер устанавливается драйвер. Он создает на компьютере виртуальный COM порт. Через него и происходит обмен.

## 6.5 Структурная схема алгоритма работы модуля управления ШД

На рисунке 10 представлена структурная схема алгоритма работы модуля управления шагового двигателя.



Рисунок 10 – Структурная схема алгоритма работы модуля управления шаговыми двигателями

### Заключение

В результате выполнения курсовой работы проведена разработка стенда для исследования диаграммы направленности измерительной антенны. Выполнен расчет шага перемещения измеряемого объекта по углу места и по азимуту.

Выбраны шаговые двигатели для управления опорно-поворотным устройством.

Разработанный стенд для исследования диаграммы направленности измерительной антенны позволяет получить реальные характеристики бортовой антенны с учетом влияния корпуса беспилотного летательного аппарата.

## Список литературы

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. -СПб.: Питер, 2010. – 668 с.
2. Жмакин А.П. Архитектура ЭВМ.- СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 320 с
3. Таненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. 6-е издание - СПб: Питер, 2013. – 816 с.
4. Брукшир Дж. Информатика и вычислительная техника. – СПб.: Питер, 2004. – 624 с.
5. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. - СПб.:Питер, 2008. – 766 с.
6. Телекоммуникации. <http://window.edu.ru/>
7. Страхов А.Ф. Автоматизированные антенные измерения.: учебное пособие. – Москва: Радио и связь, 1985. 32 с.
8. АО «Радиокомпания «Вектор» [Электронный ресурс] //http://www.vector.ru [2016]. URL: <http://www.vector.ru/aboutvector> (дата обращения: 13.12.2016).
9. Страхов Антенны и электрика [Электронный ресурс] // <http://www.asutpp.ru> [2016]. URL: <http://www.asutpp.ru/elektrodvigatel/shagovyj-dvigatel.html> (дата обращения: 10.12.2016).