

# Проведение учебно-исследовательской лабораторной работы по физике на современном уникальном научном оборудовании

Ф.И. Выборнов

Волжский государственный университет водного транспорта  
НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского

*603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, кафедра физики ВГУВТ  
vybornov@nirfi.unn.ru*

В последние годы современное научное оборудование центров коллективного пользования стало доступно не только для проведения научных исследований, но и для использования в учебном процессе. На примере использования диагностической аппаратуры **уникальной научной установки (УНУ) «Многофункциональный комплекс для исследования околоземного и космического пространства (Стенд СУРА, рег. № 06-30)»** Научно-исследовательского радиофизического института Нижегородского государственного университета (НИРФИ ННГУ) рассматриваются особенности выполнения учебно-исследовательской лабораторной работы по физике студентами Волжского государственного университета водного транспорта.

**Сайт УНУ СУРА <http://www.nirfi.unn.ru/stend-sura/>**

*Цели разработки и выполнения учебно-исследовательских лабораторных работ на кафедре физики:*

- *повышение уровня знаний студентов,*
- *формирование профессиональной направленности курса физики,*
- *стимулирование интереса к проведению научных исследований у студентов начиная с первого курса обучения,*
- *отбор в ходе выполнения таких работ способных к научной деятельности студентов.*

## **Актуальность:**

В современном лабораторном практикуме ВУЗа очень редко встречаются лабораторные работы по измерению параметров электромагнитных волн, особенно в диапазонах коротких и ультракоротких длин волн. Это связано как со сложностью постановки таких лабораторных работ, отсутствием разработанных методик выполнения работ, высокой стоимостью.

## **Опыт разработки современных лабораторных установок у автора:**

Выборнов Ф.И., Чандаева С.А. Современный вариант лабораторной установки для изучения эффекта Доплера. Физика в системе современного образования (ФССО-07): Материалы девятой международной конференции, Санкт-Петербург, 4-8 июня 2007 г., Т. 1. – СПб.: Из-во РПГУ им. А.И. Герцена, 2007 г. – 504 с. (203 – 204 стр.).

Выборнов Ф.И., Чандаева С.А. Изучение эффекта Доплера в эксперименте по приему радиосигналов от ИСЗ. Актуальные вопросы преподавания физико-технических дисциплин: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Пенза: 17 – 19 февраля 2005 г.). Пенза: Изд-во ПГПУ, 2005. – 112 с. С. 49 – 51.

Чандаева С.А., Выборнов Ф.И. Физический практикум Военно-инженерного университета: цикл лабораторных работ военно-прикладной направленности. Физика в системе современного образования (ФССО – 05): Материалы восьмой международной конференции. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2005. – 704 стр. С. 193 – 195.

Чандаева С.А., Выборнов Ф.И. Новые лабораторные работы физического практикума Военно-инженерного университета. Физическое образование в вузах. Т.11. №3. 2005.с.57–63.

## Краткая характеристика УНУ Стенд СУРА

Уникальная научная установка «Многофункциональный комплекс для исследования околоземного и космического пространства» была создана в 1981 году и предназначена для проведения прикладных и фундаментальных исследований верхней атмосферы Земли при наличии возмущений естественного и техногенного происхождения и моделирования условий распространения радиоволн КВ и УКВ диапазонов и ионосферных радиотрасс различной протяженности в интересах функционирования радиосистем специального назначения, радиолокации объектов ближнего космоса, радиовещания и телевидения. Основным назначением является исследование нелинейных процессов, возникающих в ионосферной плазме под действием мощного коротковолнового радиоизлучения. Расположена вблизи п. Васильсурск Нижегородской обл. Основу стенда СУРА составляют три коротковолновых радиовещательных радиопередатчика ПКВ-250 мощностью 250 кВт каждый (диапазон частот передатчиков 4–25 МГц) и 144-элементная фазированная антенная решетка (ФАР) размером  $\sim 300 \times 300$  кв.м. с полосой рабочих частот 4.3–9.5 МГц, смонтированная на железобетонных опорах высотой 22 м и состоящая из трех независимых секций размером  $\sim 100 \times 300$  кв.м. Коэффициент усиления антенной системы на средней частоте рабочего диапазона составляет  $\sim 26$  дБ. Эффективная мощность излучения 80–280 МВт. Энергетику нагревного комплекса обеспечивает электроподстанция мощностью 8 МВт. Сканирование лучом –  $\pm 40^\circ$  в плоскости С-Ю; поляризация Х, О. Оснащенная самыми разнообразными диагностическими средствами. В качестве установки для диагностики ионосферы и верхней атмосферы используются методы ЛЧМ-зондирования. Станции ЛЧМ-зондирования стенда СУРА расположены в Нижнем Новгороде и Васильсурске.

**Пояснение: ЛЧМ – линейно-частотно модулированный сигнал.**



**Антенное поле стенда СУРА 300x300 м2**

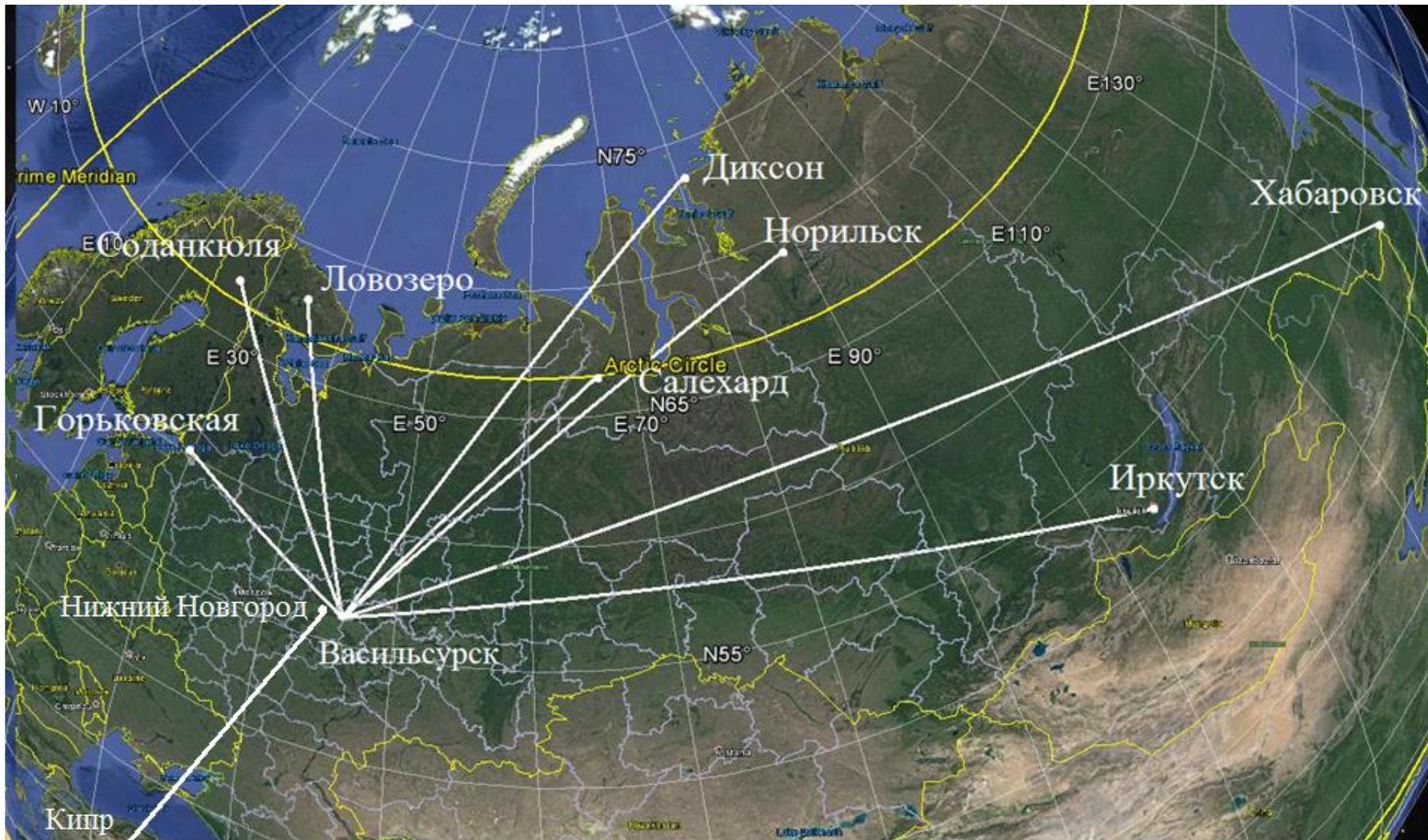


**Передатчики ПКВ-250**

На кафедре физики Волжского государственного университета водного транспорта для проведения лабораторных работ по теме “Электромагнитные волны” используется базовая радиоприемная станция для диагностики ионосферы линейно частотно модулированным (ЛЧМ) сигналом фирмы “SITKOM” LLC (г. Йошкар-Ола). Для приема сигнала используется антенна типа Дельта. Установка настольного типа с управлением от персонального компьютера имеет хорошее программное обеспечение, обеспечивающее сбор данных, позволяет просматривать и обрабатывать результаты измерений.



**Установка настольного типа с управлением от персонального компьютера в Нижнем Новгороде и вариант приема-передающей ЛЧМ станции в Васильсурске в виде измерительной стойки.**

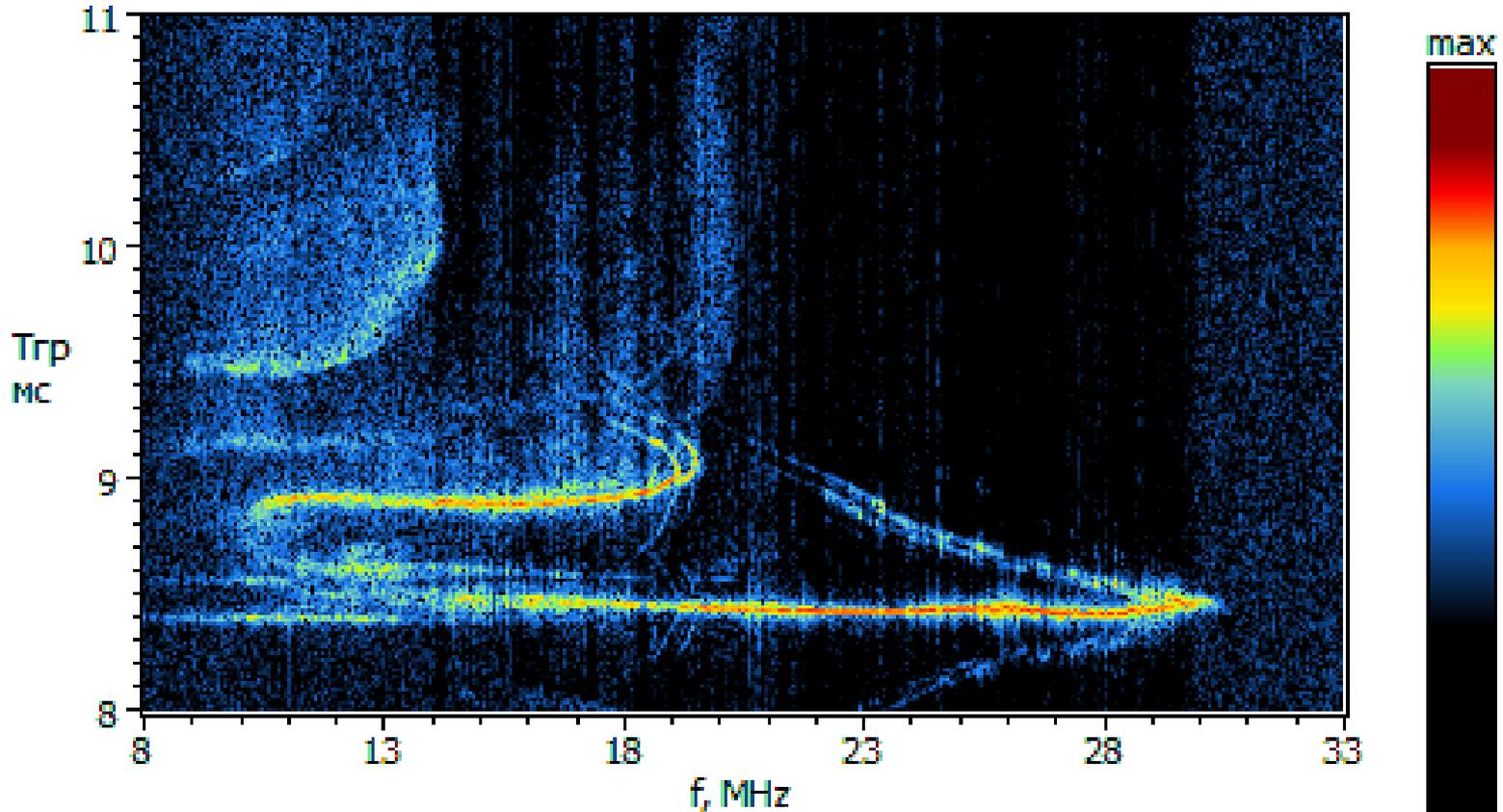


**Трассы ЛЧМ зондирования из НижнегоНовгорода и Васильсурска**



Кипр (35.00N 34.00E) - Нижний Новгород (56.00N 44.00E)

2021.11.09 09:45:20 UTC



**Дистанционно-частотная характеристика трассы Кипр – Нижний Новгород 9 ноября 2021 года в 09:45:00 UT позволяет определить время распространения сигнала и наблюдать О- и Х- моды сигналов отражения от E и F слоев ионосферы.**



Установка используется для демонстрации эффектов распространения коротковолнового сигнала, проведения учебно-исследовательских работ и выполнения научных работ студентов. Как правило, результаты научных исследований студентов докладываются на международном научно-промышленном форуме "Великие реки" и публикуются [1-4]. Для точной синхронизации излучаемого сигнала и скорости перестройки по частоте ЛЧМ приемника используется GPS сигнал. Сам факт приема сигнала от радиостанции, установленной за тысячи километров, которой несет информацию о слое ионосферной плазмы в диапазоне высот 100 – 1000 километров над землей, оказывает сильное впечатление на студентов, вызывает интерес к научной работе в этой области.

Обычно для демонстрации эффектов распространения коротковолнового сигнала и проведения учебно-исследовательских работ задается режим приема сигнала от ЛЧМ станции Кипр, которая работает в пятиминутном режиме. Принимается очень сильный сигнал в диапазоне от 8 до 33 МГц.

Длина этой трассы трассы 2.514,11 км, время задержки сигнала (см. ДЧХ) определяется по отражению от E слоя ионосферы (8,4 мс). Средняя скорость распространения электромагнитной волны составила 299285,7 км/с.

Лабораторная установка может работать круглосуточно полностью автономно по заранее заданной программе. Принимаемые данные записываются на винчестер и могут просматриваться и обрабатываться специальными программами в удобное время.

По ДЧХ определяют время распространения сигнала, выполняют оценки скорости распространения электромагнитного сигнала по трассе на разных частотах, выделяют отражения от отдельных слоев ионосферы. Знакомятся с явлениями дисперсии, поглощения, рассеяния, интерференции и дифракции, которые определяют структуру ДЧХ и амплитудно-частотной характеристики. По принятой ДЧХ определяют вероятный ход волны, кратность отражения от разных слоев ионосферы.

## Список литературы:

1. Выборнов Ф.И., Курнев М.С., Усанов В.А. Прогнозирование условий КВ связи на прибрежных морских и внутренних речных путях Европейской части России. Труды 21-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2019" (14-17 мая 2019 г.). Секция X (ФИЗИКА); [http://вф-река-море.рф/2019/v2019\\_sek10.htm](http://вф-река-море.рф/2019/v2019_sek10.htm).
2. Ф.И. Выборнов, Усанов В. А. Измерение максимально наблюдаемых частот E и Es слоев ионосферы ЛЧМ ионозондом на субавроральных трассах. Труды 22-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2020" (27-29 мая 2020 г.). Выпуск 9. Секция X (ФИЗИКА); [http://вф-река-море.рф/2020/v2020\\_sek10.htm](http://вф-река-море.рф/2020/v2020_sek10.htm).
3. Ф.И. Выборнов, А.В.Дудина, В.А. Малышева. Влияние гелио и геофизических возмущений на среднеширотную. ионосферу. Труды 19-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2017" (16-19 мая 2017 г.)Секция XIII (ФИЗИКА); [http://вф-река-море.рф/2017/v2017\\_sek13.htm](http://вф-река-море.рф/2017/v2017_sek13.htm).
4. Выборнов Ф.И., Усанов В.А. Исследование параметров перемещающихся ионосферных возмущений методом лчм зондирования.//Транспорт. Горизонты развития. 2021: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2021. – [http://вф-река-море.рф/2021/v2021\\_sek03.htm](http://вф-река-море.рф/2021/v2021_sek03.htm). (09.11.2021)

## Выводы

Сложная с технической и учебно-методической точек зрения учебно-исследовательская лабораторная работа по определению параметров электромагнитной волны с помощью ЛЧМ ионозонда, выполненного на современном высокотехнологичном уровне с хорошей программной поддержкой в составе уникальной научной установки СУРА, оказывается очень полезной в учебном процессе технического ВУЗа. Применение такого лабораторного оборудования на кафедре физики оказывает влияние на профессиональное становление будущих инженеров (особенно по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» - радиосвязь и электронавигация морского флота; инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита).