

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

**Шмидт Александр Александрович**

КУРСОВАЯ РАБОТА:

"Исследование воздействия тлеющего разряда на показания датчиков  
давления".

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №19313

**Научный руководитель:**

к. ф.-м. н., Ю. Г. Ермолаев

Оценка научного руководителя

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Преподаватель практикума**

к. ф.-м. н. Д. С. Чуркин

Оценка преподавателя практикума

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Куратор практикума:**

к.т.н. В.Т. Астрелин

Итоговая оценка

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Новосибирск 2020

## **Содержание**

1.ВВЕДЕНИЕ .....	4
2.ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	5
2.1 Описание датчиков.....	5
2.2 Тлеющий разряд .....	6
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	6
3.1 Методика.....	6
3.2 Зависимость показаний от частоты разряда .....	8
3.3 Зависимость стандартного отклонения от давления .....	9
ВЫВОДЫ .....	14
Список литературы.....	15

## **Аннотация**

Целью работы являлось определение влияния на тензорезистивные датчики электромагнитной помехи от тлеющего разряда, используемого для создания колебаний в пограничном слое воздушного потока. Для этого был собран генератор высоковольтных импульсов с разрядником, помещённым в герметичную камеру, с выводами на датчик, вакуумный насос, и клапаном; записаны показания разных датчиков в зависимости от частоты разряда и давления в камере. На основании полученных данных построены зависимости влияния помехи на показания. Выявлено существенное различие между датчиками одинакового принципа действия, связанное с наличием или отсутствием у разных видов внутренней защиты от помех. Результаты согласуются с теоретическими предположениями о протекании процесса.

Ключевые слова: тлеющий разряд, тензорезистивные датчики давления, электромагнитная помеха.

## **Введение**

Изучение обтекания различных тел воздушным потоком можно производить как в естественных условиях (летный эксперимент), так и в лабораторных (например, в аэродинамической трубе). Но проводить измерения в естественных условиях сложно чисто физически и дорого с финансовой стороны. К тому же, множество неконтролируемых факторов не позволяет количественно сравнивать результаты измерений с теорией. Поэтому большая часть исследований производится в искусственно созданном потоке.

При обтекании тела набегающим потоком у поверхности образуется вязкий слой, называемый пограничным. Один из методов изучения устойчивости пограничного слоя – введение в него возмущений с известными параметрами и наблюдение за их изменением. Как то: акустика, вдув/выдув, вибрирующая ленточка, локальное колебание поверхности, электрический разряд, и т. д.

Все выше перечисленные способы доступны при дозвуковых скоростях. В сверхзвуковом же потоке многие из них не осуществимы или создают большие сложности при проведении эксперимента (например, ударные волны от препятствий).

В связи с этим широко используется тлеющий разряд. Но он в момент зажигания создаёт электромагнитный всплеск, служащий помехой для электронной измерительной аппаратуры (датчиков давления и т. д.). Поэтому требуется изучить его влияние на показание датчиков.

Целью работы было: изучить влияние электромагнитной помехи от тлеющего разряда на показания датчиков давления и сравнить результаты.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Датчики давления на основе тензорезисторов

Датчики давления формируют свои показания за счёт преобразования механического воздействия разности давлений на чувствительный элемент.

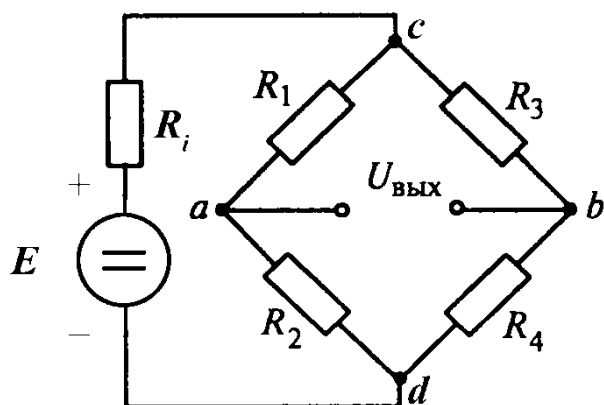


Рис. 1. Мост Уинстона.

В нашем случае – тензорезистор, меняющий своё сопротивление при деформации. Его включают в мост Уинстона, с которого мы производим снятие значений напряжения. Такой способ измерения даёт большую точность показаний, высокую линейность, быстрое время отклика, простоту компенсаций температурных эффектов, малую чувствительность к

динамическим воздействиям. В работе используются абсолютные датчики давления “Saphir 22МПС” и “SiemensКРУ-43 А”. В датчике давления Saphir-22МПС установлен электронный модуль, который преобразует сигнал с тензорезистивного чувствительного элемента в токовый от нуля до 5 мА. Далее токовый сигнал, согласно паспорту датчика давления, подается на прецизионный резистор С2-29 номиналом 50 Ом, с которого производится итоговые измерения вольтметром. Датчик давления SiemensКРУ-43А на выходе выдает напряжение с пьезорезистивного чувствительного элемента, которое напрямую зависит от напряжения на входных контактах датчика.

## 2.2 Тлеющий разряд

**Тлеющий разряд – это самостоятельный газовый разряд, возникающий сразу после Таунсендовского тёмного. Характеризуется наличием множества светящихся и тёмных областей в своей структуре (рисунок 1).**

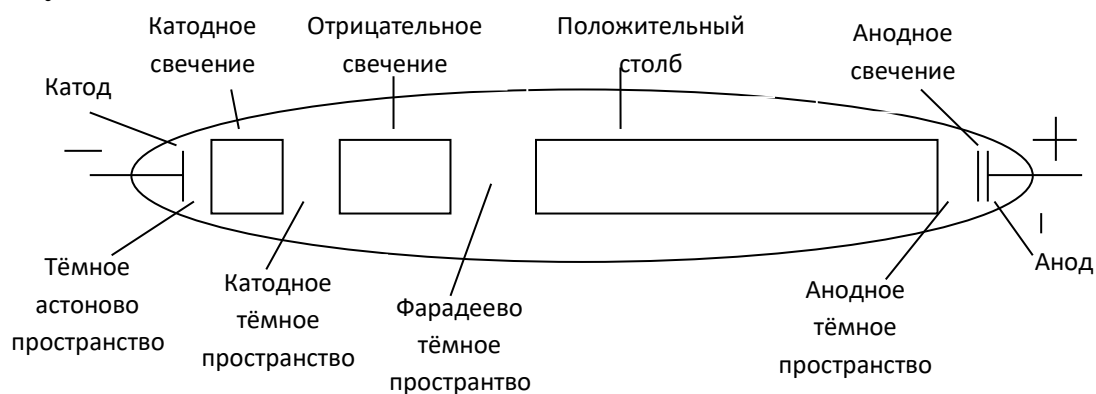


Рис. 2. Тлеющий разряд в трубке.

Также в тлеющем разряде могут возникать неустойчивости: ионизационно-перегревная, контракция положительного столба. Тлеющий разряд имеет характерную структуру в виде чередующихся светящихся участков различного цвета и различной интенсивности свечения. Характерной чертой тлеющего разряда является большая величина падения потенциала вблизи катода, составляющая 100 В и выше, в то время как в дуговом разряде она имеет порядок величины потенциала ионизации газа (около 10 В). Специфической особенностью тлеющего разряда, по сравнению с таунсендовским разрядом (разряд с холодными электродами и очень малой плотностью тока), является значительная роль электрического поля объемных зарядов. Это приводит к неравномерному распределению потенциала в разрядном промежутке и к существенному отличию напряжения зажигания от напряжения горения разряда.

## 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Методика проведения экспериментов

Наша экспериментальная установка представляла собой герметичную металлическую камеру с крышкой из орг. стекла, и разрядником внутри.

Через имеющиеся отверстия мы соединяли её с датчиками Saphir-22МПС и SiemensKPY-43A, вакуумным насосом. Измерения проводились цифровым вольтметром Agilent34401A, настроенный на диапазон в 1В, время интегрирования 20мс (чтобы избежать синфазной помехи от сети).

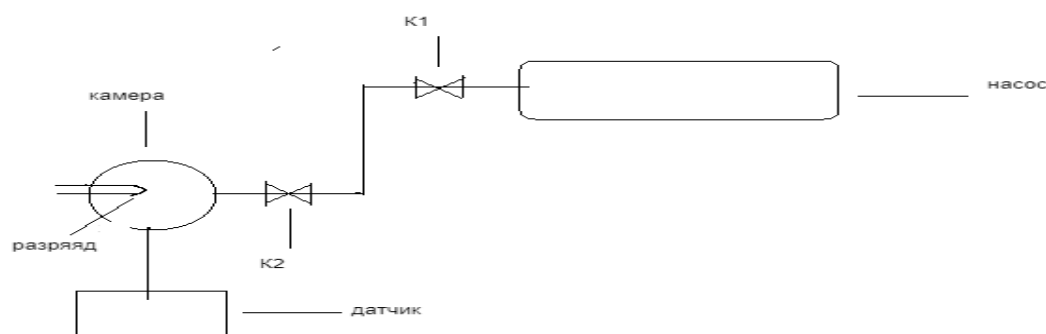


Рис. 3. Экспериментальная установка.

Частота зажигания разряда задавалась прямоугольным сигналом генератора ГЗ 112/1

В начале эксперимента производилась проверка герметичности системы. Сначала мы закрывали К2 (рисунок 2), открывали К1 и откачивали насосом воздух из вакуумных шлангов. То же самое мы проделывали, открыв кран К2, т. е. подключив саму камеру. В этом случае натекание происходило с меньшей скоростью, несмотря на большее число соединительных элементов и микрощелей. Это можно объяснить большим объёмом вакуума по сравнению с системой шлангов, в связи с чем, для увеличения давления требуется больше воздуха. После проверки герметичности производилась калибровка датчика, снятие зависимостей показаний: от частоты разряда при давлении 1 атм, от давления без разряда. Далее производились измерения с включенным разрядом при выбранной частоте или выключенном разряде, и сравнивались результаты.

### 3.2 Зависимость показаний от частоты разряда

Получив несколько выборок по 5000 точек в диапазоне частот 0-900 Гц (при >900 Гц разряд переставал гореть из-за особенностей схемы) для датчика "Saphir 22МПС на 1.6 АТМ", были построены графики зависимости

среднего значения (рисунок 3) и стандартное отклонение от частоты (рисунок 4).

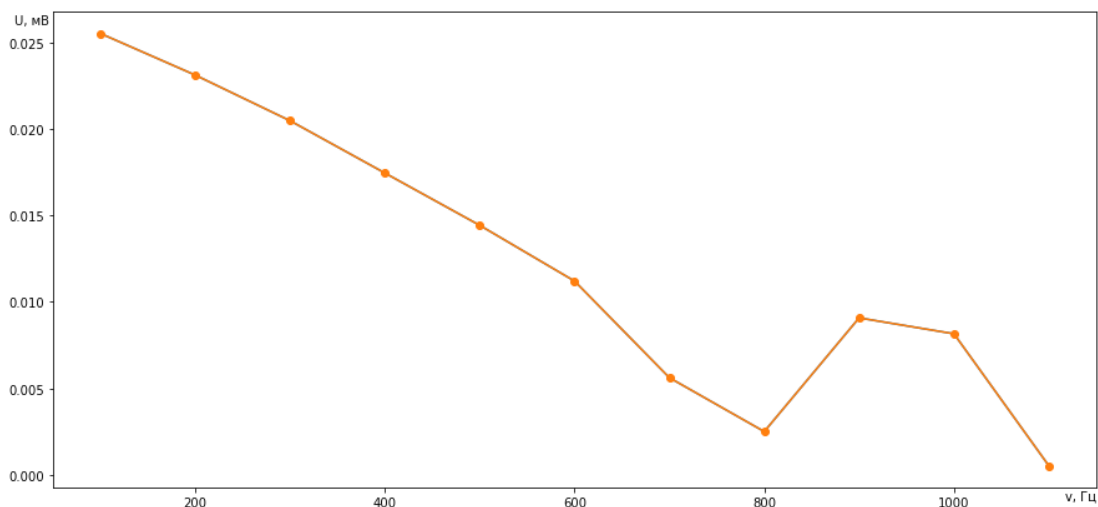


Рис 4. Среднее значение показаний датчика Saphir 22МПС в зависимости от частоты

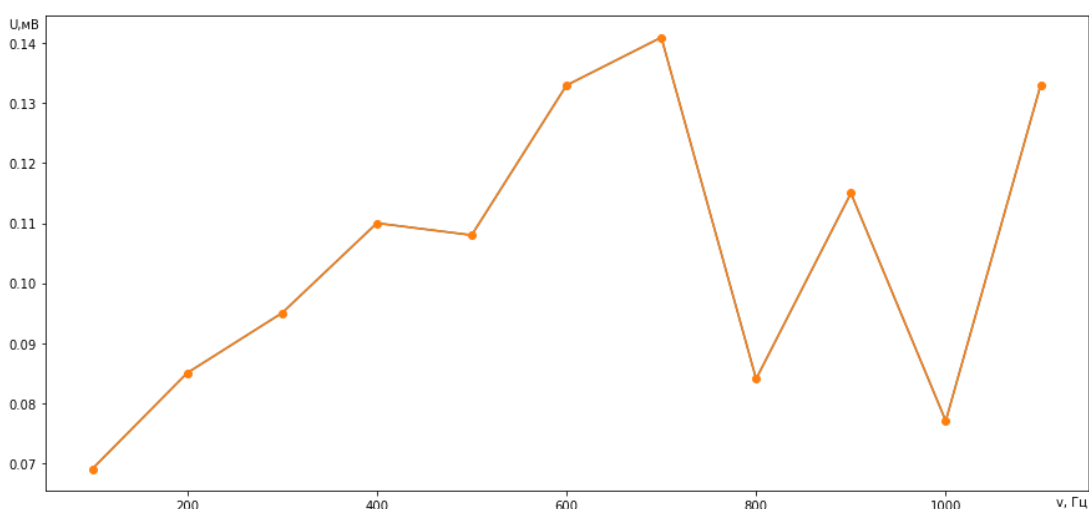


Рис 5. Стандартное отклонение показаний датчика Saphir 22МПС в зависимости от частоты

Убывание среднего можно объяснить особенностями интегрирования по каждому отсчёту, возрастание стандартного отклонения – пропорциональным увеличением количества электромагнитных всплесков. И так как максимальное отклонение показаний датчика происходит при 700 Гц, то дальше мы будем использовать разряд при данной частоте. Также для наглядности приводятся здесь несколько осциллограмм (рисунки 6, 7).



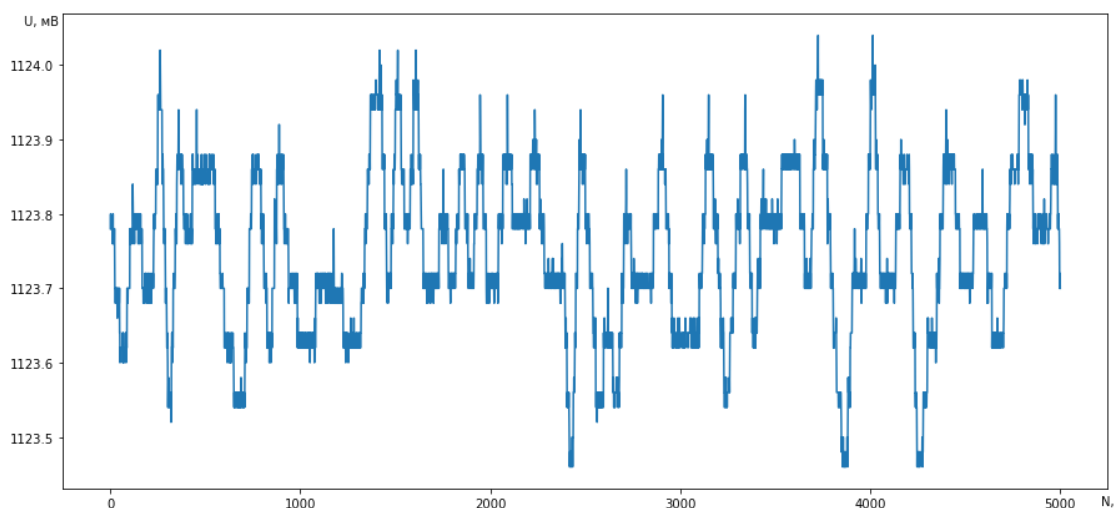


Рис 6 Оциллограмма сигнала с датчика Saphir-22МПС при 400 гц

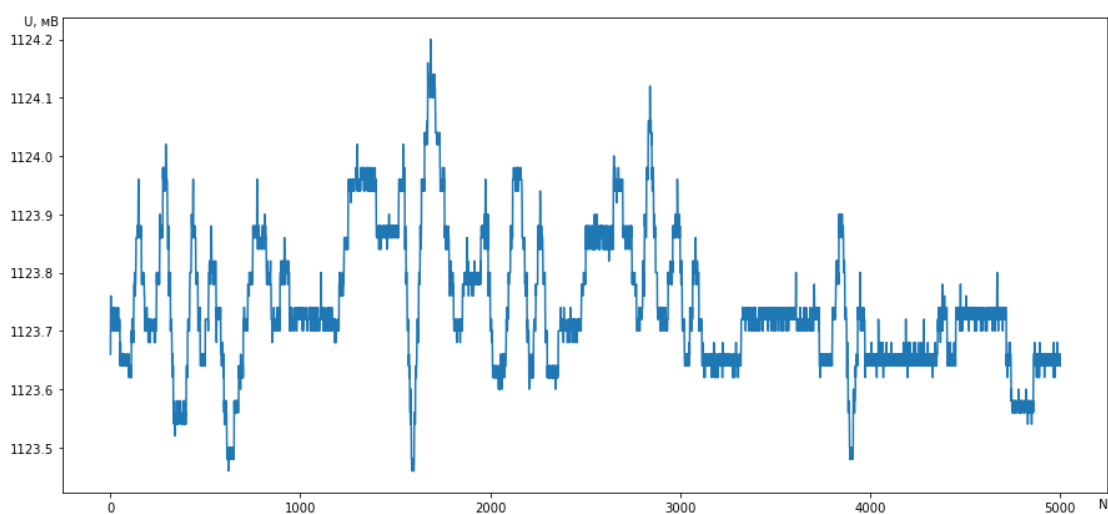


Рис 7 Оциллограмма сигнала с датчика Saphir-22МПС при 700 гц

### 3.3 Зависимость стандартного отклонения от давления

Ещё один важный параметр, от которого зависит стабильность тлеющего разряда – давление. Аналогично предыдущему пункту мы произвели измерения с присутствием разряда и без него с различными значениями давления от вакуума до 1 атм. Стоит также отметить, что в этих расчётах мы вычли тренды из выборок, исключив тем самым действие систематической погрешности – натекания. (рисунки 8,9,10. 11).

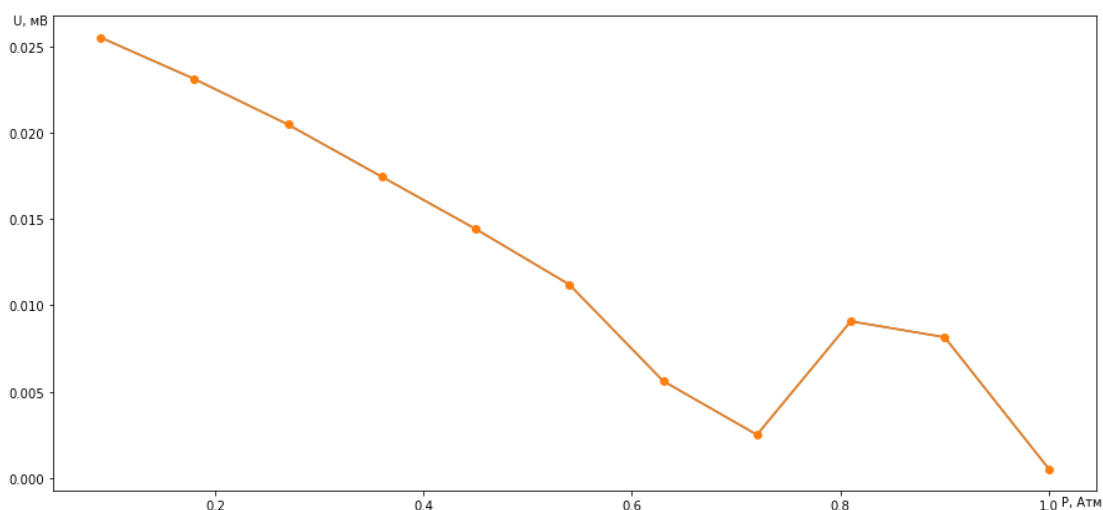


Рис 8. Стандартное отклонение показаний датчика SiemensКРУ-43А без разряда

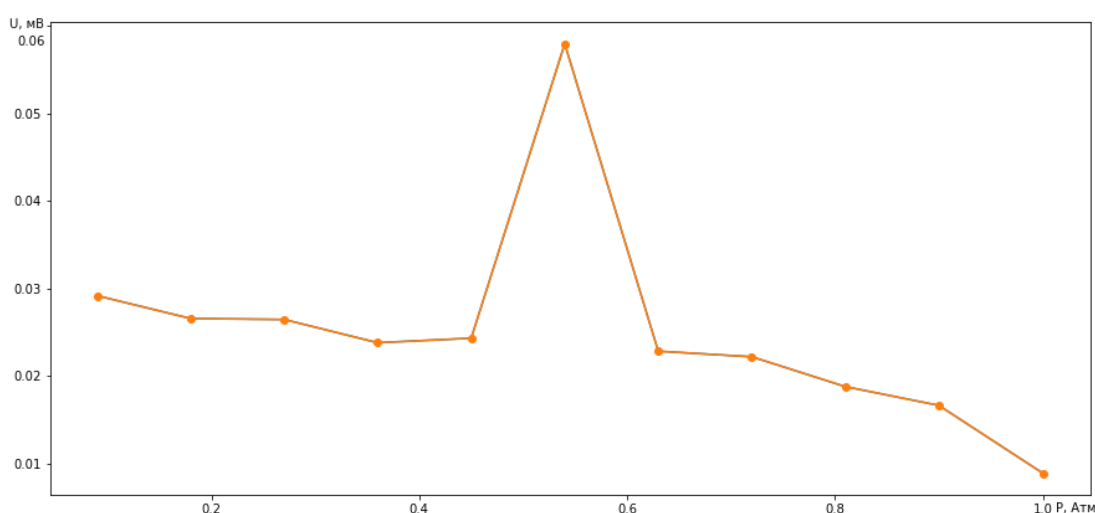


Рис 9. Стандартное отклонение показаний датчика SiemensКРУ-43А с разрядом

Как видно из рисунков 8 и 9, при включенном разряде отклонение от тренда выборок намного больше, чем при выключенном. Датчик, не имеющий внутренней защиты (Saphir-22МПС) при малых давлениях (<0,03 атм) подвержен влиянию очень сильной помехи. Это связано с возникновением множества неустойчивостей в его структуре. Результаты обработки данных можно посмотреть ниже

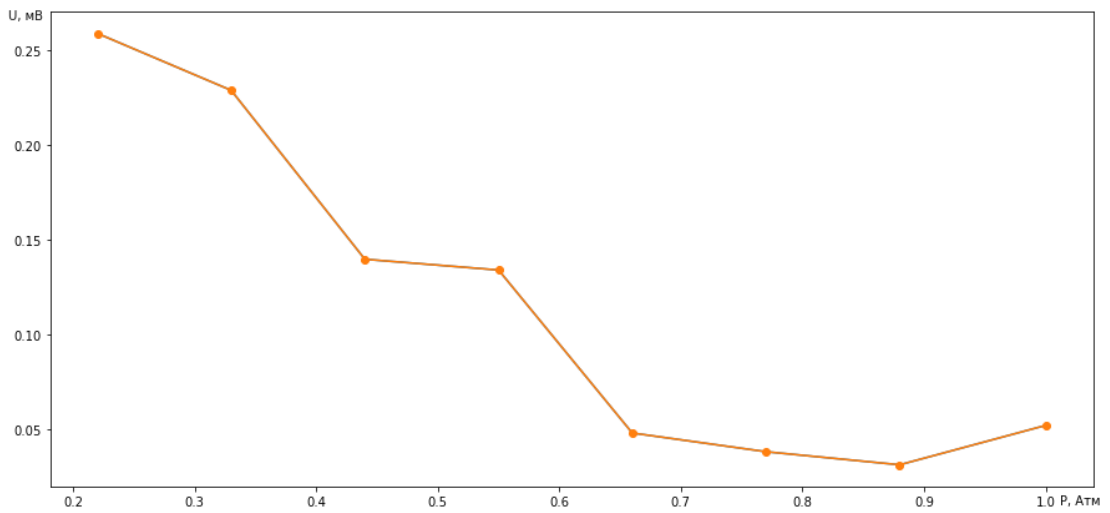


Рис 10. Стандартное отклонение показаний датчика Saphir22МПС без разряда

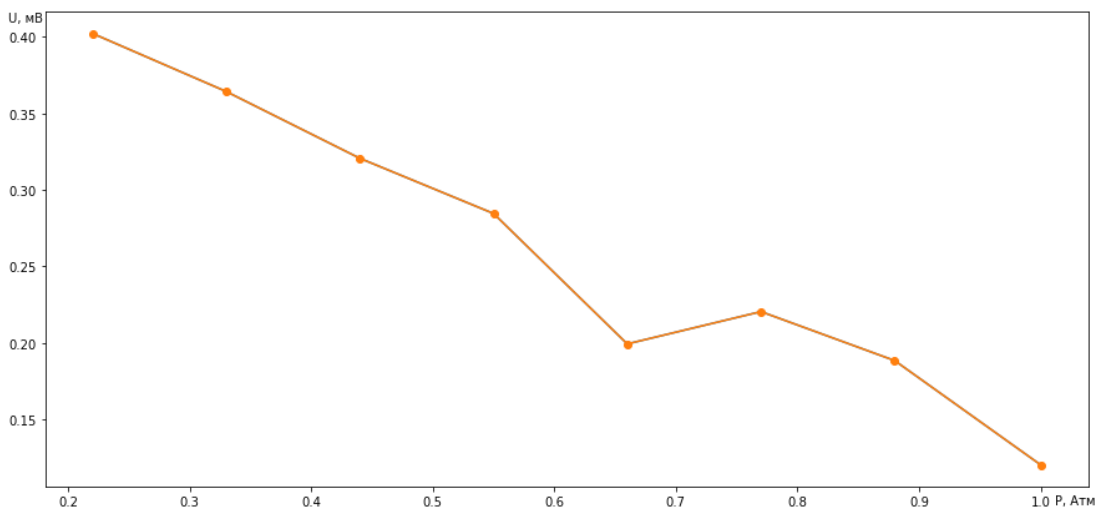


Рис 11. Стандартное отклонение показаний датчика Saphir22МПС с разрядом

В отличии от SiemensКРУ-43А, у Saphir22 и без включенного разряда относительно большое отклонение от среднего, но также видно увеличение отклонения при включении разряда.

Также для наглядности были приведены здесь несколько осциллограмм (рисунки 12- 19).

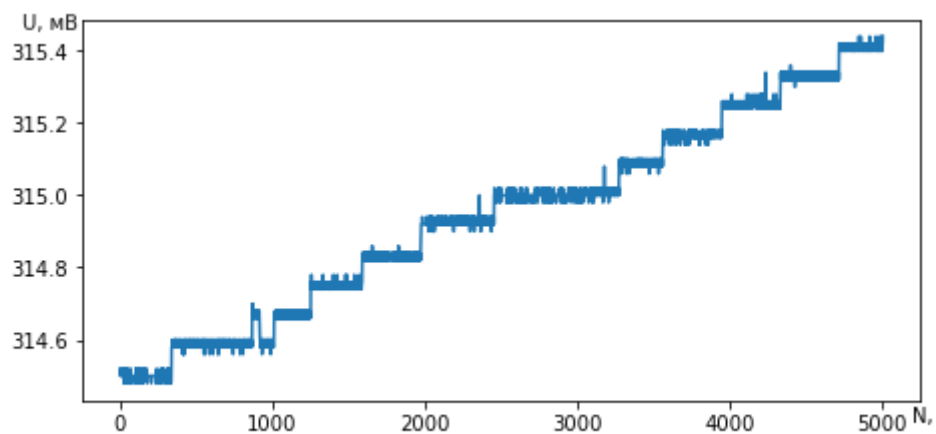


Рис 12. Датчик Saphir-22МПС без разряда 1

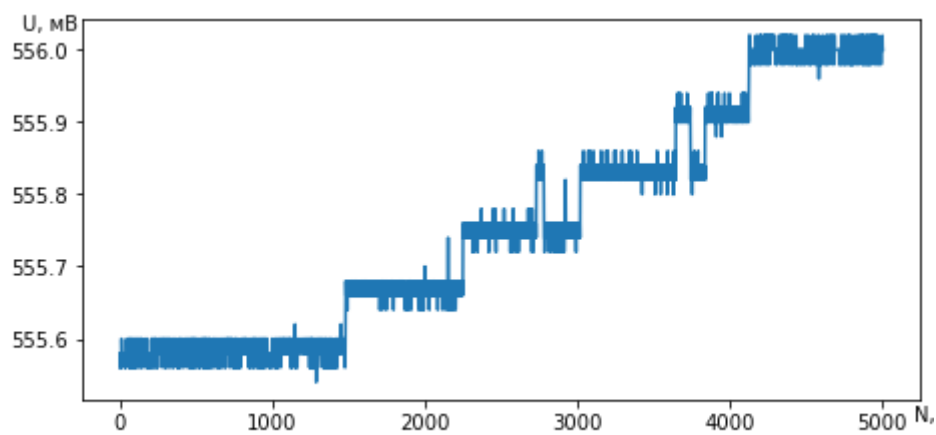


Рис 13. Датчик Saphir-22МПС без разряда 2

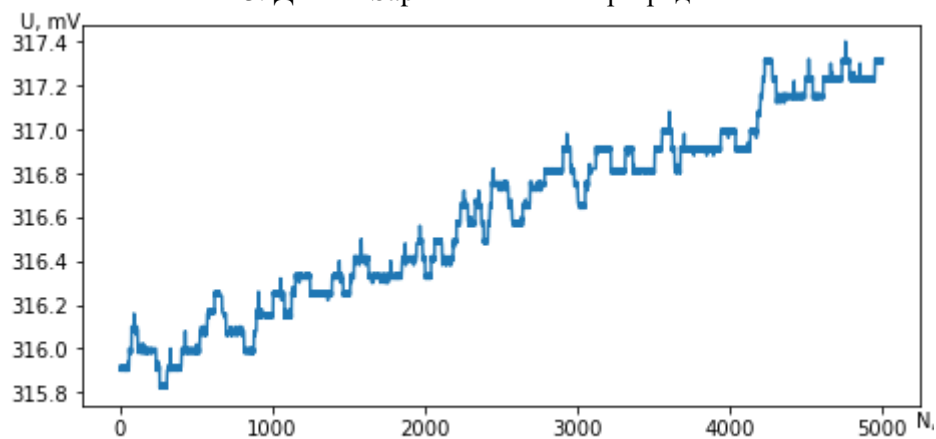


Рис 14. Датчик Saphir-22МПС с разрядом 1

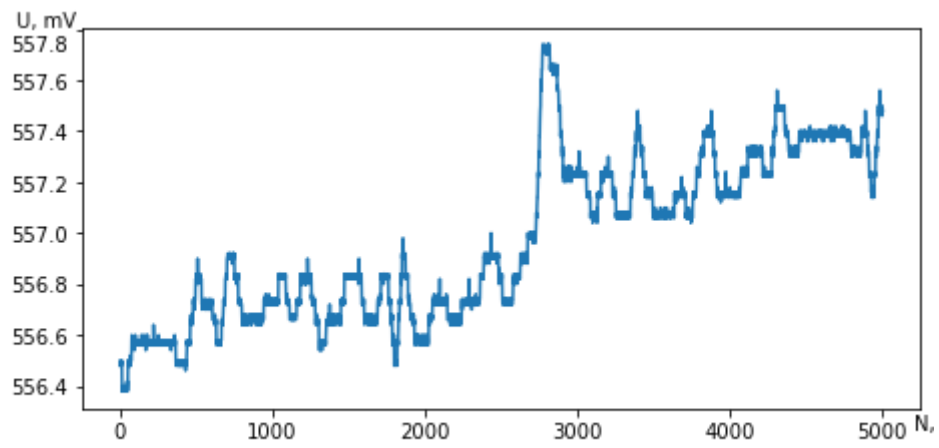


Рис 15. Датчик Saphir-22МПС с разрядом 2

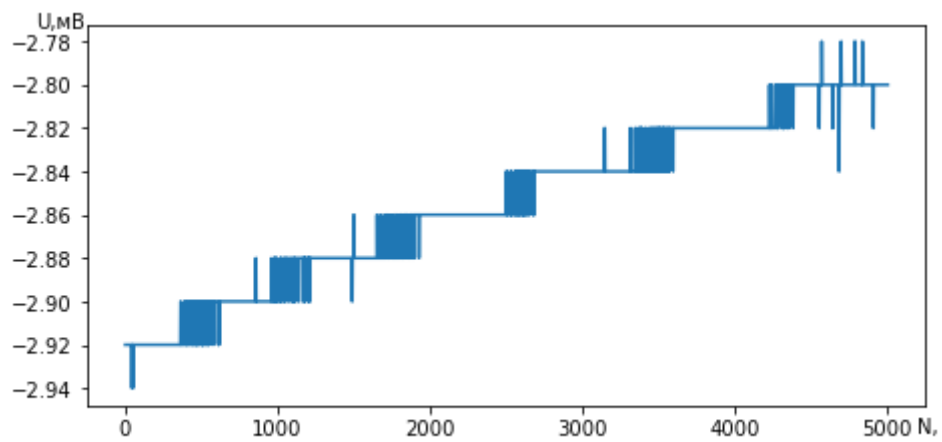


Рис 16. Датчик SiemensKPY-43A без разряда 1

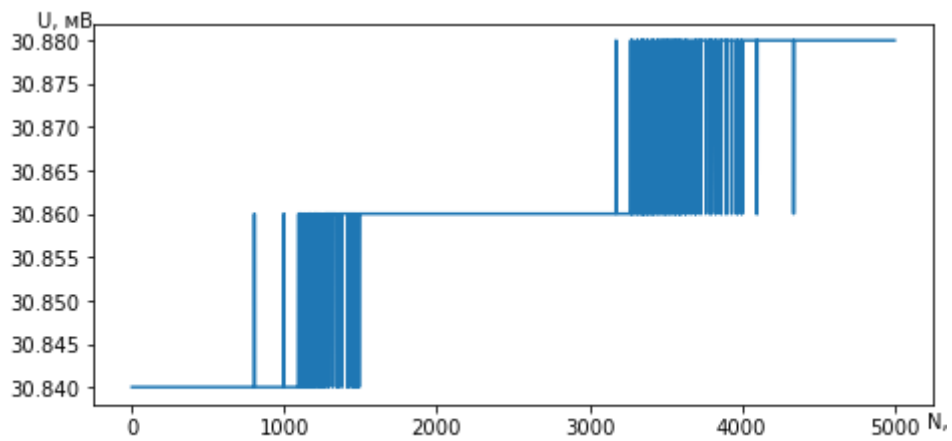


Рис 17. Датчик SiemensKPY-43A без разряда 2

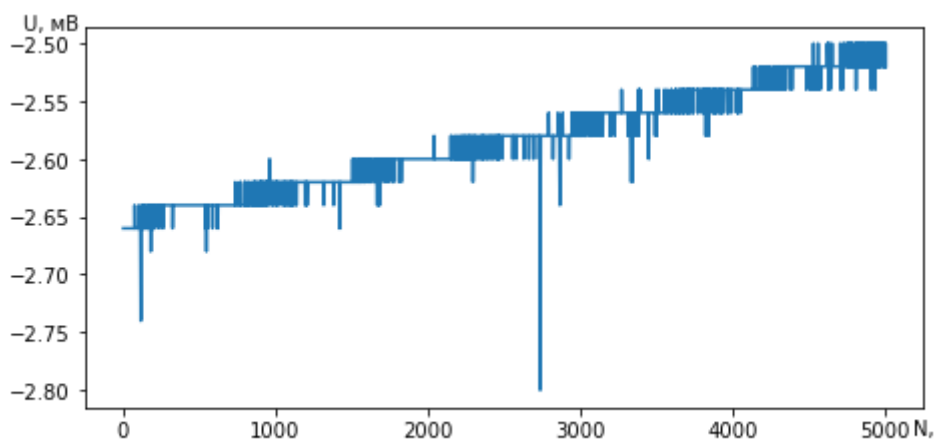


Рис 18. Датчик SiemensKPY-43A с разрядом 1

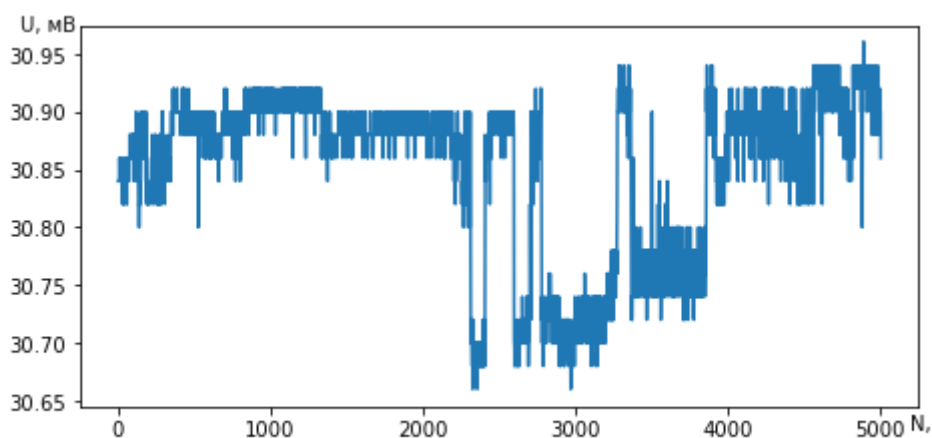


Рис 19. Датчик SiemensKPY-43A с разрядом 2

## Выводы

В ходе работы было изучено влияние электромагнитной помехи от тлеющего разряда на два датчика давления, построены соответствующие графики зависимостей. Один из них, SiemensKPY-43A, не показал сильного влияния на него помехи. Датчик Saphir-22МПС оказался более чувствительным к электромагнитной помехе от разряда. Отличия чувствительности разных датчиков давления к электромагнитной помехе, скорее всего, связаны с реализацией выходного сигнала. Как можно видеть, сложная измерительная цепь датчика давления Saphir-22МПС более

чувствительна к электромагнитной помехе, чем датчик давления Siemens KPY-43A.

Из выше сказанного следует, что в аэрофизическом эксперименте с применением тлеющего разряда следует использовать датчики, которые имеют менее сложную измерительную цепь.

### **Список литературы**

1. Князев, Б. А. Низкотемпературная плазма и газовый разряд : учебное пособие / Б. А. Князев. – Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск. – 2003. – 290 с.
2. Infineon technologies: Silicon Pressure Sensors. Datasheet 1999-04-01  
(Датчики давления:руководство по эксплуатации)
- 3.[Тлеющий разряд. Общее описание тлеющего разряда. \(eti.su\)](http://eti.su)
- 4.[Тензометрический датчик: принцип действия, описание, виды, схемы \(prodatchik.ru\)](http://prodatchik.ru)
5. Преобразователи измерительные Сапфир-22МПС. Руководство по эксплуатации. ИНСУ 406233.002 РЭ