



**Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Министерство высшего и среднего  
специального образования Республики  
Узбекистан**



**Филиал государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ  
И.М. ГУБКИНА»  
(РГУ НЕФТИ И ГАЗА (НИУ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА) В Г.ТАШКЕНТЕ**

**ОТДЕЛЕНИЕ "ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ"**

**Итоговый отчет по лабораторным работам**

**по курсу: " Моделирование скважинных геофизических информационных систем"**

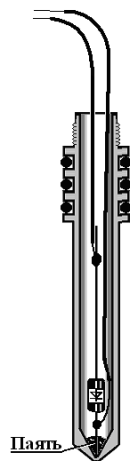
**Выполнила: Иргашева О.И.  
студент 3-го курса гр. УГИ -19-01  
Принял: Пономаренко О.М.**

Ташкент – 2022

## Термометр. Измерение инерционности

**Цель работы.** Познакомиться с типовой конструкцией датчика температуры, влиянием конструкции на инерционность измерителя, обучиться технологии измерения инерционности датчика температуры в единицах времени.

**Основные положения.** Инерционность термометра определяет его информативность при исследовании быстроизменяющихся входных сигналов. Для скважинного термометра это означает, что, чем меньше инерционность сенсора измерителя, тем с большей скоростью могут быть проведены скважинные исследования, тем больше информации будет получено, тем на меньшее время будет задолжена скважина. На рис. 1.1 показан вариант малоинерционного термодатчика, у которого «заземленный» вывод полупроводникового сенсора припаян непосредственно к защитному кожуху.



**Рисунок 1.1 – Конструкция датчика термометра Т8–КС**

Уменьшение инерционности термометра достигается за счет уменьшения теплового сопротивления канала, по которому тепловой поток доходит от измеряемой среды к сенсору. Например, у малоинерционного фольгового скважинного датчика тепло от металлического защитного кожуха

проходит на сенсор сквозь тонкий слой теплопроводящего изолятора, обеспечивая его быстрый прогрев.

Принято определять инерционность датчика термометра помещением его из воздуха в подвижную водную среду с другой температурой. В данной работе в качестве рабочей емкости используется лабораторный стакан, наполненный водой, температура которой на 5...10 градусов отличается от температуры датчика термометра.

Формула изменения температуры датчика при его переходе в среду с другой температурой – экспоненциальная:

$$C(t) = C_o + (C_B - C_o) \cdot (1 - \exp(-t/T)) \quad (1.1)$$

или:

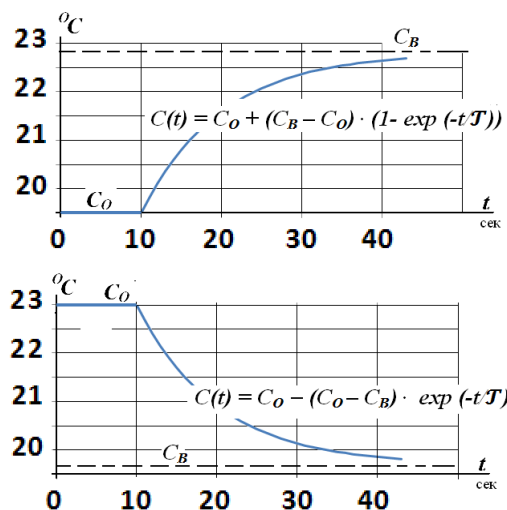
$$C(t) = C_o + (C_o - C_B) \cdot \exp(-t/T) \quad (1.2)$$

Где  $C(t)$  – текущее значение температуры;

$C_o$  – значение комнатной температуры;

$C_B$  – температуры воды;

$T$  – константа (инерционность, постоянная времени, тепловая инерция, декремент затухания), зависящая от конструкции датчика и характеристик окружающей среды.



**Рисунок 1.2 – Термограммы переходного процесса.**

**Формат выходных данных.** 1 канал – время (сек), 2...9 каналы – термограммы 1...8.

**Задание:**

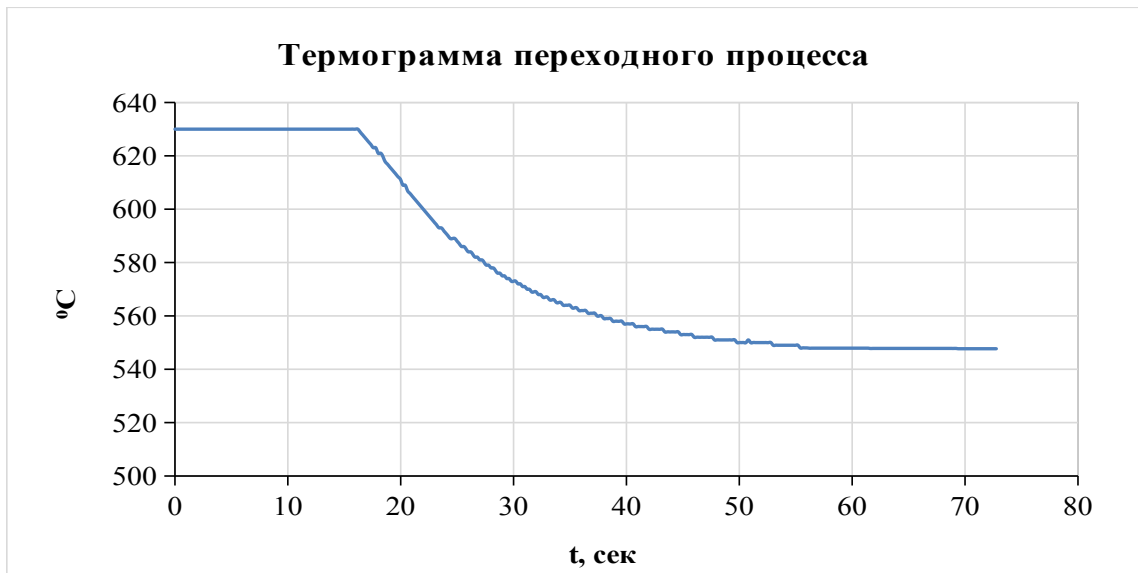
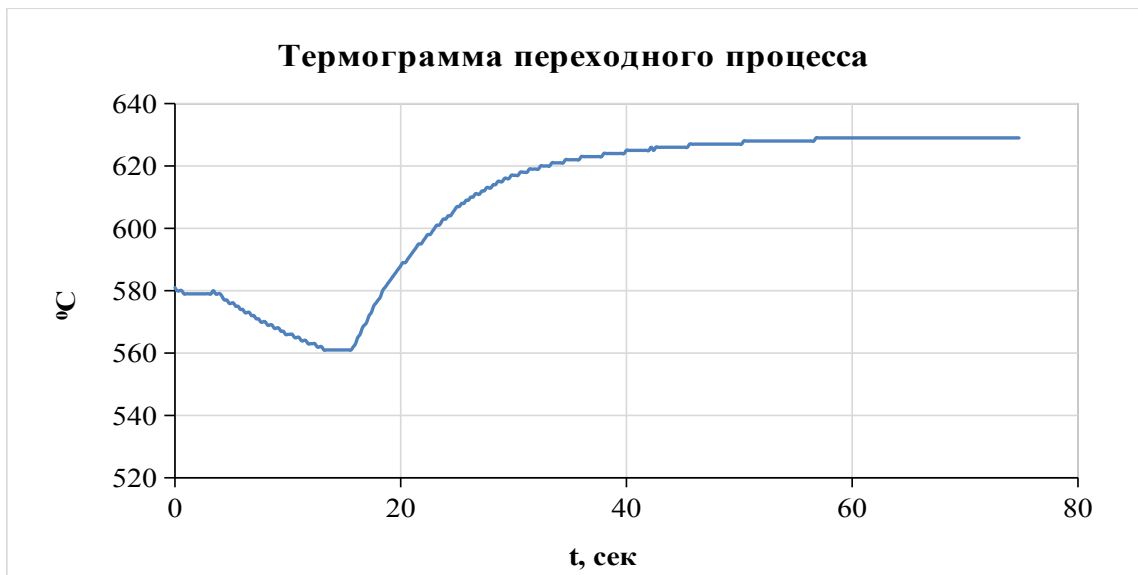
1. Наполнили лабораторный стакан водой с температурой выше комнатной. Подключили восьмиканальный датчик температуры к разъему USB регистратора. Запустили программу регистрации, включили режим регистрации.

2. Через 10 секунд быстро опустили термометр в воду и в течение 60 секунд «помешивал» её.

3. Нагрели в руках датчик термометра и повторили испытания по пп.1 и 2 в воде с холодной температурой.

4. Выключили регистрацию. Экспортировали файлы в Excel, построили диаграммы. Определил временные границы графиков, где изменения термограмм проходят по экспоненте.

**Полученные данные:**



**Рисунок 1.3 – Термограммы переходного процесса**

Определили примерные значения температуры воды  $C_B$  в единицах АЦП.

5. С учетом рис. 1.2 рассчитали и построили диаграмму изменения значений параметра  $\ln(C_B - C(t))$  (из формулы 1.1) или соответственно  $\ln(C(t) - C_B)$  (из формулы 1.2) в зависимости от времени.

Для каждого испытания построили линию тренда, вывел на график формулу линии тренда ( $y = ax + b$ ) и величину достоверности  $R^2$ . Изменяя значение  $C_B$ , добились максимального значения достоверности  $R^2$ . Рассчитали величины инерционности  $T$  по формуле:

$$T = i - 1/a \quad (1.3)$$

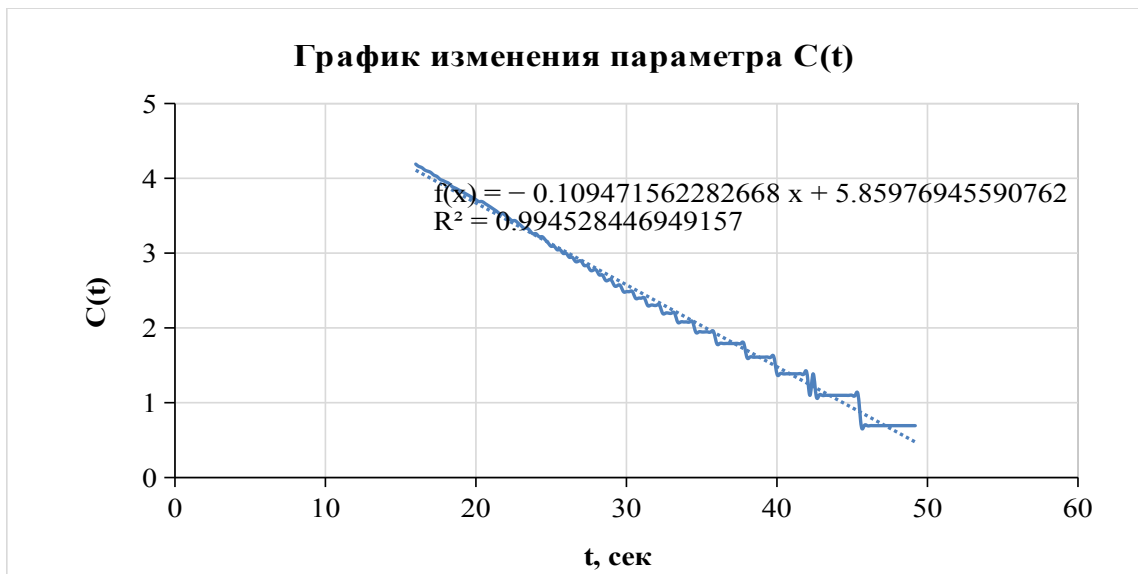
6. Рассчитали значение инерционности  $T$  графически.

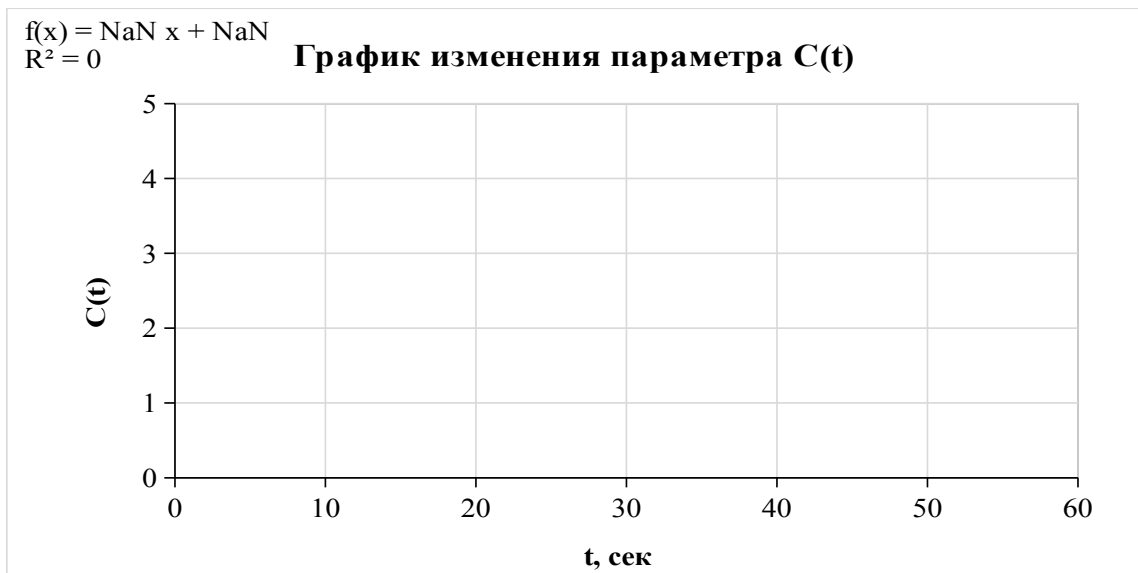
Для этого:

- примерно оценили температуру воды  $C_B$ ;
- провели на графике константу  $C_O + (C_B - C_O) \cdot 0,63$  или, соответственно

$$C_O - (C_O - C_B) \cdot 0,37 \quad (1.4)$$

- из точки пересечения константы и графика  $C(t)$  опустили перпендикуляр на ось  $t$ , и рассчитали величину инерционности датчика, равную временному интервалу между моментом пересечения оси перпендикуляром и моментом начала экспоненты на графике.





**Рисунок 1.4 – Графики изменения параметра C(t)**

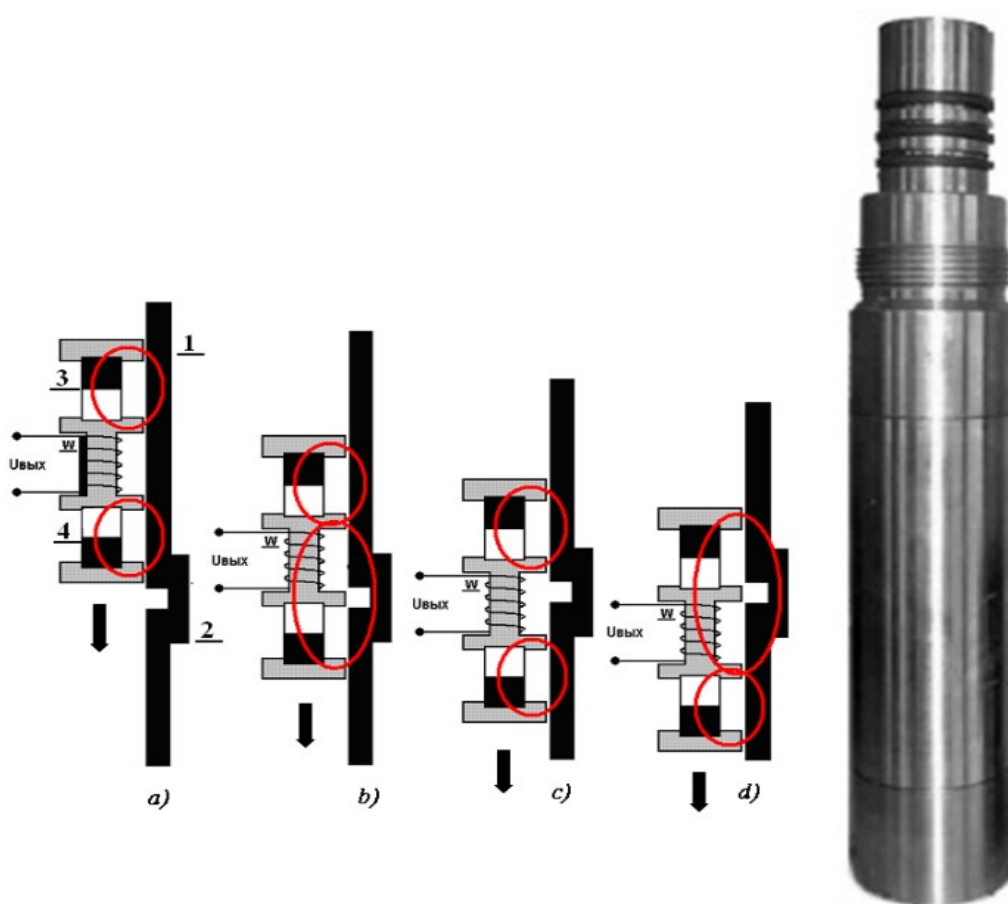
**Вывод:** при проведении данной лабораторной работы мы ознакомились с типовой конструкцией датчика температуры, научились технологии измерения инерционности датчика температуры в единицах времени. Инерционность датчика температуры была определена графически и аналитически. Исходя из графика видно, что, для того что – бы датчик температуры при движении в воде, измерил максимально близкое к истинному значению температуры, понадобится порядка 37-40 секунд.

## Локатор муфт

**Цель работы.** Познакомиться с конструкцией модуля локатора муфт ЛМ, принципами его работы.

**Основные положения.** Основная функция скважинного локатора муфт – контроль и регистрация изменений магнитных характеристик прилегающих к прибору элементов конструкции скважины: муфтовых соединений и перфорационных отверстий.

Рассмотрим конструкцию и работу локатора муфт.



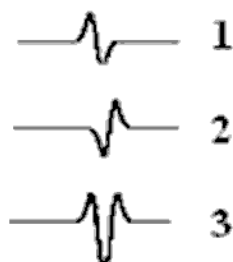
**Рисунок 2.1 – Внешний вид и принцип работы магнитного локатора муфт на постоянных магнитах.**

В приборе, упираясь в крайние железные башмаки, встречно стоят магниты 3 и 4, между ними установлен индуктивный датчик: катушка W,



намотанная на железном сердечнике, имеющем выступающие щечки (рис. 2.1). Когда прибор движется по стенке трубы 1, то разрыва цепи магнитопровода нет, и магнитные линии замыкаются в противоположных частях магнитной системы. При этом в катушке магнитного поля нет.

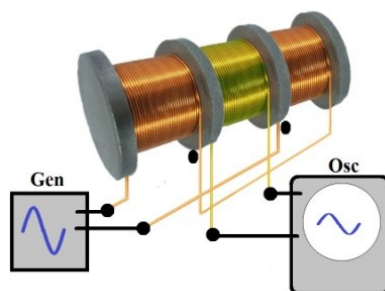
Когда первая щечка катушки проходит мимо зазора труб в муфтовом соединении 2, в этом месте создается разрыв магнитной цепи нижнего магнитопровода, и магнитные линии перераспределяются на другую щечку. Затем щечка катушки выходит из зазора, и магнитные линии возвращаются на прежнее место (рис. 2.1). Изменение магнитного поля  $dF$  формирует в катушке  $W$  электрический сигнал  $U_{ВЫХ}$ , пропорциональный скорости этого изменения  $U_{ВЫХ} = -dF/dt$  (рис. 2.2, диаграмма 1).



**Рисунок 2.2 – Формирование сигнала датчиком ЛМ на муфтовом соединении**

Когда вторая щечка проходит мимо зазора, процесс зеркально повторяется, создавая сигнал 2. Суммируясь, сигналы 1 и 2 формируют узнаваемую двугорбую диаграмму 3.

Амплитуда сигнала локатора муфт пропорциональна числу витков катушки, мощности магнитов, скорости движения прибора и зазору между трубами в муфте.



**Рисунок 2.3 – Внешний вид и принцип работы сенсора магнитного локатора муфт на переменном токе**

Принцип работы локатора муфт на переменном токе ЛПМ практически такой же. Отличие состоит в том, что вместо постоянных магнитов установлены электромагниты на переменном токе, которые формируют информационный сигнал не только в движении локатора, но и при его остановке (рис.2.3).

Форма сигнала, регистрируемого в зоне перфорации, зависит от диаметра отверстий, их расположения относительно локатора муфт и чистоты краев прострелянных дырок.

В лабораторной работе изменения магнитного поля внутри катушки формируется обратным процессом: не уменьшением проводимости магнитной цепи, а ее локальным увеличением.

**Формат выходных данных.** Время (сек) передается в первом канале телесистемы, показания локатора муфт – во втором канале.

**Задание:**

1. Подключили лабораторный локатор муфт ЛМ к разъему USB регистратора. Запустили программу регистрации, включили режим регистрации.

2. Зарегистрировали диаграммы ЛМ, по 2 раза перемещая стальную пластину вдоль по локатору муфт, прижимая ее плоской стороной к прибору. Вначале со скоростью 4 см/с, затем – со скоростью 15 см/с (рис. 2.4). Нашли местоположение катушки и остановил пластину над ней.



**Рисунок 2.4 – Внешний вид локатора муфт на переменном токе**

3. Повторили п.2, перемещая пластину над локатором муфт на высоте 5 мм, положив на локатор муфт тетрадь соответствующей толщины.

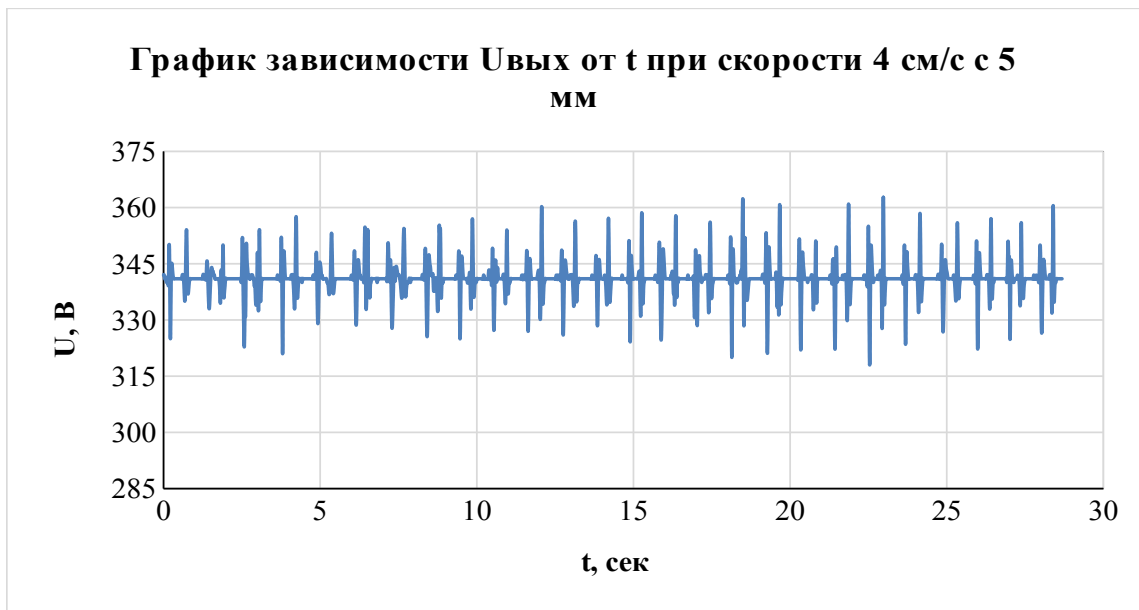
4. Выключили регистрацию. Сформировали по две диаграммы испытаний по п.2 и п.3, удалив из них неинформативные участки. Объяснили поведение кривых.

5. Повторили пп.1...4 для ЛПМ-КС. Сравнили характеристики локаторов.

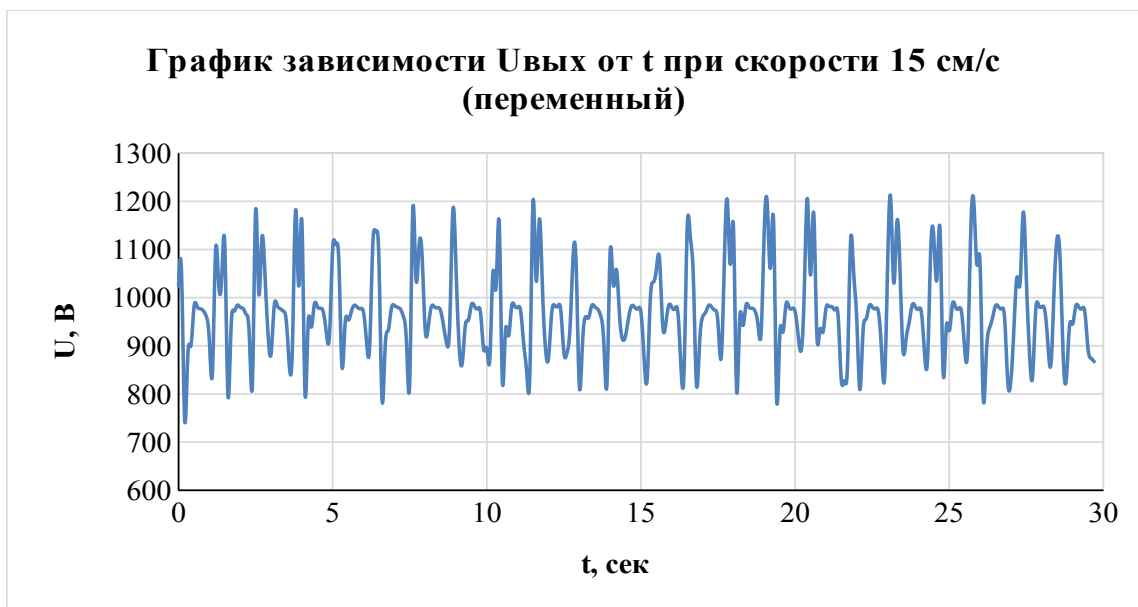
**Полученные данные:**



**Рисунок 2.5 – График зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $t$**



**Рисунок 2.6 – График зависимости  $U_{вых}$  от  $t$  с 5 мм**



**Рисунок 2.7 – График зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $t$  (переменный)**

**Вывод:** при выполнении данной лабораторной работы, нами были изучены информационные свойства локатора муфт. В данной работе мы построили 6 диаграмм. Скорости перемещения пластины вдоль оси прибора соответственно 4 и 15 см/с.

1) На рисунке 2.5 видно, что формирование электрического сигнала пропорционально скорости движения пластины, так как изменение магнитного поля происходит быстрее.

2) На рисунке 2.6. видно, что при наличии препятствия (локатор муфт находится на расстоянии 5 мм от пластины), амплитуда сигнала  $U_{\text{ВЫХ}}$ , снижается.

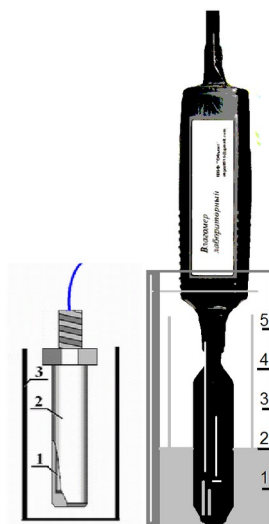
3) Для переменного локатора муфт выводы аналогичны пункту 1, то есть явно прослеживается, что формирование электрического сигнала пропорционально скорости движения пластины.

## Канал влагомера

**Цель работы.** Познакомить студентов с возможностями диэлькометрического влагомера.

**Основные положения.** Принцип работы диэлькометрического влагомера основан на измерении емкости измерительного конденсатора.

Типовая конструкция скважинного датчика влагомера цилиндрического типа показана на рис. 3.1. Центральный электрод конденсатора 1 электрически изолирован от корпуса 3 (второй электрод) диэлектриком 2.



**Рисунок 3.3 – Конструкция цилиндрического сенсора скважинного влагомера и внешний вид лабораторного влагомера ВЛ–КС.**

Емкость цилиндрического датчика можно определить по формуле:

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 K \quad (3.1)$$

где  $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость;

$\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;

$K$  – конструктивный коэффициент.



Для большинства скважинных влагомеров емкость датчика в газе равна 8...10 пФ. Это означает, что изменение емкости датчика при переходе из газа с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 1$  в нефть или конденсат с  $\epsilon = 2...3$ , во всех вариантах исполнения влагомеров крайне мало и не превышает 10...30 пФ.

Изменение емкости при переходе из газа (нефти) в воду зависит от толщины диэлектрика 2. На практике конструктивно устанавливают это изменение в диапазоне 100...300 пФ.

В лабораторном влагомере ВЛ–КС металлические электроды датчика расположены на разных сторонах диэлектрической пластины, что для первого приближения эквивалентно цилиндрическому сенсору (рис. 3.1).

Дополнительные материалы и лабораторное оборудование: стиральный порошок, трубка для коктейля, мерный стакан с метками высоты его заполнения.

**Градуировка влагомера.** Градуировка влагомера заключается в определении соответствия показаний канала в единицах АЦП или иных условных единицах трем средам: воздух (газ), нефть или любой жидкий углеводород и вода.

**Формат выходных данных.** Время (сек) передается в первом канале телесистемы, показания влагомера – во втором канале.

**Задание:**

1. Подключили влагомер к разъему USB регистратора и опустили сухой (!) датчик влагомера в пустой мерный стакан с метками. Запустили программу регистрации. Включили режим регистрации. Записали в журнал номер метки (нуль) и показание прибора.

2. Подняли уровень воды до следующей метки. Записали в журнал номер метки. Например, на рис 5.1 номер метки – 2. Записать в журнал соответствующее показание прибора.

3. Повторять п.2 до полного покрытия датчика водой.

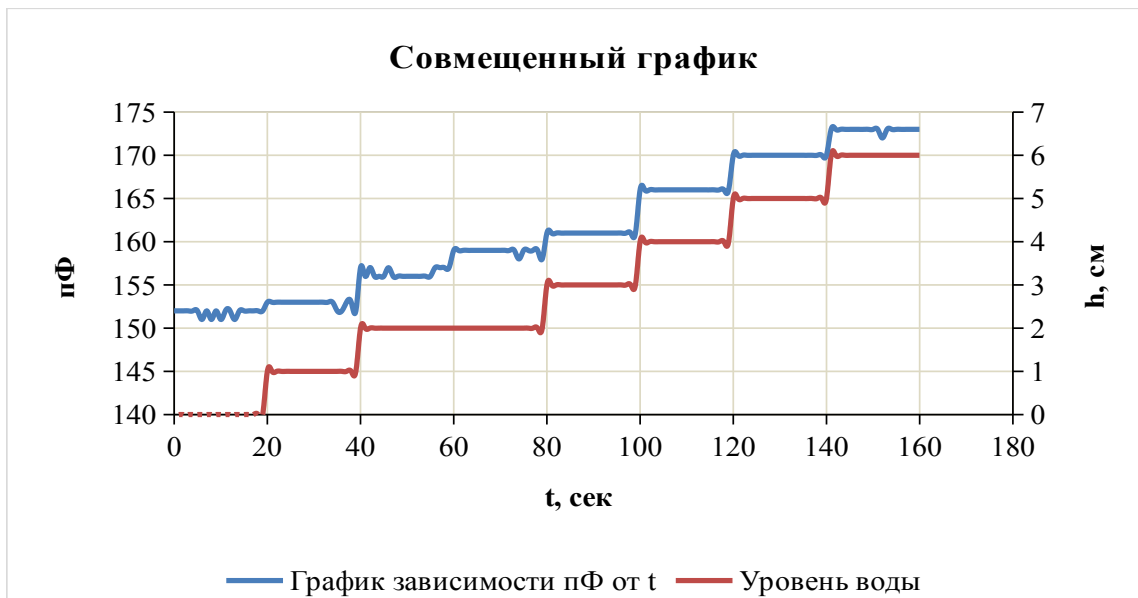
4. Вылили воду и повторили испытания влагомера по пп.2 и 3 в барботирующей жидкости, продувая воздух сквозь воду во время записи показаний влагомера.

5. Вылили воду и, добавили в стакан четверть чайной ложки стирального порошка, повторили испытания влагомера по пп.2 и 3 в барботирующей жидкости, продувая воздух сквозь воду во время записи показаний влагомера. Выключили режим регистрации. Экспортировали файл в Excel, построили график изменения параметра во времени.

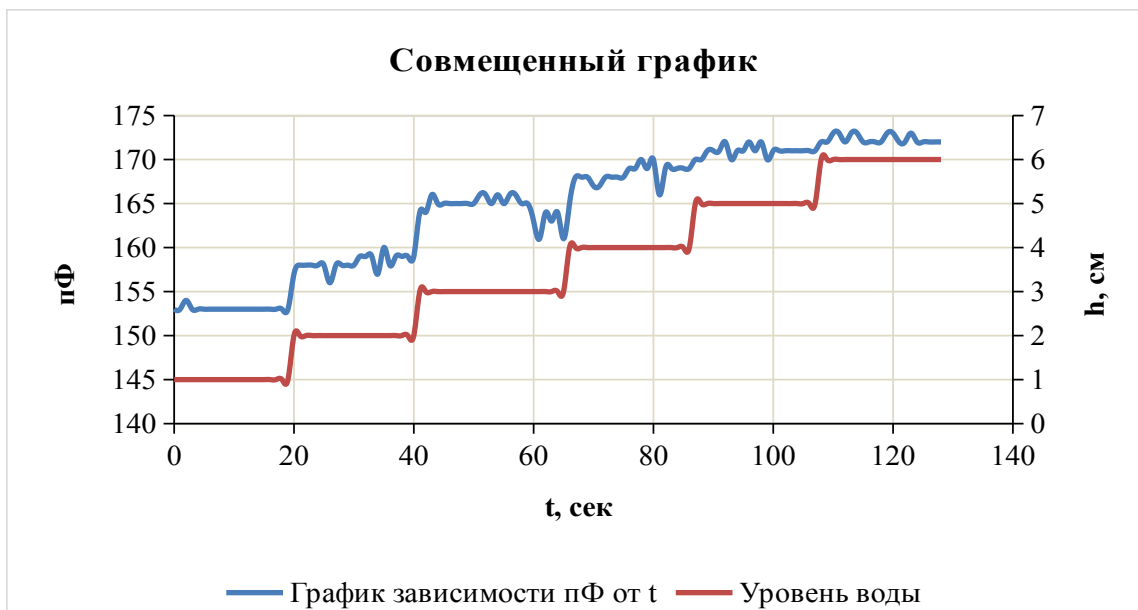
6. В программе Excel по записям в журнале сформировали общую таблицу зависимости показаний влагомера от номера метки. Построили три диаграммы изменения показаний влагомера в зависимости от номера метки на одном планшете. Объяснили поведение диаграмм.

7. Нарисовали ожидаемую диаграмму влагомера в эксплуатируемой двухпластовой наклонной обводненной нефтяной скважине. Объяснили диаграмму.

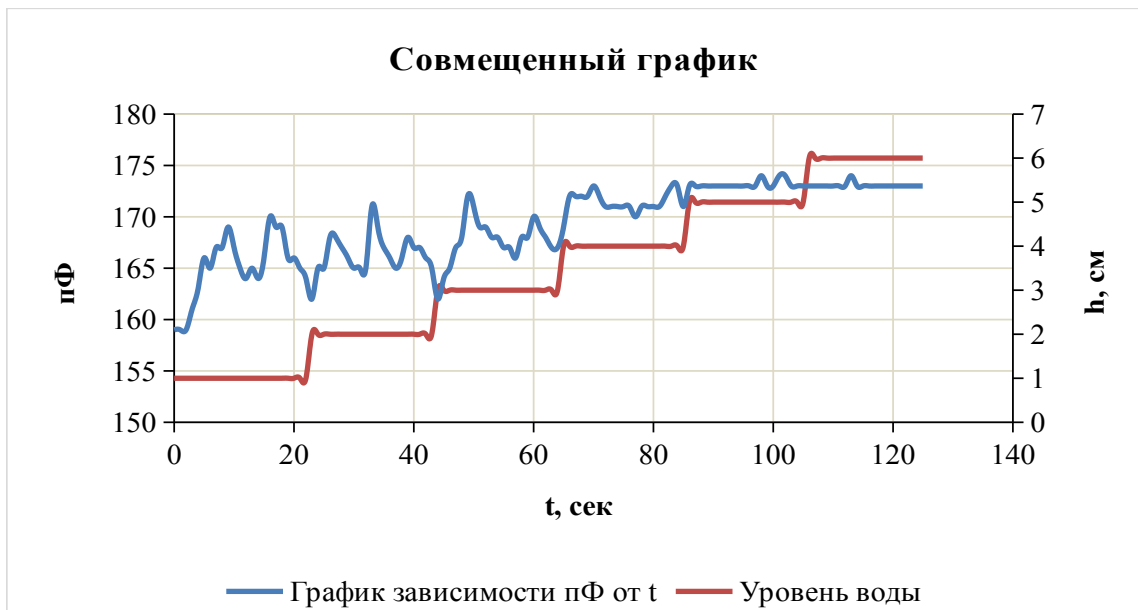
**Полученные данные:**



**Рисунок 3.2 – Совмещенный график зависимости рF от t (вода) и испытания влагомера**



**Рисунок 3.3 – Совмещенный график зависимости рF от t (барботаж) и испытания влагомера**



**Рисунок 3.4 – Совмещенный график зависимости  $pF$  от  $t$  (пена) и испытания влагомера**

**Вывод:** при проведении данной лабораторной работы, нами было изучено устройство диэлькометрического влагомера. Проанализировав графики можно сделать вывод, что показания диэлькометрического влагомера увеличиваются с ростом уровня жидкости. Данное явление связано с тем, что емкость конденсатора прямо пропорциональна диэлектрической проницаемости среды и конструктивному коэффициенту. Так как мы постепенно добавляли воду, диэлектрическая проницаемость которой в разы выше, чем в воздухе, электроемкость росла. Но стоит отметить, что конструктивный коэффициент прямо пропорционален площади. Следовательно, с увеличением контакта влагомера с жидкость растет и конструктивный коэффициент, что в свою очередь влияет на увеличение показателя влагомера (емкости конденсатора). Барботаж искажает сигнал, так как увеличение амплитуды носит стохастический характер. Это связано с тем, что уровень воды за счет движения воздуха постоянно колеблется. Также искажение сигнала происходит при погружении влагомера в пену. Пузыри лопаются, придерживать на постоянном уровне пену не удается, отсюда и скачки электроемкости.

## Градуировка и поверка термометра

**Цель работы.** В лабораторной работе используется двухканальный термометр 3 (рис. 4.2), содержащий образцовый датчик температуры, показания которого регистрируются в °С, и градуируемый термометр, регистрируемый в единицах АЦП, конструктивно совмещенные в единое устройство. Оба термометра обладают линейными характеристиками преобразования:

$$^{\circ}\text{C} = A \cdot \text{АЦП} + B \quad (4.1)$$

**Формат выходных данных.** В первом канале телесистемы передается текущее время, во втором канале – показания образцового датчика температуры, в третьем канале – показания градуируемого термометра.

### Задание:

1. Установили датчик двухканального термометра в отверстие 4 термостата. Подключить двухканальный термометр к разъему USB регистратора на передней панели системного блока. Запустили программу регистрации, включили режим регистрации.

2. Установили регулятор 1 «Задание» термостата против часовой стрелки в крайнее положение. Подключили термостат к разъему USB на задней панели системного блока. Получили исходные данные по замерам (таблица 1). Изменение температуры термометров показано на рис. 1.

3. Дождались стабильного режима термостата, когда изменения показаний образцового термометра °С за 30 сек не превышают  $\pm 0,1$  °С, записали в журнал номер строки и показание образцового термометра в данной контрольной точке.

4. Повторить пункт 3, поочередно устанавливая регулятор «Задание» в промежуточные положения, равномерно расположенные в диапазоне

поворота регулятора. Получили показания термометров в пяти контрольных точках (таблица 2).

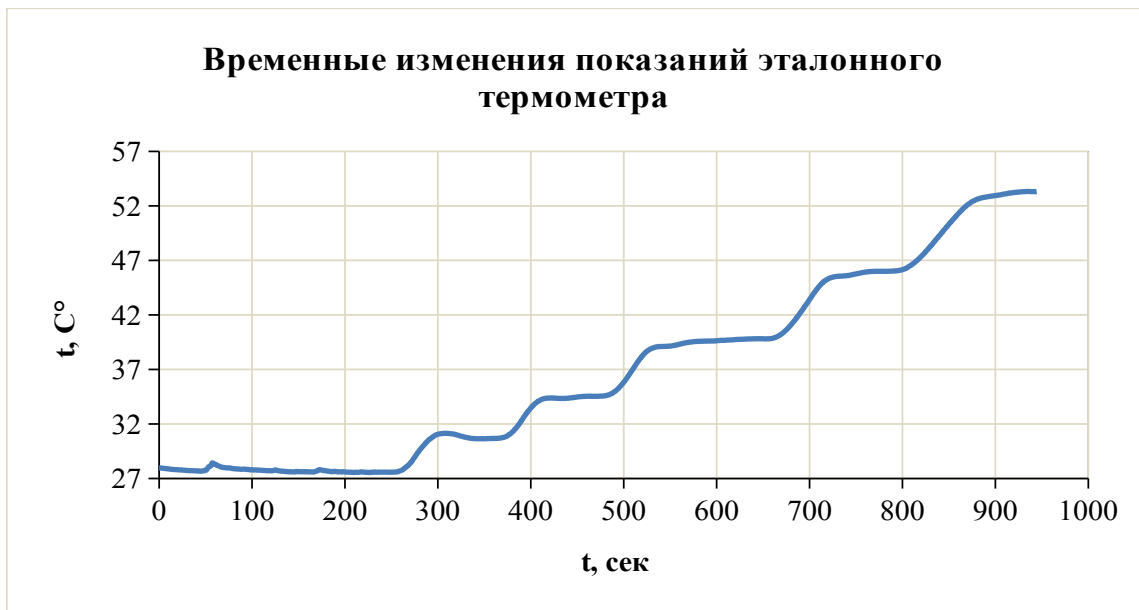
5. По массиву показаний в контрольных точках  $t$ , °C построили изменение температуры АЦП (рисунок 2)

6. По контрольным точкам построили график зависимости показания рабочего термометра (ADC) от показаний эталонного термометра ( $t$ , °C), провели линию тренда, вывели на экран уравнение линии тренда и значение достоверности  $R^2$  (рисунок 1).

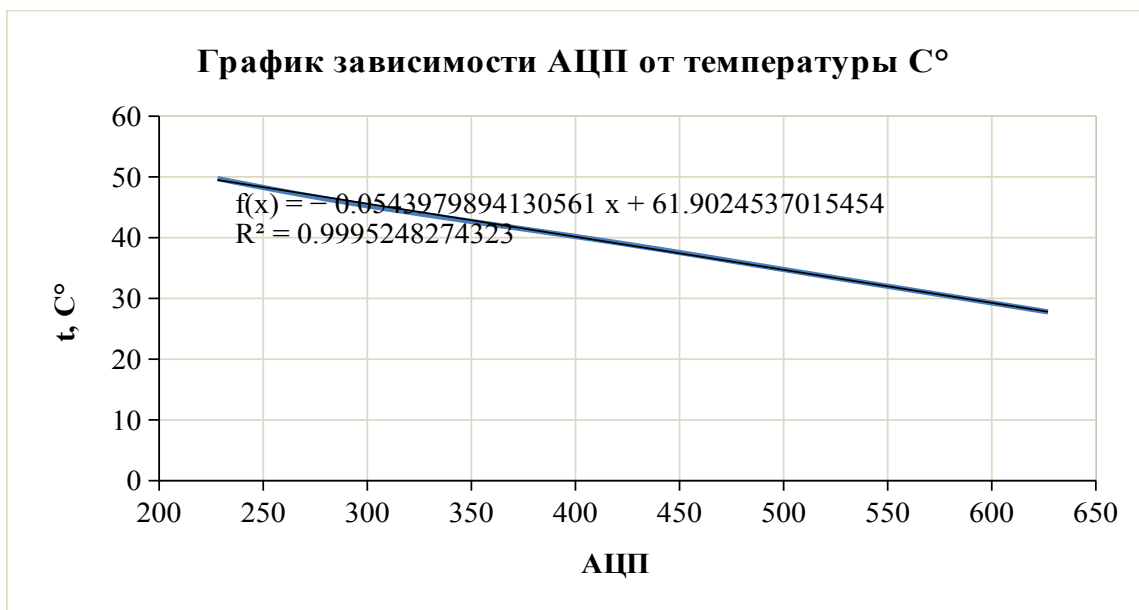
7. Учитывая, что коэффициент достоверности  $R^2 = 1$  можно сделать вывод о том, что в контрольных точках показания рабочего термометра очень близки к показаниям эталонного термометра. Используя коэффициенты линии тренда и соответствующие значения АЦП средствами Excel рассчитали и вывели в таблицу 3 значения измеренной температуры °СРАСЧ. Рассчитать соответствующие разности показаний значений температур образцового и градуируемого датчиков температуры ( $\Delta = °C - °C_{расч}$ ).

8. Оценили погрешность градуируемого термометра в абсолютных единицах, учитывая, что погрешность градуируемого термометра в 3...5 раз больше, чем погрешность образцового термометра (рисунок 2). По рисунку 2 видно, что погрешность рабочего термометра повышается при нагреве и составляет не более 1.5 °C, в тот момент, когда мы поворачивали регулятор температуры на термостате. Однако в контрольных точках, когда температура стабилизировалась, погрешность составила не более 0.5 °C

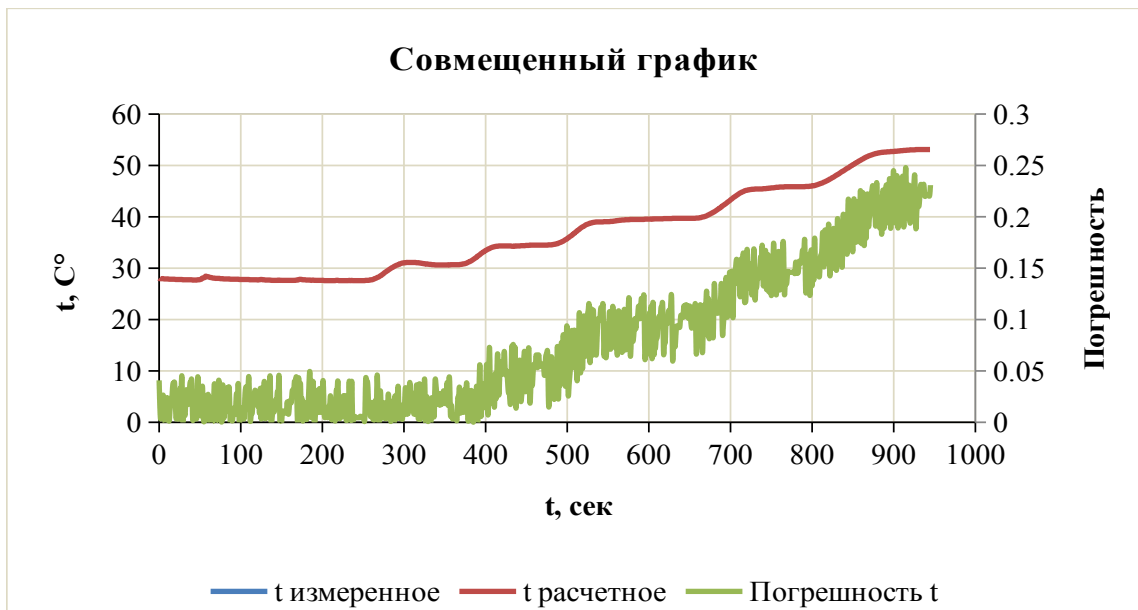
**Полученные данные:**



**Рисунок 4.1 – Временные изменения показаний эталонного термометра**



**Рисунок 4.2 – График зависимости температуры  $t$  от АЦП**



**Рисунок 4.3 – Совмещенный график**

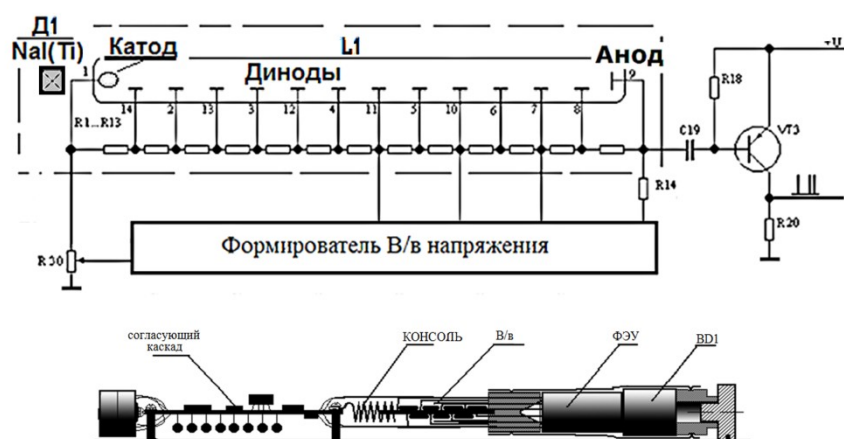
**Вывод:** при проведении данной лабораторной работы нами была изучена градуировка и поверка термометра. В первую очередь мы построили временное изменение показаний эталонного термометра (рисунок 4.1). Построив график зависимости температуры от АЦП (рисунок 4.2) , и добавив линию тренда, нами была получена калибровочная функция. Характер преобразования линейный. Затем рассчитав расчетное значение температуры, была найдена погрешность. На рисунке 4.3. видно, что погрешность возрастает на участках максимальной скорости роста температуры. Значение погрешности лежало в диапазоне от 0 до 0,3 °С, что является очень хорошим показателем. Также следует заметить, что погрешность образцового термометра для проведения градуировки рабочего термометра не должна превышать  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .



## Модуль ГК. Настройка

**Цель работы.** Познакомить студентов с основами построения модуля ГК–КС, помочь им приобрести практические навыки настройки модуля.

**Основные положения.** Модуль ГК–КС работает следующим образом (рис. 5.1). *Сенсор D1* (обычно, это монокристалл NaI, в который для увеличения световыхода введен активатор Таллий), преобразует пролетающие сквозь него гамма-кванты в световые вспышки, которые воздействуют на катод *фотоэлектронного умножителя ФЭУ(L1)*.



**Рисунок 5.4 – Электрическая схема и конструкция модуля ГК**

Кванты света выбивают из катода электроны, которые под действием электрического поля, поданного на ФЭУ, выбивают из динодов дополнительные электроны, запуская лавинообразный процесс умножения тока. На аноде ФЭУ формируются импульсы тока большой амплитуды и короткой длительности (1–2 наносек), которые через VT3 направляются в счетчик ГК.

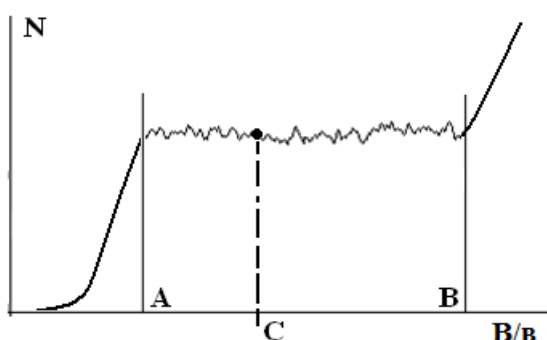


**Рисунок 5.5 – Внешний вид лабораторного модуля ГК.**

Ускоряющее электрическое поле создается формирователем высоковольтного напряжения (В/в). Его рабочая величина выбирается следующим образом:

- изменяя резистором R30 (рис.5.1 и 5.2) величину В/в, регистрируют число пришедших импульсов N в единицу времени;

- строят график  $N = f(V/v)$ , находят «плато» (участок АВ) с мало изменяющимся значением счета) и устанавливают на нем рабочую точку С (рис. 6.3).



**Рисунок 5.6 – Рабочая точка на плато счетной характеристики**

Наличие «плато» на счетной характеристике ФЭУ объясняется тем, что в интервале АВ модуль ГК–КС подсчитывает каждый гамма-квант, попавший в кристалл. До точки А напряжение питания ФЭУ недостаточно для того, чтобы заставить все электроны, выбитые из катода, направиться к динодам, а после точки В напряжение питания ФЭУ настолько велико, что оно и без участия квантов света «вырывает» из катода электроны и направляет их на диноды, т.е. формирует автоэмиссию.

Местоположение рабочей точки С определяют по рекомендациям производителя ФЭУ или выбирают в середине «плато».

**Формат выходных данных.** В первом канале передается текущее время, во втором канале – измеренное модулем ГК–КС значение В/в, в

третьем канале идут показания счетчика импульсов, обычно равные средним значениям  $N$  за текущие 3 секунды.

#### Задание:

1. Подключили модуль ГК–КС к разъему USB регистратора. Запустили программу регистрации, включили режим регистрации.
2. Устанавливая резистором R30 значения высокого напряжения (В/в) равными 0%, 10%, 20%...100% от максимального, контролируя их по показаниям второго канала регистратора, зарегистрировать интенсивность ГК–КС (имп/сек). Выключили режим регистрации.
3. С помощью программы Excel и зарегистрированного файла построить счетную характеристику и выбрать на ней рабочую точку.

#### Полученные данные:

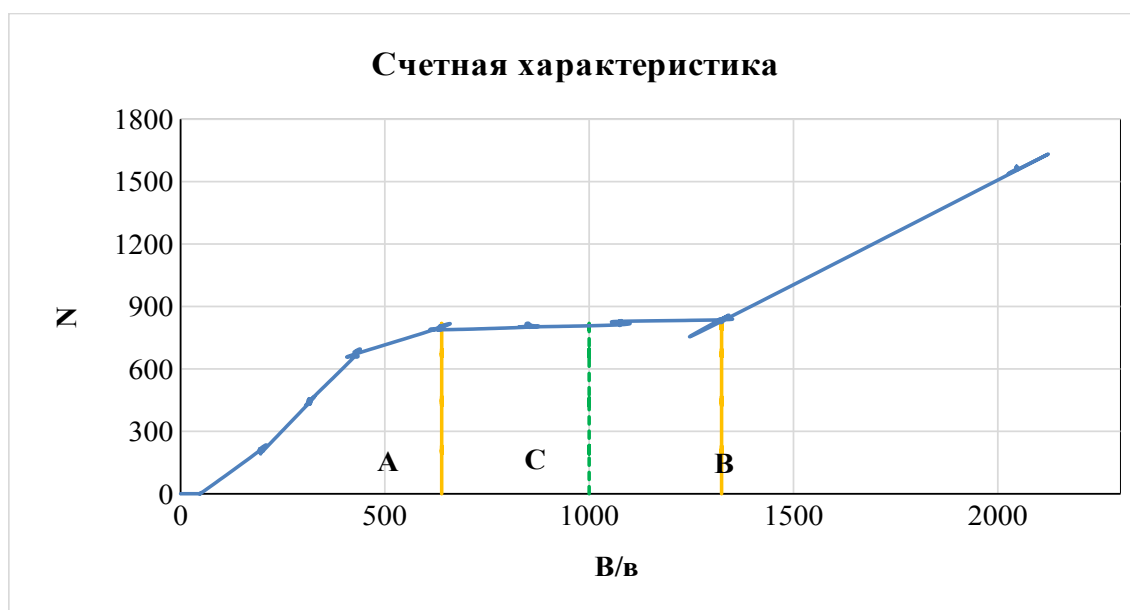


Рисунок 5.4 – Счетная характеристика

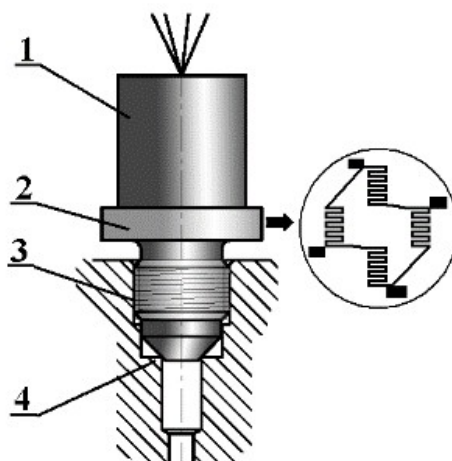
**Вывод:** при проведении данной лабораторной работы мы ознакомились с устройством модуля ГК. На рисунке 5.4 построена счетная характеристика модуля ГК-КС. На данном графике видно, что присутствуют 3 зоны. Первая зона от 0 до A. В данной зоне количество электронов,

которые дошли до счётчика увеличивается, так как напряжение еще низкое для “транспортировки” всех электронов. Вторая зона от А до В. Для данной характерно относительно постоянное количество электронов дошедших до счётчика. Третья зона от В и выше. Для данной зоны характерно увеличение количества электронов дошедших до счётчика. Данное явление связано с тем, что напряжение настолько велико, что электроны “вырываются” из катода под действием высокого напряжения.

## Градуировка и поверка манометра.

**Цель работы.** Познакомить студентов с методикой градуировки и поверки скважинного манометра в режиме непрерывного изменения измеряемого параметра.

**Основные положения.** На рис. 6.1 показана конструкция датчика давления. Чувствительным элементом тензодатчика является мембрана 2, на верхней поверхности которой выращены тензорезисторы (вид справа). При воздействии внешнего давления снизу мембрана изгибается, и при этом изменяются величины сопротивления тензорезисторов, формируя пропорциональное изменение выходного напряжения датчика.



**Рисунок 6.1 – Конструкция датчика давления (манометра)**

Изменение температуры окружающей среды также производит воздействие на сигнал датчика, в основном, из-за температурных изменений электрических сопротивлений кремниевых тензорезисторов. Поэтому при измерении давления в условиях переменной температуры окружающей среды в результаты измерений следует вводить температурные поправки.

В лабораторной работе используется градуировочный стенд (рис. 6.2), обеспечивающий задание эталонных значений воздействующего давления и

температуры. Задаваемые значения давления измеряются эталонным и рабочими манометрами.

Манометры находятся внутри стенда. Там же расположены датчик и измеритель температуры.



**Рисунок 6.2 – Градуировочный стенд манометра МС-КС**

Стенд работает следующим образом:

Кнопкой включения насоса 1 производится запуск задания давления. Встроенный воздушный насос накачивает во внутренний ресивер воздух до верхнего предела изменений эталонного давления. Затем давление с малой скоростью уменьшается до минимума. В течение всего этого процесса значения эталонного и рабочих манометров передаются в регистратор.

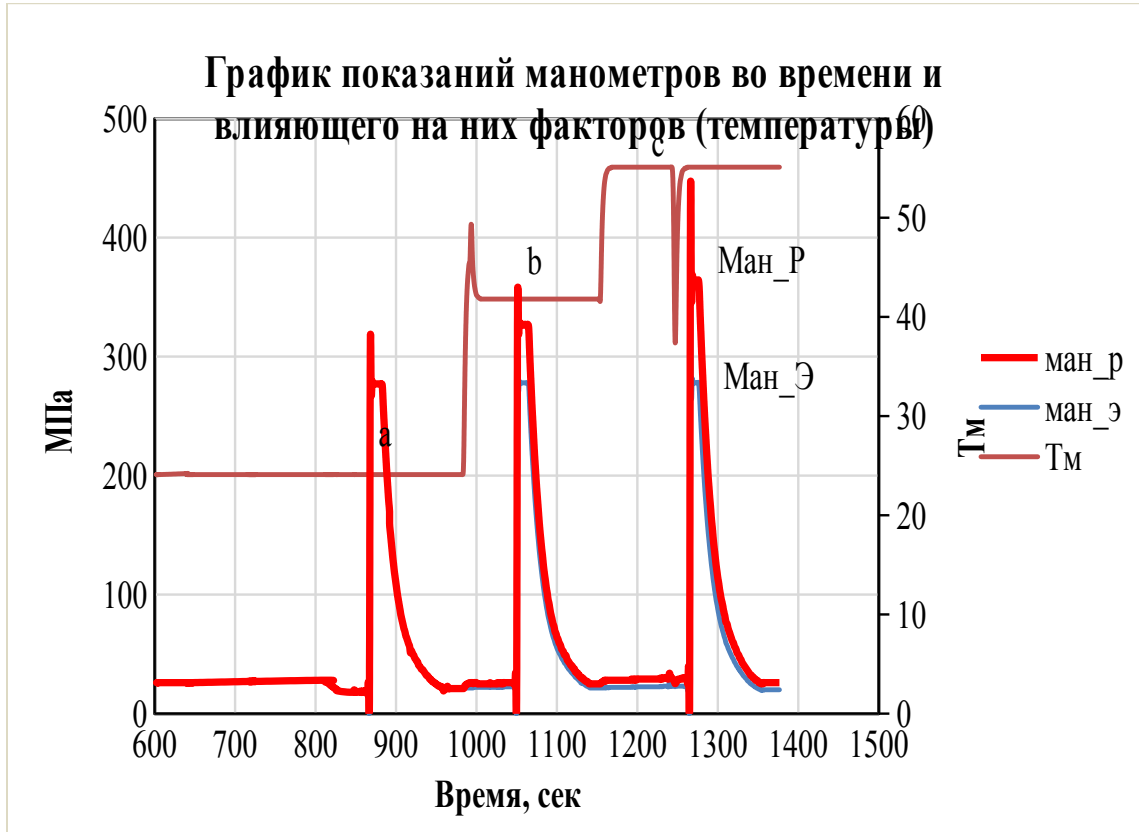
Температура окружающей среды задается с помощью регулятора 2.

**Формат выходных данных:**

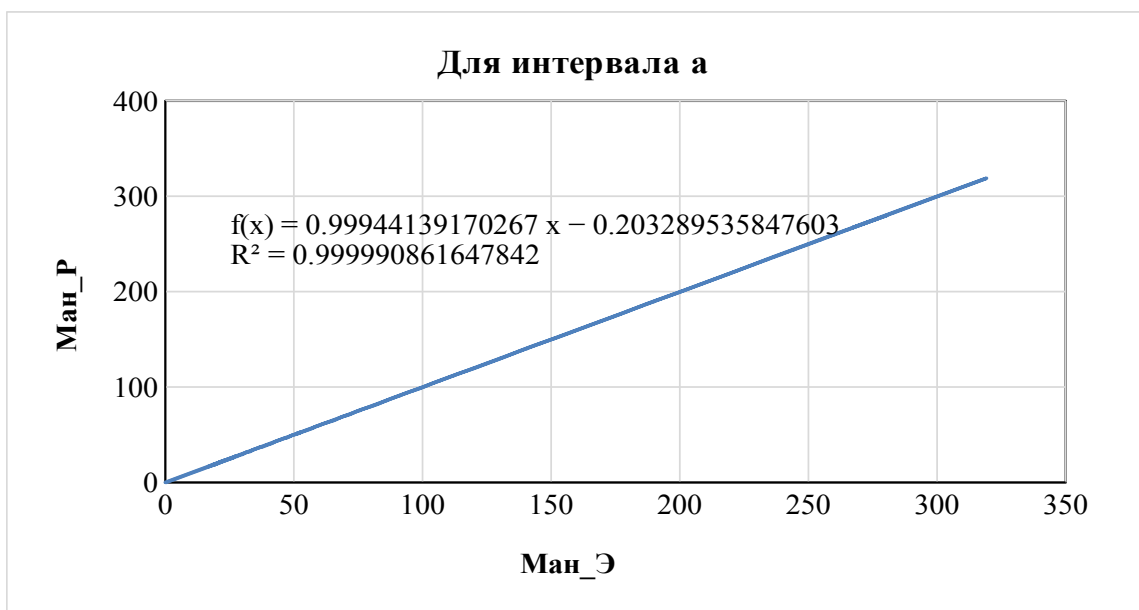
- в первом канале передается программное время (сек);
- во втором – показания эталонного манометра Ман\_Э (кПа);
- в третьем – лабораторного манометра Ман\_Лаб (кПа);
- в четвертом – показания рабочего манометра Ман\_Раб (кПа);

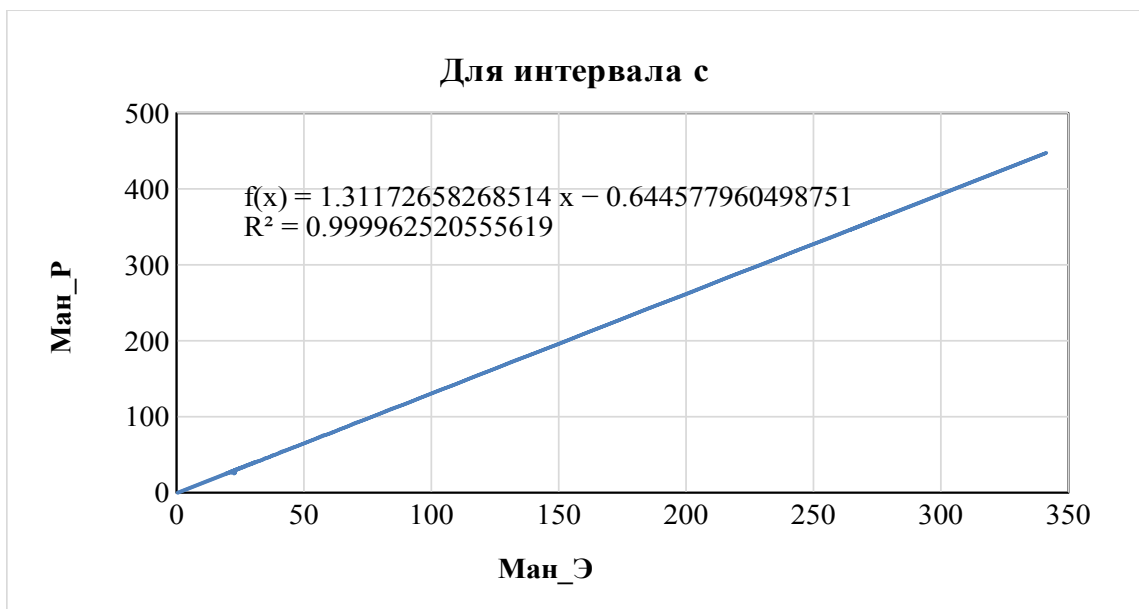
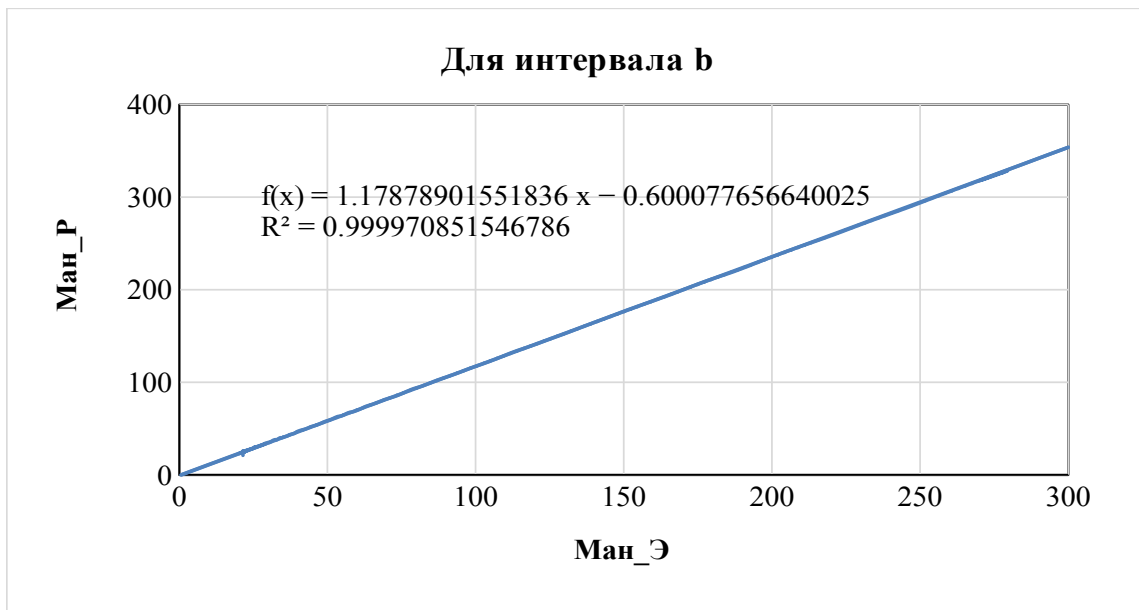
- в пятом – показания рабочего манометра Ман\_Раб (АЦП);
- в шестом – показания термометра манометра ТМ (°С).

**Полученные данные:**



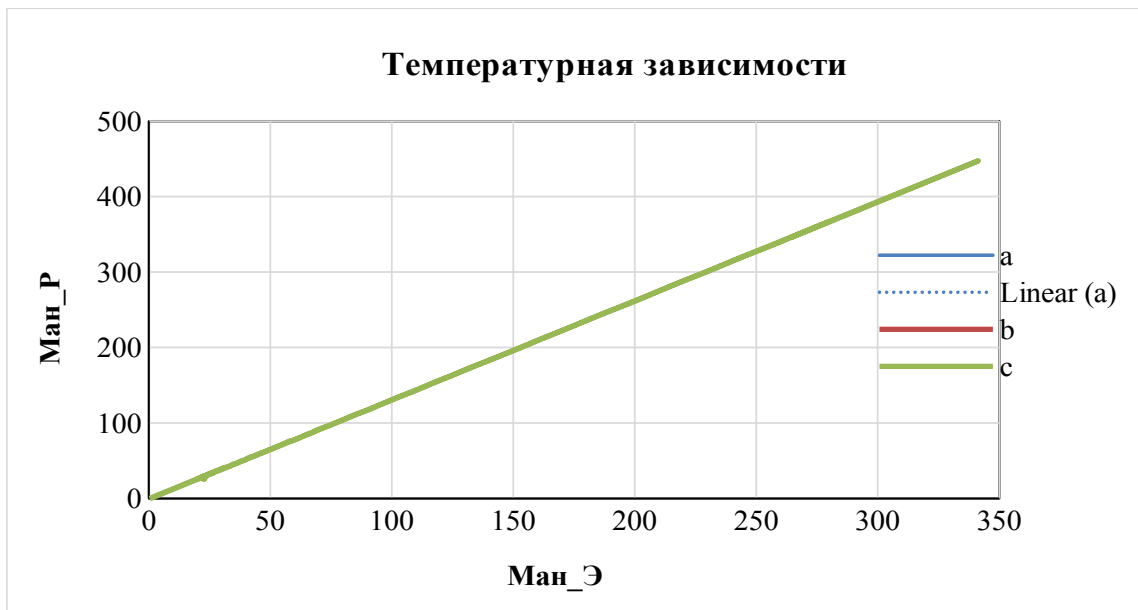
**Рисунок 6.3 – Планшет исходного временного файла**



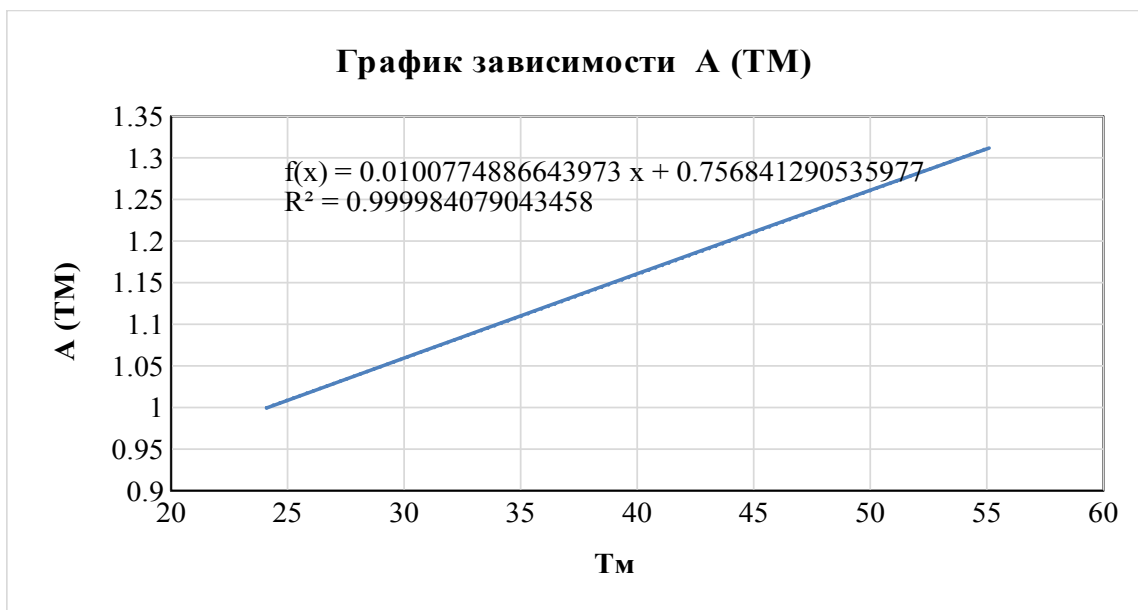


**Рисунок 6.4 – Температурные зависимости функции**





**Рисунок 6.5 – Функции объединенное температурной зависимости**



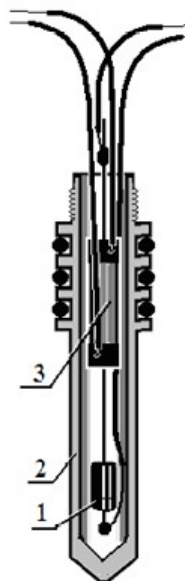
**Рисунок 6.6 – График зависимости А(ТМ)**

**Вывод:** при выполнении данной лабораторной мы изучили принцип градуировки и поверки манометра в режиме непрерывного изменения параметра. Также убедились в том, что на кремниевые тензорезисторы оказывает влияние температура. Следовательно, необходимо вводить поправку за счет влияния температуры.

## Термоанемометрический расходомер

**Цель работы:** Познакомить студентов с принципом работы метода термоанемометрии, методикой обработки данных канала термоанемометра.

**Основные положения.** Принцип работы термоанемометра основан на эффекте охлаждения нагретого объекта потоком флюида.



**Рисунок 7.1 – Конструкция датчика термоанемометра**

Конструктивно датчик 2 термоанемометра (рис. 7.1) имеет форму цилиндра, внутри которого установлены нагреватель 3 и термометр 1.

Тепло от нагревателя по стенке датчика проходит к термометру. Определяя разницу между температурой термоанемо-метра  $T_A$  и температурой окружающей среды  $T$ , можно рассчитать параметр охлаждения  $СТА$ , пропорциональный дебиту:

$$СТА = A/(T_A - T) + B \quad (7.1)$$

В скважинном термоанемометре датчик расположен вдоль потока, в наземном термоанемометре датчик обычно расположен поперек потока, что повышает его чувствительность.



**Рисунок 7.2 – Испытательный стенд термоанемометра**

В комплексной скважинной аппаратуре температуру термоанемометра ТА и температуру окружающей среды Т измеряют одновременно разными датчиками, что позволяет получить большой объем информации за достаточно малое время.

Лабораторные испытания проводят в стенде (рис. 7.2), где по трубе 1 вентилятором 2 прогоняется поток воздуха с разными скоростями. Скорость потока измеряется турбинным расходомером 3. В отверстие 4 трубы поперек потока устанавливается испытуемый термоанемометр.

Измерения проводят одним датчиком, в котором нагреватель начальные 200 секунд отключен, позволяя измерить температуру окружающей среды Т. Затем нагрев автоматически включается.

**Формат выходных данных.** Первый канал – текущее время (сек), второй канал – значения АЦП термоанемометра (ТА), в третьем канале – температура окружающей среды Т, в четвертом канале – индикация включения нагрева (0/1).

## **Порядок работы.**

1. Включили регулятор 5 в сеть, долгим нажатием левой кнопки включить турбинный расходомер 3 и установили максимальную скорость потока. Запустили программу регистрации.

Установили термоанемометр в отверстие 4 стенда, под-ключить его к разъему USB регистратора, тем самым включив текущее время с нуля), включить режим регистрации. На **190** секунде текущего времени записали в журнал время и показание T.

2. На **390** секунде записали в журнал текущее время, показания ТА и показания расходомера V (м/сек). Регулятором уменьшили скорость потока на 1 м/сек.

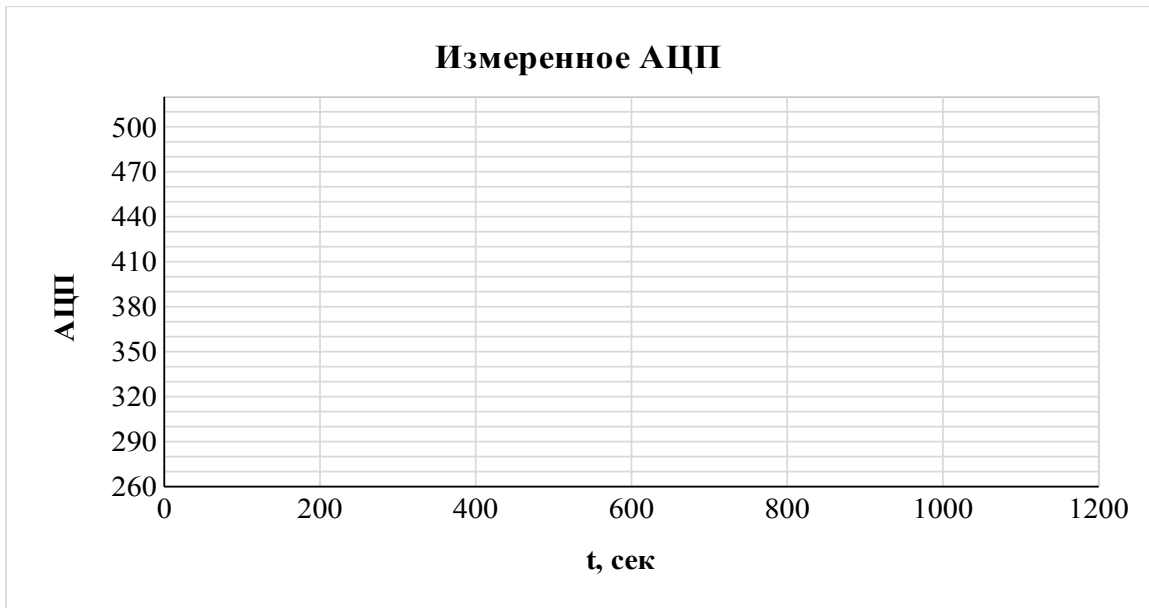
3. Повторили п.2 на **590, 790, 990** секунде и т.д. Когда показания расходомера 3 станут неустойчивыми, выключили режим регистрации, выключив стенд.

4. Экспортировали файл в Excel, построили графики изменения по времени параметров ТА и СТА. Последний параметр посчитали по формуле (7.1), приняв  $A = 1000$ ,  $B = 0$ .

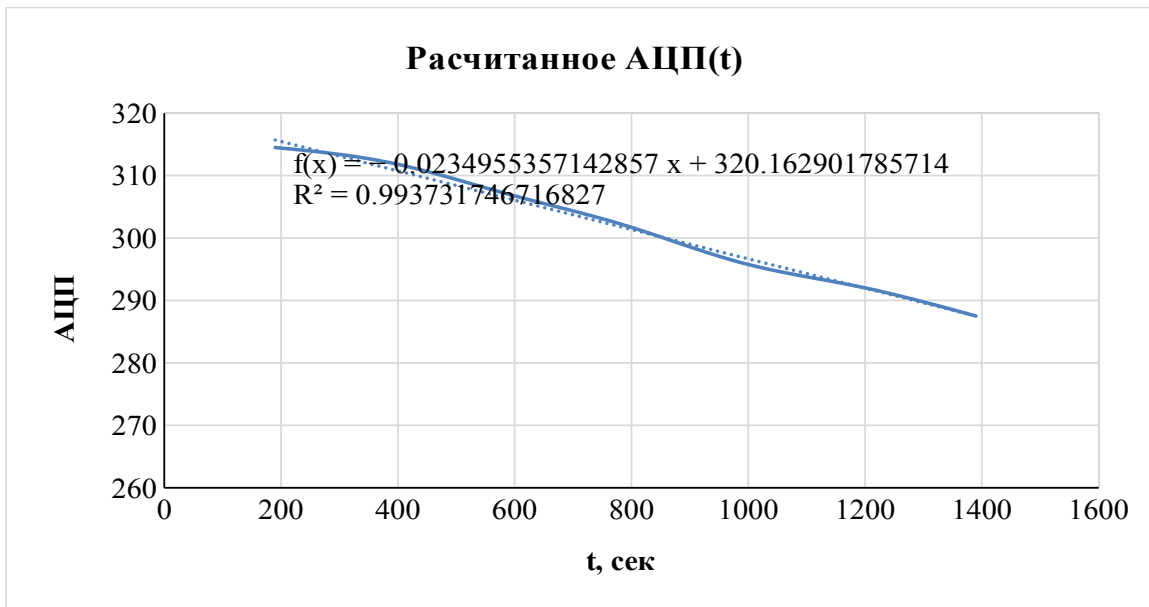
5. По данным журнала и п.4 в программе Excel сформировали два столбца СТА и V (м/сек), построили график их взаимозависимости, провели линию тренда  $y = ax + b$ .

6. Используя коэффициенты a, b и соответствующие значения параметра СТА, рассчитать значения  $V_{РАСЧ}$  и соответствующие значения разностей V и  $V_{РАСЧ}$  в контрольных точках.

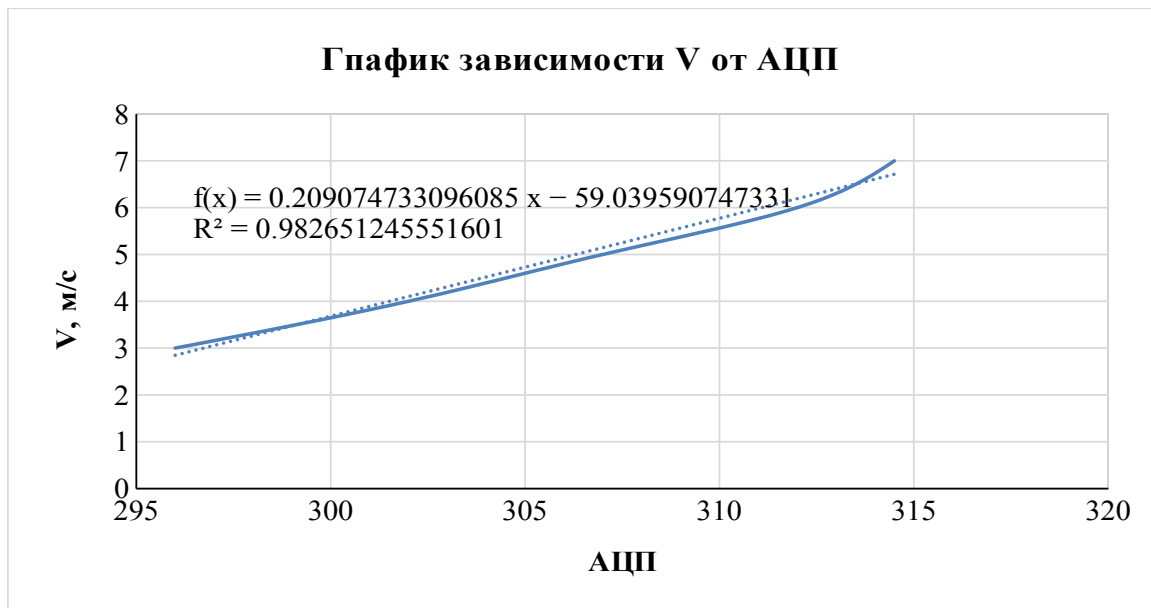
## **Полученные результаты:**



**Рисунок 7.3 – Измеренное АЦП**



**Рисунок 7.4 – Изменения по времени параметров ТА и СТА**



**Рисунок 7.5 – Изменения по времени параметров ТА и СТА**

**Вывод:** при выполнении данной лабораторной работы мы познакомились с принципом работы метода термоанемометрии и методикой обработки данных канала термоанеометра. На рисунке 7.4 видно, что показания термоанеометра ТА и параметр охлаждения СТА уменьшаются с течением времени, это связано с тем, что дебит (скорость) постепенно уменьшался. На рисунке 7.5. видно, что показания термоанеометрического расходомера растут, с увеличением дебита.