

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА
им. И.М.Губкина**

Кафедра геофизических информационных систем

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по курсу
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОН-
НЫХ СИСТЕМ**

Москва 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	5
Термостат. Градуировка термометра.....	5
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	9
Манометр. Градуировка в испытательном стенде.....	9
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	14
Термометр. Измерение инерционности.....	14
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	17
Канал термоанемометра.....	17
5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	21
Канал влагомера	21
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	24
Модуль ГК	24
7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	27
Локатор муфт.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.	30
Краткое описание регистратора TERMINAL 1.9В:	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.	32
Постоянная времени.....	32

Введение

Настоящий практикум впервые составлен в 2017 году в соответствии с программой курса специальной дисциплины «Моделирование геофизических информационных систем», читаемого в РГУ НГ им. И.М.Губкина для студентов кафедры промышленной геофизики и промышленной геологии, специализирующихся по методам ГИС и промышленно-геофизическому контролю разработки месторождений нефти и газа.

Практикум содержит:

- назначение датчиков информационных систем;
- описание принципов их действия и конструкций;
- методики оценки метрологических характеристик средств измерений, построенных на исследуемых датчиках.

В лабораторных работах используются следующий комплект учебных пособий (КП):

- двухканальный лабораторный термометр Т2–КП , включающий в себя образцовый измеритель температуры и рабочее средство измерений;
- термостат лабораторный ТС–КП;
- восьмиканальный лабораторный термометр Т8–КП;
- термоанемометр лабораторный ТА–КП;
- влагомер лабораторный ВЛ–КП;
- локатор муфт на постоянных магнитах ЛМ–КП;
- модуль ГК лабораторный, учебный ГК–КП;
- манометр и поверочный стенд манометра, совмещенные в одном устройстве МС–КП.

Учебные пособия являются макетами рабочих средств измерений и используются для знакомства с возможностями скважинных измерителей, обучения студентов практическим навыкам работы, как с одноканальными скважинными приборами, так и с измерительными каналами комплексных скважинных приборов.

Для нормальной работы учебных пособий необходимо скачать и установить свободно распространяемую оболочку Arduino IDE (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>).

Практикум составлен ст. преподавателем кафедры ГИС РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина С.П. Скопинцевым.

1. Лабораторная работа

Термостат. Градуировка термометра.

Цель работы. Познакомить студентов со способом градуировки скважинного термометра в испытательном стенде.

Основные положения. Одним из способов создания шкалы средства измерения является градуировка. Для проведения градуировки рабочего термометра используют термостат и образцовый термометр.

Термостат включает в себя:

- рабочую емкость;
- устройство регулируемого нагрева рабочей емкости;
- электронную следящую систему с датчиком температуры в цепи обратной связи.

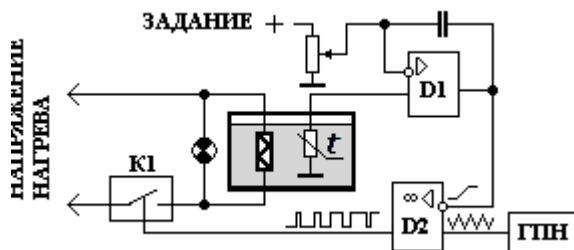


Рис. 1.1. Функциональная схема термостата.

Термостат работает следующим образом.

На вход электронной следящей системы регулятором 1 подается напряжение **задания** температуры (рис. 1.1, 1.2). Система включает нагрев рабочей емкости и с помощью датчика обратной связи t контролирует её температуру. Если разница между заданной и измеренной температурами велика, устройство нагрева постоянно включено, и температура быстро нарастает.

Когда разница температур становится достаточно малой, электронная следящая система (D1) переводит устройство нагрева в режим широтно-импульсной модуляции (D2, K1). При этом нагрев включается и выключается с частотой генератора пилообразного напряжения ГПН (1 Гц), а следящая система изменяет относительное время включения/выключения, тем са-

мым плавно изменяя мощность нагревателя. Интервалы включения/выключения нагрева индицируются световым индикатором 2 на панели термостата ТС–КП. Такой режим нагрева и обеспечивает высокую стабильность поддержания температуры в рабочей емкости.



Рис. 1.2. Общий вид термометра лабораторного и термостата.

Образцовый термометр предназначен для точного измерения температуры в рабочей емкости термостата.

В лабораторной работе используется двухканальный термометр Т2–КП (3), содержащий образцовый датчик температуры, показания которого регистрируются в $^{\circ}\text{C}$, и градуируемый термометр, регистрируемый в единицах АЦП, конструктивно совмещенные в единое устройство. Оба термометра обладают линейной характеристикой преобразования:

$$^{\circ}\text{C} = A \cdot \text{АЦП} + B.$$

Текущее время устройства передается в первом канале телесистемы, показания образцового датчика температуры – во втором канале, показания градуируемого термометра – в третьем канале.

Задание:

1. Установить в отверстие (4) стенда датчик двухканального термометра. Установить регулятор «Задание» в левое крайнее положение. Подключить термостат к разъему USB.

2. Подключить двухканальный термометр к разъему USB регистратора. Запустить программу регистрации (см. Приложение 1), включить режим регистрации без записи текущего времени.

3. Дождаться стабильного режима термостата, когда изменения показаний образцового термометра за 30 сек не превышают $\pm 0,2$ °С, записать в журнал установившиеся значения показаний обоих термометров.

4. Повторить пункт 3, поочередно поворачивая регулятор «Задание» в последующие три положения. Выключить режим записи данных.

5. Используя данные градуировки (одновременно снятые значения исследуемого (АЦП) и образцового ($^{\circ}\text{C}_{\text{обр}}$) термометров), построить график (аналогично рис. 1.3), провести линию тренда и рассчитать ее коэффициенты.

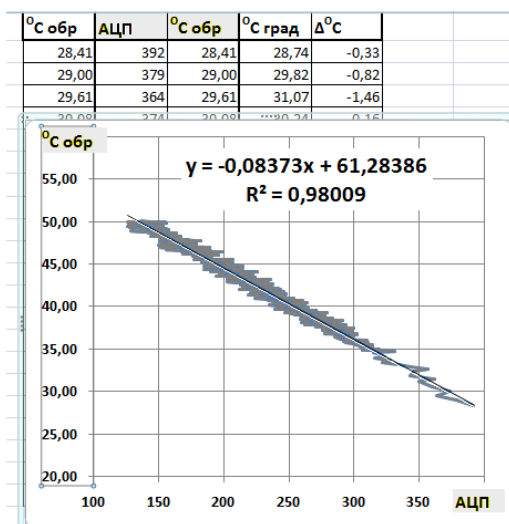


Рис. 1.3. Расчет коэффициентов А и В.

6. Используя коэффициенты линии тренда (коэффициенты А и В), перевести значения градуируемого термометра в градусы ($^{\circ}\text{C}_{\text{град}}$) и рассчитать первую таблицу разности показаний значений температур образцового и градуируемого датчиков температуры ($\Delta^{\circ}\text{C}$), построить диаграмму разности.

7. Экспортировать файл градуировки в программу Excel, построить диаграмму изменения показаний образцового ($^{\circ}\text{C}_{\text{обр}}$) и градуируемого (АЦП) датчиков (рис. 1.3), провести и рассчитать линию тренда.

8. Используя коэффициенты линии тренда, (коэффициенты А и В), перевести значения АЦП градуируемого термометра в градусы и рассчитать разности показаний массивов значений температур образцового и градуируемого датчиков температуры. Построить вторую таблицу и диаграмму разности показаний датчиков.

9. Объяснить поведение обеих диаграмм разности показаний датчиков. Оценить погрешность измерения температуры градуируемым термометром в абсолютных единицах.

10. Какая нестабильность задаваемой температуры должна быть обеспечена при поверке (градуировке) термометра, имеющего полную погрешность, равную $\pm 1^{\circ}\text{C}$?

11. Объяснить работу электронной схемы термометра, показанной на рис. 1.4.

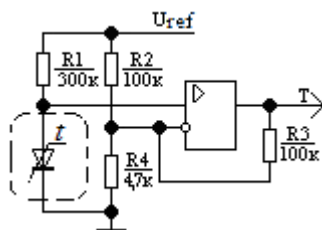


Рис. 1.4. Принципиальная схема термометра.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: log-файл с именем «LR1_GIXY_Z, полученный при выполнении лабораторной работы»;

б) текст на А4 (1 лист)), включающий:

- две диаграммы изменения показаний образцового и градуируемого датчиков $\{^{\circ}\text{C}, \text{АЦП}\}$,
- две диаграммы разности показаний образцового и градуируемого датчиков $\{^{\circ}\text{C}, \Delta^{\circ}\text{C}\}$;
- номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файла.

2. Лабораторная работа

Манометр. Градуировка в испытательном стенде.

Цель работы. Познакомить студентов со способом градуировки скважинного манометра в испытательном стенде.

Основные положения.

Особенностью наиболее широко распространенных тензометрических датчиков давления, применяемых в скважинном приборостроении, является зависимость их характеристики преобразования не только от измеряемого давления, но и от температуры окружающей среды. Эта повышенная чувствительность к температуре объясняется следующим.

На рисунке 2.1 показана конструкция датчика давления. Чувствительным элементом тензодатчика является мембрана 2. При воздействии давления снизу она изгибается, при этом изменяются величины сопротивления тензорезисторов, выращенных на верхней поверхности мембраны (вид справа).

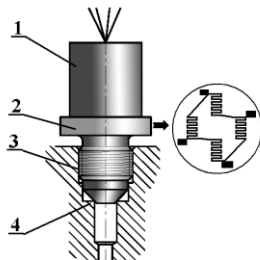


Рис. 2.1. Конструкция датчика давления (манометра).

При изменении температуры окружающей среды, во-первых, изменяются сопротивления кремниевых тензорезисторов, во-вторых, изменяется величина изгиба мембраны. Поэтому для корректного преобразования единиц АЦП канала манометра в единицы давления необходимо учитывать еще и показания канала термометра манометра.

Градуировка скважинного манометра обычно производится в градуировочном стенде, обеспечивающем задание требуемых значений воздействующего давления и значений температуры датчика давления.

Градуировку манометра осуществляют, исходя из следующего. При неизменной температуре показания M манометра линейно связаны с измеряемым давлением P :

$$P = b + c \cdot M \quad (2.1)$$

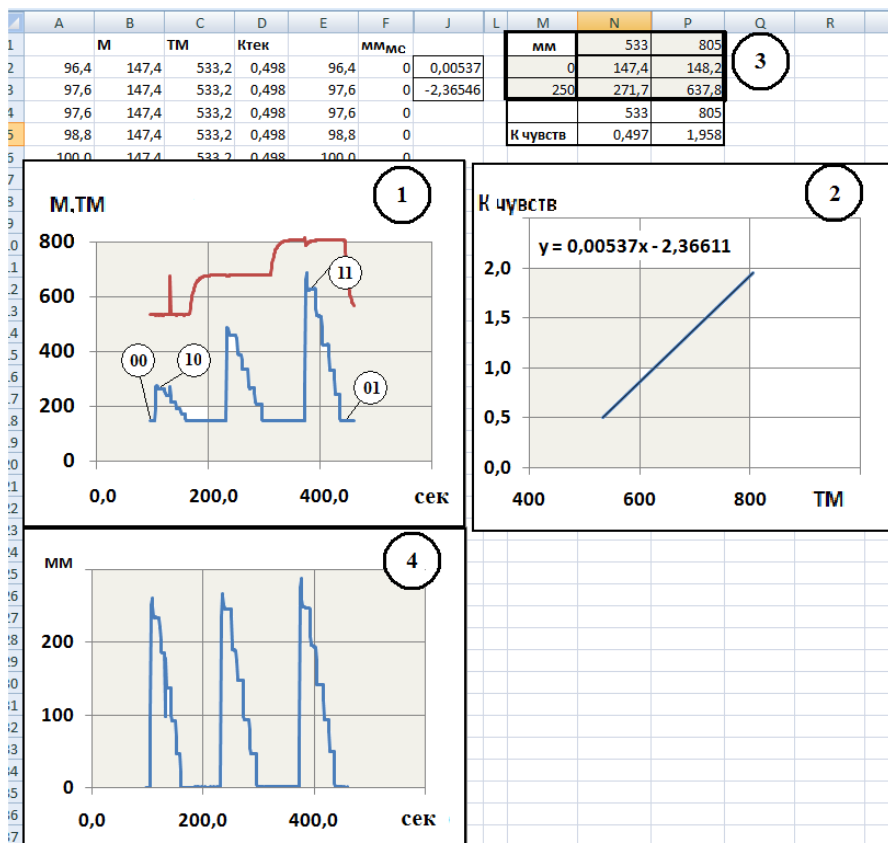


Рис. 2.2. Пример градуировки и поверки манометра.

В рабочем диапазоне температур константы b и c линейно зависят от температуры манометра TM , что в общем случае приводит к системе уравнений с четырьмя неизвестными:

$$P(i) = A0 + A1 \cdot TM(i) + A2 \cdot M(i) + A3 \cdot TM(i) \cdot M(i),$$

где $A0$, $A1$, $A2$ и $A3$ – константы преобразования. Система решается любым известным способом.

В лабораторной работе используется устройство МС-КП, в котором испытуемый лабораторный манометр находится внутри корпуса градуировочного стенда (рис. 2.3). Кнопкой включения насоса 1 и винтом стравливания 2 производится задание давления на датчике манометра. Контроль заданного давления обеспечивается считыванием показаний образцового манометра 3 в физических единицах *мм рт.ст.* Температура датчика давления задается с помощью регулятора 4, причем необходимое значение температуры достигается через две–три минуты после изменения положения регулятора. Текущее время (сек) передается в первом канале телесистемы, показания манометра М – во втором канале, показания термометра ТМ – в третьем канале.



Рис. 2.3. Конструкция поверочного стенда манометра.

Особенностью лабораторного манометра МС-КП является независимость значений манометра от температуры в начале диапазона измерений при давлении равно нулю, что упрощает градуировку манометра.

На рис. 2.2 показан пример градуировки манометра по 4 точкам градуировки 00, 10, 01 и 11 (таблица справа вверху и график 1) и его поверки по массиву табличных данных М и ТМ.

В процессе испытаний при трех значениях температуры было зарегистрировано по 6 значений заданного давления (график 1). В таблицу градуировки 3 были внесены два значения

ТМ (533 и 805) первой и последней серии испытаний и четыре показания М: а) при мм = 0 значения 147,4 и 148,2; б) при мм = 250 значения 271,7 и 637,8.

Затем для поверки были проведены следующие расчеты:

- рассчитаны два значения чувствительности канала манометра $K_{\text{ЧУВСТВ}} = \Delta \text{АЦП} / \Delta \text{мм}$: 0,497, 1,958 [АЦП/мм];
- по диаграмме 2 рассчитаны коэффициенты пропорциональности $K_{\text{ЧУВСТВ}}$ и ТМ: 0,00537, –2,36611;
- в столбце $K_{\text{ТЕК}}$ таблицы рассчитаны текущие значения $K_{\text{ЧУВСТВ}}(i) = \text{ТМ}(i) \cdot 0,0527 - 2,36611$;
- показания манометра МС-КП в мм рт.ст. рассчитаны по формуле $\text{мм}(i) = (\text{М}(i) - 147,4) / K_{\text{ТЕК}}(i)$ (график 4).

Задание:

1. Открутить винт стравливания ($P=0$). Регулятор температуры установить в крайнее левое положение ($T_{\text{мин}}$). Подключить манометр к разъему USB регистратора.

2. Запустить программу регистрации (Приложение 1). Записать в градуировочную таблицу значение АЦП канала термометра манометра ТМ, например, 531. Записать нижнее градуировочное значение АЦП канала манометра М при 0 мм рт. ст., например, 260.

Установить на манометре давление 250 мм рт. ст. и записать верхнее градуировочное значение АЦП канала манометра М, например, 582.

3. Включить режим регистрации без записи текущего времени. Провести регистрацию данных каналов М и ТМ для трех значений температуры:

а) для минимальной температуры (регулятор температуры – в крайнем левом положении);

б) для промежуточного значения (регулятор температуры повернуть вправо на $N/8$ его оборота, где N – номер бригады);

с) для максимальной температуры (регулятор – в крайнем правом положении).

Запись данных каналов М и ТМ *при каждом изменении температуры* проводить после того, как скорость изменения

показаний канала ТМ уменьшится до 1 единицы АЦП за 30 секунд.

При задании давления вначале установить его на 250 ± 1 мм рт. ст., дать выдержку времени 15 сек. а затем задавать 200, 150, 100, 50, 0 мм с выдержкой времени на контрольных точках по 15 сек. Точность установки этих точек должна быть ± 5 делений шкалы.

При максимальной температуре аналогично п.2 снять градуировочные значения АЦП каналов термометра манометра и манометра.

4. Выключить режим записи данных. Экспортировать файл в Excel. По рис. 2.2 ввести зарегистрированные показания каналов М и ТМ в соответствующие столбцы и рассчитать текущие показания манометра МС-КП. Снять рассчитанные значения мм на контрольных точках. Сравнить значения заданных давлений, записанных в журнал, и значения мм лабораторного манометра, рассчитанных в п. 4., оценить погрешность измерения давления лабораторным манометром, приведенную к верхнему значению диапазона измерений. Результаты оформить в виде таблицы.

5. Объяснить причины появления погрешностей. Как можно их уменьшить?

6. Какое давление измеряет скважинный манометр: избыточное или абсолютное?

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: log-файл, полученный при выполнении лабораторной работы с именем «LR2_GIXX_BRZ»;

б) текст на А4 (1 лист), включающий:

- временную диаграмму каналов Т и ТМ {АЦП, сек};;
- временную диаграмму значений мм {мм, сек};
- таблицу показаний на контрольных точках образцового манометра, значений мм и их разности;
- номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файла.

3. Лабораторная работа

Термометр. Измерение инерционности.

Цель работы. Познакомить студентов с типовой конструкцией датчика температуры, влиянием конструкции на параметры измерителя, обучить 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 исследования, тем больше информации будет получено, тем на меньшее время будет задолжена скважина.

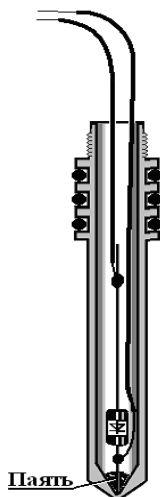


Рис. 3.1. Конструкция датчика малоинерционного термометра.

Уменьшение инерционности термометра достигается за счет уменьшения теплового сопротивления канала, по которому тепловой поток доходит от измеряемой среды к датчику. Например, у малоинерционного фольгового скважинного датчика тепло от металлического защитного кожуха проходит на датчик сквозь тонкий слой теплопроводящего изолятора, обеспечивая его быстрый прогрев.

На рисунке 3.1 показан вариант малоинерционного термо-датчика, у которого «заземленный» вывод полупроводникового сенсора припаян непосредственно к защитному кожуху.

Формула процесса прогрева датчика при его переходе в среду с другой температурой – экспоненциальная:

$$C(t) = C_0 + A_0 \cdot (1 - \exp(-t/T)),$$

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

C_0 – значение температуры до начала нагрева;

A_0 – разность температур сред;

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

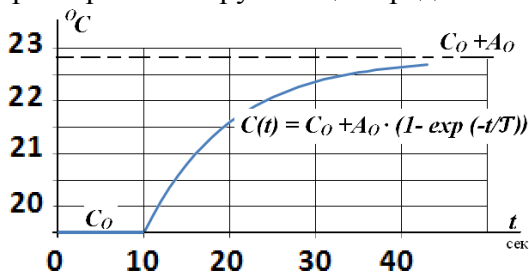


Рис. 3.2. Термограмма переходного процесса.

Принято определять инерционность датчика термометра помещением его в подвижную немного подогретую водную среду. В данной работе в качестве рабочей емкости можно использовать любую емкость, объемом 0,5 литра и более, наполненную подогретой водой.

Задание

1. Подключить восьмиканальный датчик температуры Т8-КП к разъему USB регистратора. Запустить программу регистрации (см. Приложение 1), включить режим регистрации без записи текущего времени.

2. Установить термометр над рабочей емкостью, через 10 секунд быстро опустить термометр в подогретую воду и в течение 60 секунд «помешивать» её.

3. Выключить регистрацию, экспортировать файл в Excel (1 канал – текущее время, 2...9 каналы – термограммы 1...8).

4. Из полученного семейства термограмм в соответствии с номером бригады выбрать свою термограмму. Рассчитать и построить диаграмму изменения экспоненциальных значений параметра $\ln((C_0 + A_0) - C(t))$ в зависимости от времени (см. Приложение 2).

Построить линию тренда, вывести на график формулу линии тренда ($y = ax + b$) и величину достоверности R^2 . Изменяя значение $(C_0 + A_0)$, добиться максимальной достоверности R^2 . Рассчитать величину инерционности T по формуле:

$$T = -1/a.$$

5. Рассчитать значение инерционности T графически.

Для этого:

- графически определить величину A_0 ;
- провести на графике константу $(C_0 + A_0 \cdot 0,63)$;
- из точки пересечения константы и графика $C(t)$ опустить перпендикуляр на ось t , и рассчитать величину инерционности датчика, равную временному интервалу между моментом пересечения оси перпендикуляром и моментом начала экспоненты на графике.

6. Почему для расчета инерционности используется математическое выражение $\ln((C_0 + A_0) - C(t))$?

7. Как влияет на инерционность датчика толщина стенки защитного корпуса?

8. Почему используют константу $C_0 + A_0 \cdot 0,63$?

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: log-файл с именем «LR3_GIXY_Z», полученный при выполнении лабораторной работы;

б) текст на А4 (1 лист), включающий:

- диаграмму математического расчета инерционности T {АЦП, сек},
- диаграмму графического расчета инерционности T {АЦП, сек};
- номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файла.

4. Лабораторная работа

Канал термоанемометра

Цель - 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.

Основным уравнением такого теплового преобразования является уравнение теплового баланса, физический смысл которого, состоит в том, что количество теплоты $Q_{вх}$, поступающей к преобразователю, равно количеству отдаваемой теплоты.

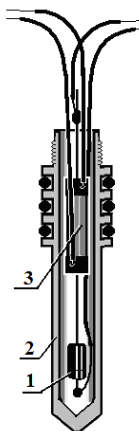


Рис. 4.1. Конструкция датчика термоанемометра.

$$Q_{вх} = Q_n + Q_{ср} + Q_{конв} + Q_{изл} \quad (4.1),$$

где Q_n – тепловой поток за счет теплопроводности через преобразователь;

$Q_{ср}$ – тепловой поток за счет теплопроводности в окружающую среду;

$Q_{конв}$ – тепловой поток за счет конвекции;

$Q_{изл}$ – тепловой поток за счет теплового излучения.

Конструктивно датчик скважинного термоанемометра имеет форму цилиндра 2, расположенного вдоль потока, внутри которого установлены нагреватель 3 и термометр 1.

Тепло от нагревателя по защитному корпусу проходит к термометру. В процессе измерений измеряется снос тепла с нагретого участка защитного кожуха. При этом влияние составляющей Q_{cp} уравнения (4.1) становится преобладающим, что линеаризует характеристику преобразования датчика по отношению именно к скорости потока.

Измеряя разницу показаний нагретого ($T_{НАГР}$) и охлажденного ($T_{ОХЛ}$) датчика термоанемометра, можно рассчитать параметр охлаждения $СТА$, пропорциональный дебиту:

$$СТА = A/|T_{НАГР} - T_{ОХЛ}| + B \quad (4.2),$$

где A и B – эмпирические константы.

Это позволяет в определенном диапазоне условий использовать термоанемометр для регистрации профиля скоростей однокомпонентного притока в продуктивных интервалах.

При измерениях для одновременного измерения $T_{ОХЛ}$ и $T_{НАГР}$ используют два датчика, один из которых нагрет, а другой – нет, причем, в качестве последнего в комплексных приборах применяют уже имеющийся термометр. Недостатком такого решения является относительно большая погрешность термометров.



Рис. 4.2. Термоанемометр в испытательном стенде.

Можно проводить измерения и одним датчиком, воспользовавшись импульсным режимом нагрева, при котором нагреватель периодически включается, нагревая датчик, и выключается для его охлаждения. Недостатком такого способа определения скорости потока является большое время измерений.

В лабораторном термоанемометре ТА-КП применен импульсный режим нагрева, при котором вначале на 200 секунд нагрев отключен, затем он включается на 1500 секунд.

Испытания проводят в испытательном стенде, в котором по трубе 1 вентилятором 2 прогоняется поток воздуха с разными скоростями. Скорость потока измеряется промышленным турбинным расходомером 3 [м/сек]. В трубе устанавливают и термоанемометр 4.

В выходном потоке данных вначале идет канал индикации нагрева/остывания (1/0), затем – канал текущего времени (сек), в третьем канале идут значения АЦП термоанемометра.

Задание:

1. Установить регулятор вентилятора в положение 0. Установить термоанемометр в стенд, подключить его к разъему USB регистратора. Запустить программу регистрации (см. Приложение 1), включить режим регистрации без записи текущего времени. На 190 секунде записать в журнал текущее время и показания АЦП (соответствующие $T_{ОХЛ}$).

2. Начиная с 200 секунды и через последующие 300 секунд (т.е. 500, 800... сек) переключать режим вентилятора 1, записывая в журнал текущее время и показания расходомера 3 [м/сек]. Показания АЦП (соответствующие $T_{НАГР}(i)$) записывать за 5 секунд до окончания цикла испытаний (т.е. на 495, 795...сек). После окончания испытаний на последнем режиме вентилятора выключить режим регистрации.

3. Экспортировать файл в Excel, построить графики изменения по времени параметров $T_{НАГР}(i)$ и $СТА(i)$. Последний параметр рассчитать, приняв $A = 1000$, $B = 0$.

4. Построить таблицу $\{СТА(i), \text{м/сек}(i)\}$, построить график их взаимозависимости. Изменяя значение $T_{ОХЛ}$ попробуйте

добиться максимальной линейности части графика при больших скоростях потока.

5. Определить диапазон измерений, в котором характеристика преобразования термоанемометра близка к линейной.

6. Нарисуйте диаграмму термоанемометра в нефтяной фонтанирующей скважине с двумя интервалами притока.

7. Что покажет термоанемометр в однопластовой нагнетательной скважине?

8. Почему в скважинах диаграммы термоанемометра имеют резкие «всплески» в интервалах притока?

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: log-файл с именем «LR4_GIXY_Z», полученный при выполнении работы;

б) текст на А4 (1 лист), включающий:

– планшет параметров $T_{НАГР}(i)$ и $СТА(i)$;

– таблицу и график $СТА(i)$, м/сек(i);

– номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файлов.

5. Лабораторная работа

Канал влагомера

Цель - Познакомить студентов с возможностями диэлькометрического влагомера.

Основные положения.

Типовая конструкция скважинного датчика влагомера показана на рис. 5.1. Металлический электрод 1 (первый электрод измерительного конденсатора), электрически изолирован от корпуса 3 (второй электрод конденсатора) нанесением на поверхность электрода диэлектрика 2.

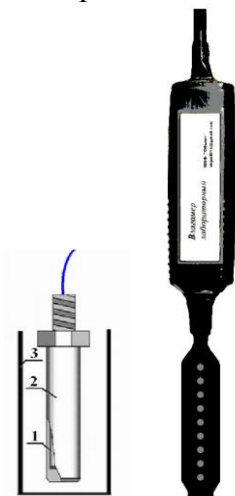


Рис. 5.1. Конструкция сенсора диэлектрического влагомера и внешний вид лабораторного влагомера ВЛ-КП.

Емкость сенсора в газе можно определить по формуле цилиндрического конденсатора:

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 h}{\ln(R_2 / R_1)} \quad (5.1),$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость;

ϵ_0 – электрическая постоянная;

h – длина датчика;

R_1 и R_2 ($R_2 > R_1$) – радиусы коаксиальных цилиндров конденсатора.

Для большинства приборов емкость конденсатора в газе равна 8...10 пФ. Это означает, что изменение емкости датчика при переходе из газа в нефть или конденсат (т.е. из среды с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 1$ в среду с $\epsilon = 2...3$), во всех вариантах исполнения влагомеров не превышает 10...30 пФ. Изменение емкости при переходе из газа (нефти) в воду зависит от толщины диэлектрика 2. На практике изменение емкости не превышает 300 пф.

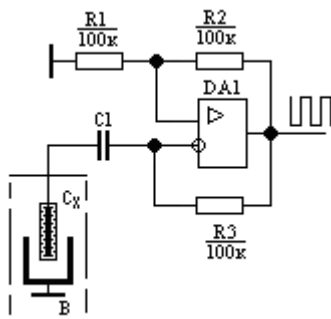


Рис. 5.2. Преобразователь емкости сенсора влагомера в электрический сигнал.

Обычно в скважинном приборе в канале влагомера используется LC- или RC-генератор, в частотозадающей цепи которого присутствует измерительный конденсатор C_x (рис.5.2).

Выходным параметром такого каскада является частотно-модулированный сигнал (ЧМ), частота (период) которого зависит от состава флюида в сенсоре. ЧМ-сигнал направляется на АЦП, где преобразуется в цифровой сигнал, несущий информацию о диэлектрической проницаемости среды в датчике.

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.

В лабораторном влагомере ВЛ-КП электроды датчика расположены на разных сторонах изолированной пластины, что для первого приближения эквивалентно цилиндрическому сенсору.

Задание:

1. Подключить датчик влагомера к разьему USB регистратора. Запустить программу регистрации (см. Приложение 1), включить режим регистрации без записи текущего времени.

2. Опуская датчик влагомера в воду, зарегистрировать показания прибора на точках, равномерно расположенных по глубине. Выключить режим регистрации. Результаты представить в виде таблицы и графика зависимости показаний от глубины погружения датчика с линией линейного тренда.

3. Провести аналогичные испытания датчика в барботирующей жидкости. Результаты представить в виде графика.

4. Снять показания, помещая датчик влагомера в пену, которую создать, продувая воздухом смесь стирального порошка и небольшого количества воды. Результаты представить в виде графика. Объяснить поведение диаграмм влагомера.

5. Нарисовать ожидаемую диаграмму влагомера в эксплуатируемой двухпластовой наклонной обводненной нефтяной скважине. Объяснить диаграмму.

6. Как изменятся показания диэлькометрического влагомера в газе, нефти и в воде, если в конструкции датчика будет отсутствовать диэлектрик 2?

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: три log-файла с именами «LR5_GIXY_Z-1, ...-2, ...-3», полученных при выполнении лабораторной работы;

б) текст на А4 (1 лист), включающий:

– одну таблицу и три диаграммы изменения показаний влагомера {АЦП, см};

– ожидаемую диаграмму влагомера в эксплуатируемой двухпластовой наклонной обводненной нефтяной скважине;

– номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файлов.

6. Лабораторная работа

Модуль ГК

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

Основные положения. Настройка.

Модуль ГК-КП работает следующим образом (рис. 6.1).

Сенсор *BD1* (обычно, это неорганический монокристалл NaI, в который для увеличения световыхода введен активатор Таллий) преобразует гамма-кванты в световые импульсы.

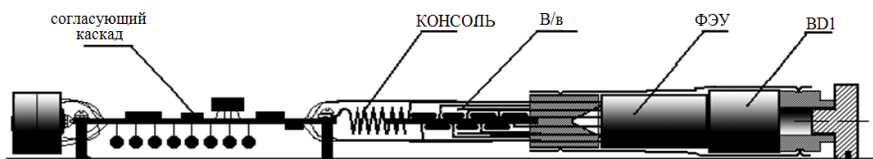
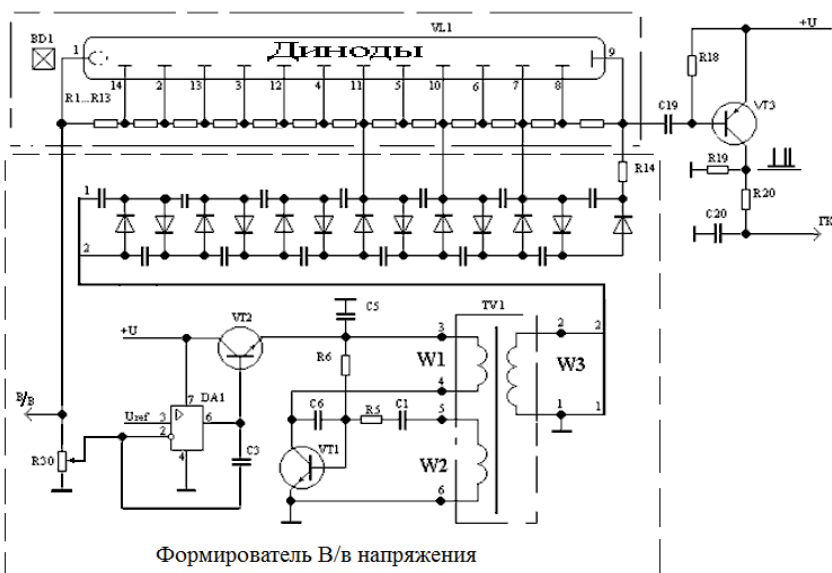


Рис. 6.1. Электрическая схема и конструкция модуля ГК.

Кванты света выбивают из катода *фотоэлектронного умножителя* (VL1) электроны, которые под действием ускоряющего электрического поля, поданного на диоды ФЭУ, запускают лавинообразный процесс умножения количества электричества. В результате на аноде ФЭУ (вывод 9) формируется импульсы тока большой амплитуды и короткой длительности (1–2 наносек), которые через VT3 направляются в счетчик ГК.

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

- изменяя величину В/в, подсчитывают число зарегистрированных импульсов N в единицу времени;
- строят график $N = f(V/v)$, находят «плато» (участок А-В с мало изменяющимся значением счета) и устанавливают на плато рабочую точку С (рис. 6.2).

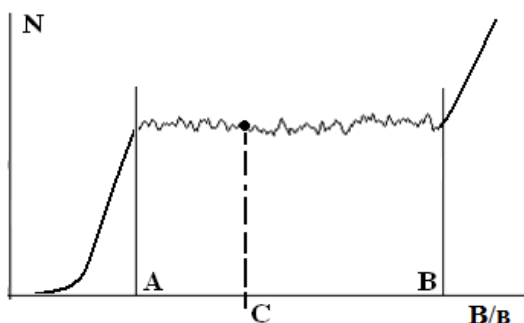


Рис. 6.2. Рабочая точка на плато счетной характеристики

Наличие «плато» на счетной характеристики ФЭУ объясняется тем, что в интервале АВ подсчитывается каждая пачка электронов, выбитых из катода, запустила подсчет всех гамма-квантов, попавших в кристалл. До точки А напряжение питания ФЭУ недостаточно для того, чтобы заставить все электроны, выбитые квантами света из катода, направиться к диодам. После точки В напряжение питания ФЭУ настолько велико, что оно и без участия квантов света «вырывает» из катода электроны и направляет их на диоды, т.е. формирует автоэмиссию.

Местоположение рабочей точки С определяется по рекомендациям производителя ФЭУ, например, на 30% «плато».

В лабораторном модуле ГК–КП напряжение регулируют резистором R30. Измеренное в модуле значение В/В (первый канал) и показания счетчика импульсов (второй канал) по USB каналу направляют на регистратор.

Примечание.

Лабораторный модуль ГК–КП полностью экранирован от внешних воздействий, в т.ч. и от естественного фона гамма излучения. Внутреннее излучение также не выходит за пределы экрана лабораторного гамма модуля.

Задание:

1. Подключить модуль ГК–КП к разъему USB регистратора. Запустить программу регистрации (см. Приложение 1), включить режим регистрации без записи текущего времени.

2. Устанавливая резистором R30 значения высокого напряжения (В/в) равными 0%, 10%, 20%...100% от максимального, контролируя их по показаниям первого канала регистратора, зарегистрировать интенсивность ГК.

3. С помощью программы Excel и зарегистрированного файла построить счетную характеристику и выбрать на ней рабочую точку.

4. Для чего используют подпружиненный консольный способ крепления чувствительного узла к шасси скважинного прибора пружиной КОНС?

5. Можно ли передвинуть «плато» по горизонтальной оси?

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: log-файл с именем «LR6_GIXY_Z», полученный при выполнении работы;

б) текст на А4 (1 лист), включающий:

– планшет счетной характеристики с рабочей точкой;

– номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файла.

7. Лабораторная работа

Локатор муфт

Цель работы. Познакомить студентов 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.

Как создается сигнал о наличии и состоянии муфтового соединения при прохождении прибором зазора между соседними трубами внутри муфты?

Рассмотрим конструкцию локатора муфт и процессы формирования выходного сигнала ЛМ (рис. 7.1).

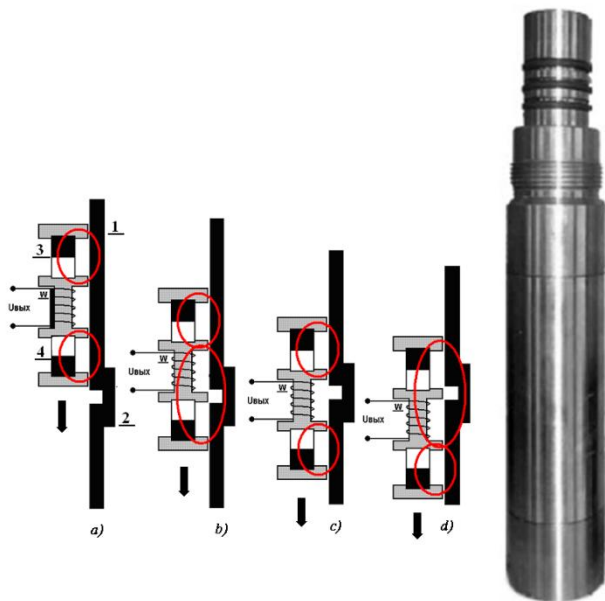


Рис. 7.1. Внешний вид и принцип работы магнитного локатора муфт

В приборе, упираясь в крайние железные башмаки, встречно стоят магниты 3 и 4, между ними установлен индук-

тивный датчик: катушка W , намотанная на железном сердечнике, имеющем выступающие щечки. Если прибор лежит на стенке трубы 1, то нет разрыва цепи магнитопровода и магнитные линии замыкаются в противоположных частях магнитной системы (рис.7.1, *a*). При этом в магнитопроводе катушки магнитное поле отсутствует.

Когда первая щечка катушки проходит мимо зазора труб в муфтовом соединении 2 (рис. 7.1, *b*), в этом месте создается разрыв магнитной цепи нижнего магнитопровода, и магнитные линии перераспределяются на другую щечку. Затем щечка выходит из зазора, и магнитные линии возвращаются на прежнее место. Описанное изменение магнитного поля F формирует в катушке W электрический сигнал $U_{ВЫХ}$, пропорциональный скорости этого изменения $U_{ВЫХ} = dF/dt$ (сигнал 1 рис. 7.2) .

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

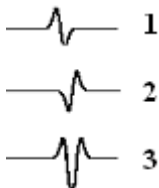


Рис. 7.2. Формирование сигнала датчиком ЛМ на муфтовом соединении

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

Последнее положение о зазоре требует особого замечания.

Как следует из описания работы дифференциального локатора муфт, при отсутствии зазора между свинченными трубами сигнал локатора муфт будет слабым, или даже он будет отсутствовать. Это будет свидетельствовать об ослабленном муфтовом соединении, т.е. о возможности возникновения негерметичности колонны в данном месте.

Форма сигнала, регистрируемого в зоне перфорации, зависит от диаметра перфорационных 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.

Задание:

1. Подключить лабораторный локатор муфт ЛМ-КП к разъему USB регистратора. Запустить программу регистрации (см. Приложение 1), включить режим регистрации.

2. Зарегистрировать диаграмму ЛМ, несколько раз перемещая стальную пластину по локатору муфт: вначале со скоростью 5 см/с, затем – со скоростью 20 см/с. Выключить регистрацию.

3. Повторить п.2, перемещая пластину над локатором муфт на высоте 5 мм, положив на локатор муфт тетрадь или часть книги соответствующей толщины.

4. Сформировать планшеты испытаний и объяснить поведение кривых.

5. Нарисовать схематический рисунок перераспределения магнитных линий, отображающую процесс формирования выходного сигнала локатора муфт в лабораторной работе, по аналогии с рис.7.1. Объяснить их.

6. Из какого материала выполнены катушка датчика, верхняя и нижняя опоры магнитов?

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

а) в электронном виде: два log-файла с именами «LR7_GIXY_Z-1, ...-2», полученных при выполнении работы;

б) текст на А4 (1 лист), включающий:

- два планшета испытаний локатора муфт;
- рисунок перераспределения магнитных линий;
- номер группы, бригады, фамилии студентов и название log-файлов.

Приложение 1.

Краткое описание регистратора Terminal 1.9b:

Основные возможности Terminal 1.9b:

- работает без инсталляции. Вся программа — один exe-файл размером около 300Кб;
- есть счетчик переданных и принятых байтов;
- есть возможность сохранять и отправлять файлы;
- помимо стандартных скоростей (Baud rate) есть возможность установить свою нестандартную;
- поддерживает до 64 COM-портов.
-

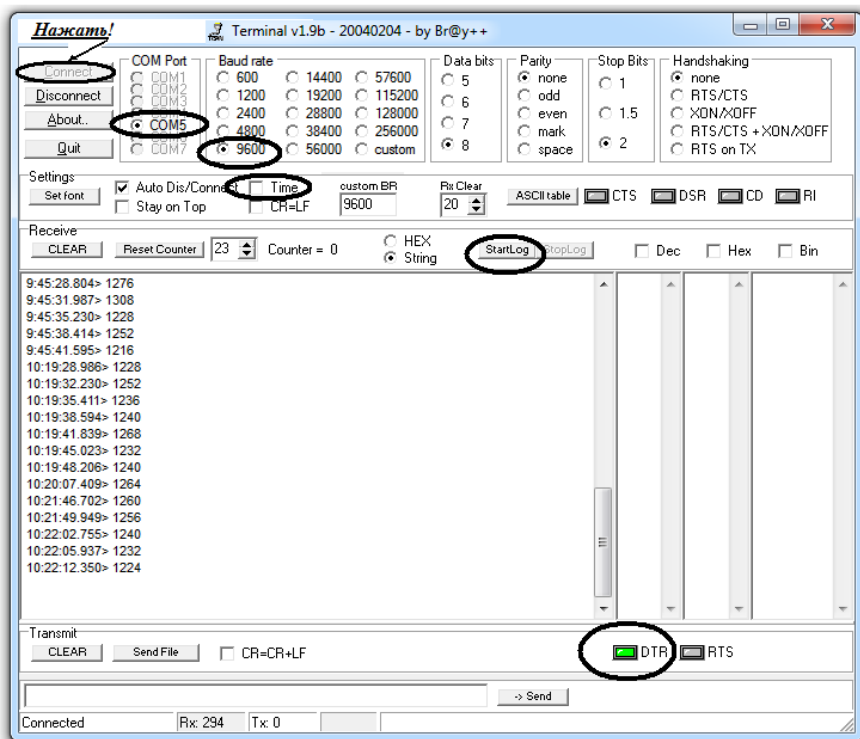


Рис. 10.1. Регистратор Terminal 1.9b.

Порядок работы с регистратором

1. Подключить к разьему USB компьютера пособие (термометр, модуль ГК и пр.) Запустить программу регистрации Terminal.exe (рис.10.1).

2. Зажечь кликом кнопку DTR. Программа должна автоматически настроиться на протокол обмена с устройством. Если нет настройки, то проверить соответствие всех цифровых значений на рисунке и на экране и, при необходимости, установить:

a. Baud rate = 9600;

b. номер COM Port уточнить в диспетчере устройств.

Нажать клавишу «Connect».

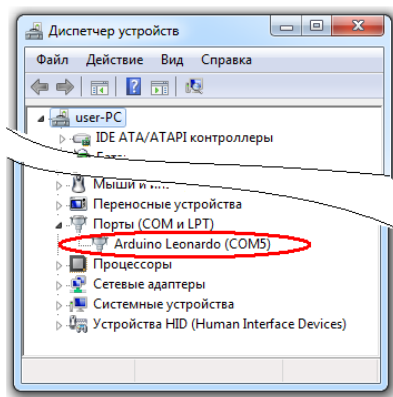


Рис. 10.2. Диспетчер устройств.

3. В окне визуализатора должны появиться текущие значения значений выходного сигнала испытуемого устройства.

4. Командой StartLog и заданием пути и имени файла регистрации включить регистрацию в файл. Выключение регистрации производить кнопкой StopLog.

Приложение 2.

Постоянная времени.

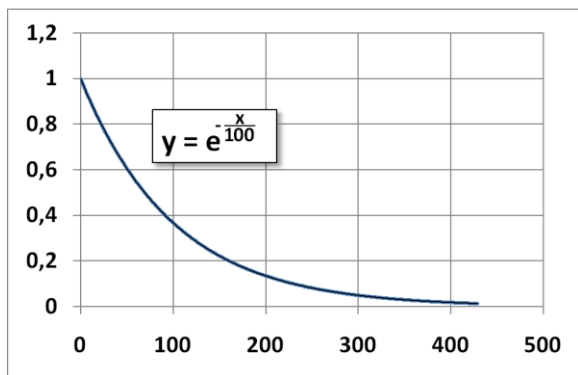


Рис. 10.3. Экспонента 1.

В природе переход из одного стабильного состояния системы в другое (рис. 10.3) происходит по экспоненциальной зависимости, которая описывается, например, формулой вида :

$$y = e^{-\frac{x}{100}}$$

Здесь число 100 характеризует скорость перехода с какого-то начального значения параметра (в данном случае с 1) до 0. Эта величина называется "постоянная времени", обозначается буквой τ (Тау).

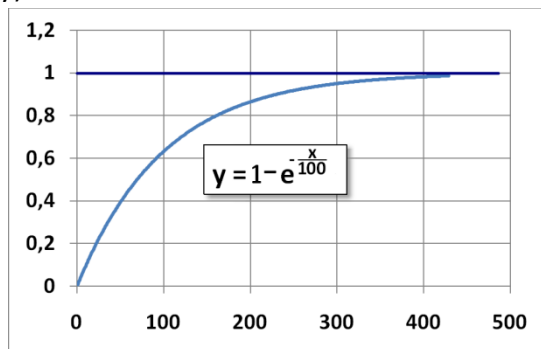


Рис. 10.4. Экспонента 2.

Переход от 0 к 1 также происходит по экспоненте, и в формуле перехода также присутствует константа "постоянная времени":

$$y = 1 - e^{-\frac{x}{100}}$$

В измерительных устройствах данный параметр является весьма важным. Для рисунка 10.4 он может быть рассчитан по зарегистрированным данным следующим образом.

1. Задать приблизительное значение исследуемого параметра, к которому стремится экспонента.

2. Рассчитать массив данных, равный разностям между заданным значением параметра и измеренными значениями диаграммы перехода.

3. Рассчитать значения натурального логарифма этих разностей, провести прямую линию тренда и вывести на экран уравнение линии и значения достоверности R^2 .

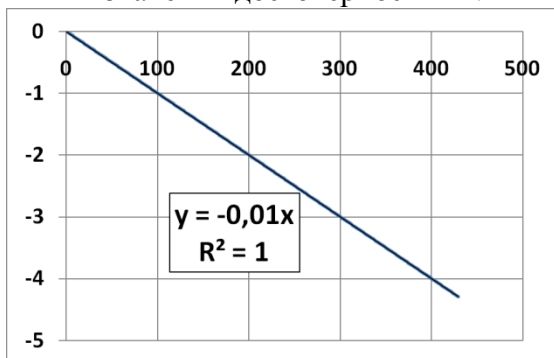


Рис. 10.5. Расчет параметра «постоянная времени».

4. Подбирая значение параметра, к которому стремится экспонента, добиться максимального значения достоверности R^2 .

5. Рассчитать значение константы «постоянная времени» данного перехода по формуле:

$$\tau = 1/0,01 = 100 \text{ секунд.}$$