



ВЗРЫВНЫЕ СИСТЕМЫ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Руководитель МПК: д.т.н Ганигин С.Ю.

Интеллектуальная система управления геофизическими устройствами в нефтяных и газовых скважинах



Заявлено по ТЗ

- Разработка математической модели , алгоритмов аппроксимации программного обеспечения для калибровки модуля измерений давления с термокомпенсацией, применяемого в гидроимпульсной геофизической телеметрической системе управления скважинными процессами.

Фактически готово

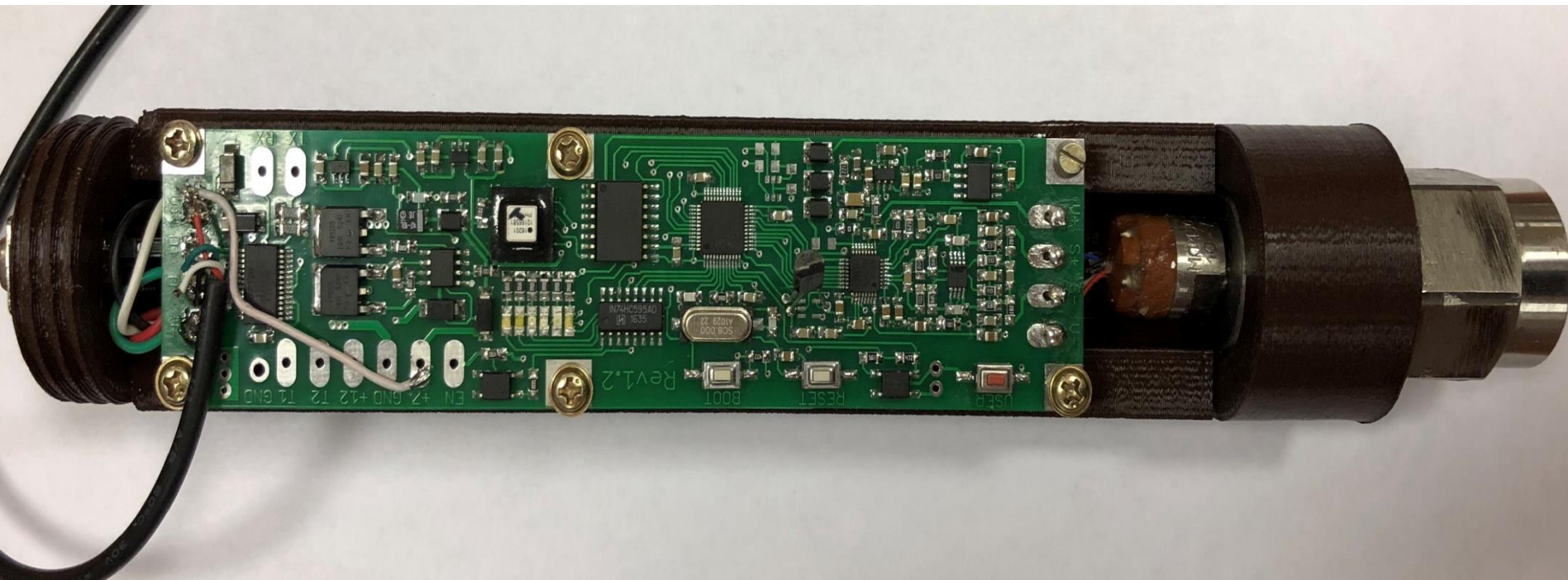
Первый этап

- В проекте с целью снижения себестоимости выбраны тензометрические датчики давления без термокомпенсации

Стоимость одного такого датчика прим. 3000 руб.

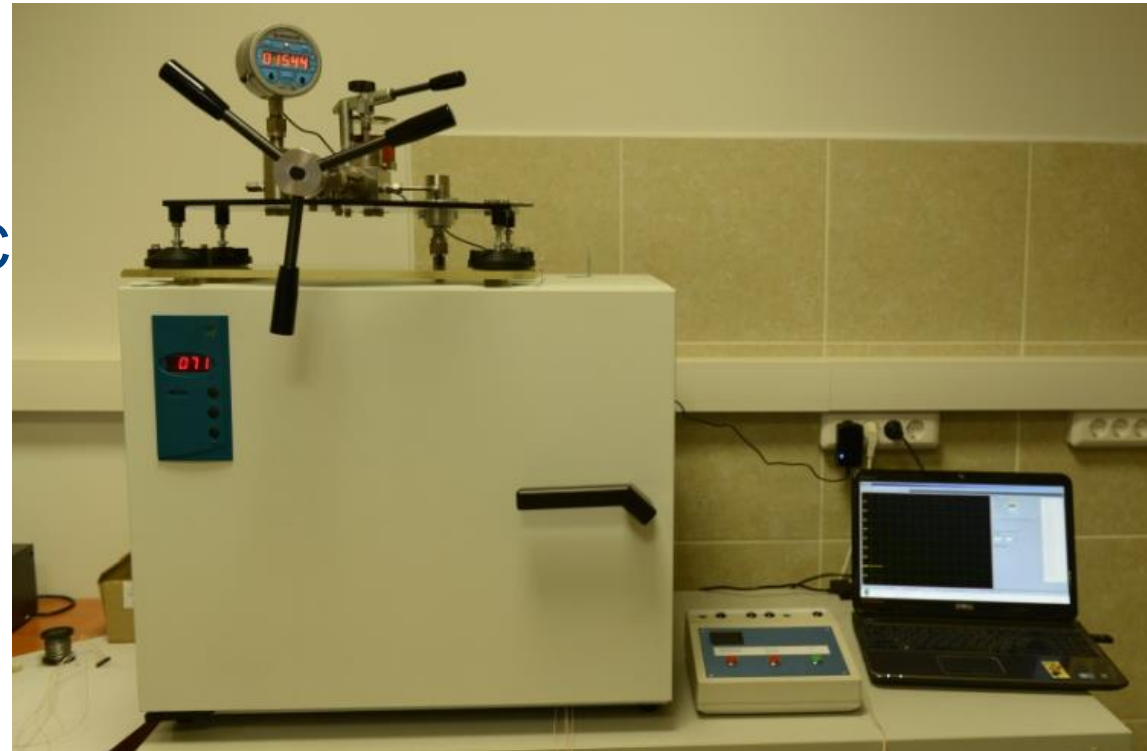
Стоимость датчика с термокомпенсацией прим. 40 тс. руб.

Более того, использование датчика с термокомпенсацией не исключает необходимости предварительной калибровки системы перед работой.



Дополнительная погрешность от
воздействия температуры окружающей
среды $\%F_s/1^\circ$

Опыты с датчиком
724645 показывают, что
при нагревании до 100°C
реальные отклонения
показаний составляли 29
атм от измеряемых
эталонным манометром
на давлении 500 атм;



Для обеспечения штатной работы системы управления разработан специальный калибровочный стенд



САМАРСКИЙ
ПОЛИТЕХ
Опорный университет



Методика проведения калибровки

Основывается на формуле:

$$P(V,T)=k_0+k_1*T+k_2*T^2+(k_3*V+k_4*V^2)^2+[1+k_5*T+k_6*T^2]$$

Технические средства проведения калибровки

1. Калибровочный стенд, включающий гидравлическое устройство сравнительной калибровки ГУСК – 600 с манометром ДМ-5002;
2. Термошкаф;
3. Плата МПСИ 3997775;
4. Датчик 724645;
5. Сервисное ПО;
6. Компьютер с операционной системой Win7;
7. ПО Matlab с надстройкой CurveFitting;

Последовательность калибровки



Задавая на пульте термошкафа температуры в диапазоне 25 – 125 градусов Цельсия измеряют напряжения на входе аналого-цифрового преобразователя. При этом формируют таблицу данных (в сервисном ПО формуруется автоматически)

| Температура | Напряжение | Давление, атм |
|-------------|------------|-----------------------------|
| 25 | | 0, 50, 100, 150, 200...1000 |
| 50 | | 0, 50, 100, 150, 200...1000 |
| 75 | | 0, 50, 100, 150, 200...1000 |
| 100 | | 0, 50, 100, 150, 200...1000 |
| 125 | | 0, 50, 100, 150, 200...1000 |

Полученные данные ПО в результате тестовых воздействий давления и температуры на калибровочном стенде



-15,1652115780367;0,520366609096527;26
-15,1777285549317;0,556808531284332;27
-15,1783246014505;0,59199994802475;26
-15,1377934381716;0,610922873020172;26
-15,1819008805634;0,627252459526062;26
4,50670772870871;50,7610473632813;26
4,03642702536905;50,0646629333496;26
4,01556539721076;50,1013298034668;26
3,99529981557129;50,0472297668457;26
3,92854260546477;50,0294456481934;28
23,5325126090661;100,452301025391;28
23,4383372590944;100,203147888184;26
23,383500979364;100,078468322754;28
23,5527781907056;100,275024414063;27
23,4937695853436;100,294364929199;28
42,8324988880752;150,194778442383;26
42,7979281899843;150,066925048828;26
43,0268100532067;150,709655761719;26
42,9415754010171;150,586975097656;27
42,8557447023087;150,440322875977;28
62,4269321473756;200,881820678711;26
62,4859407527376;200,934783935547;28
62,2117593540858;200,382308959961;26
62,161691446506;200,023361206055;28
62,4233558682628;200,362457275391;26
81,6953279608879;250,481643676758;28
81,6279747042626;250,306991577148;26
81,5212823773959;250,073104858398;27
81,9069244750648;250,94938659668;26
81,8514921488157;250,80549621582;28
101,330292383467;300,369415283203;28

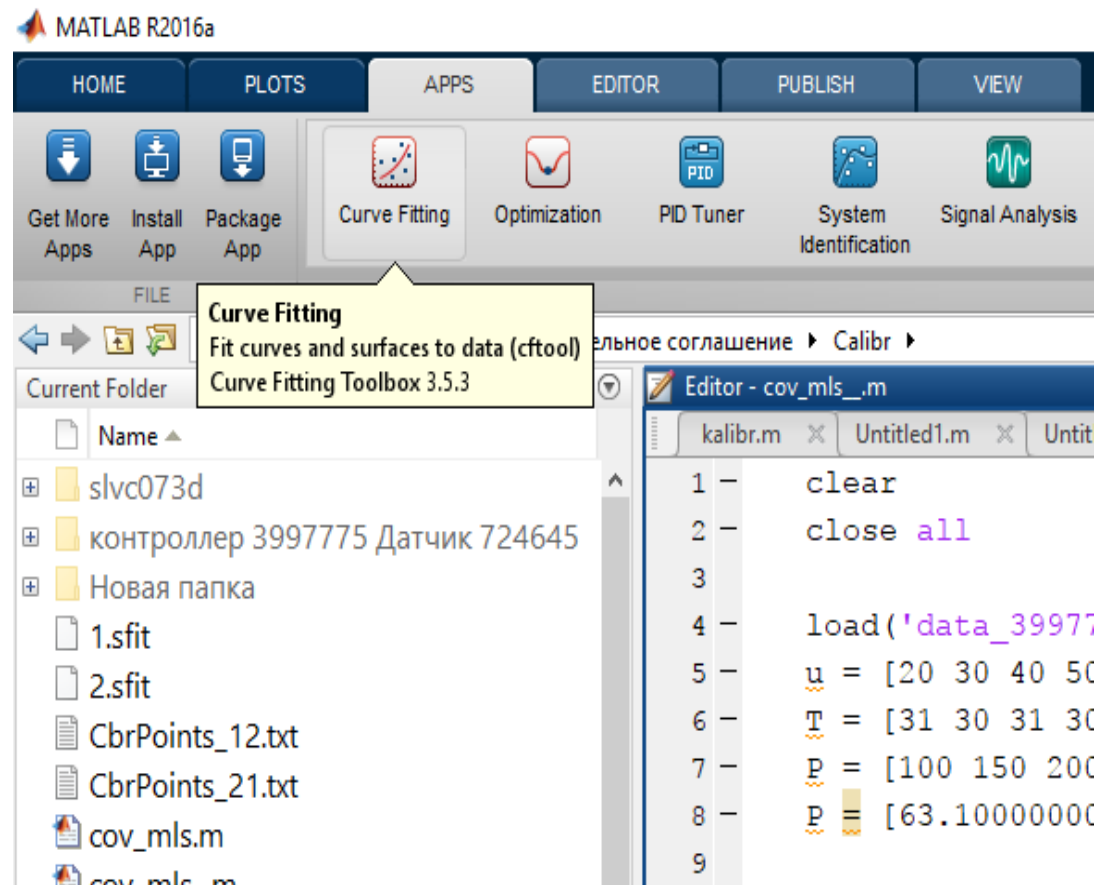
101,159823079088;300,708129882813;26
101,055514938297;300,474609375;27
100,986373542115;300,190551757813;26
100,974452611739;300,121643066406;28
120,061650283533;350,311584472656;26
120,394840287547;350,026275634766;26
120,307221449282;350,115905761719;28
120,737567035862;350,881805419922;26
120,623126104251;350,918304443359;26
139,820592382025;400,354583740234;28
139,754431218437;400,30224609375;26
139,626281216893;400,052642822266;26
139,980928895584;400,99853515625;26
139,943377964899;400,783569335938;28
159,310717500534;450,918487548828;28
159,298796570158;450,683624267578;26
159,14263238223;450,452941894531;26
159,056205637003;450,222778320313;26
158,953685635768;450,009033203125;28
197,82187912725;550,261535644531;26
197,715186800383;550,154479980469;26
198,059105641735;550,834838867188;28
198,020362618013;550,70947265625;27
197,929763547154;550,585144042969;26
178,529045406466;500,069122314453;28
178,212544704979;500,443328857422;26
178,468248661548;500,179321289063;28
178,450367265983;500,160064697266;26
178,447983079908;500,158508300781;26
217,239882616983;600,277526855469;26
217,084910522093;600,084045410156;26

217,239882616983;600,277526855469;26
217,084910522093;600,084045410156;26
217,224981454013;600,331298828125;28
217,120077266702;600,139404296875;28
217,133786336635;600,0830078125;26
256,128937736623;700,557250976563;26
256,024033549313;700,594970703125;26
255,941779129717;700,306274414063;26
255,854756337971;700,147033691406;28
256,254107505573;700,808776855469;28
236,452846104246;650,592712402344;26
236,40575842926;650,0068359375;27
236,4957614536;650,114990234375;28
236,519007267834;650,130737304688;26
236,519603314352;650,187133789063;26
255,934030524973;700,209838867188;28
255,898267733844;700,226013183594;26
255,835682849369;700,047912597656;27
256,29046634322;700,599853515625;26
256,204635644512;700,852966308594;26
236,347941916936;650,317504882813;26
236,619739129512;650,441955566406;28
236,783651922184;650,816955566406;26
236,789612387373;650,816528320313;27
236,781863782628;650,888793945313;28
217,265512617292;600,353942871094;26
217,300083315382;600,499694824219;26
217,378761455865;600,567138671875;28
217,337634246067;600,67431640625;26
217,449094945084;600,763610839844;27
197,452330285589;550,173400878906;28

Полученный файл с расширением txt хранится в папке программы и имеет название, содержащее дату, номер платы МПСИ и номер датчика;
Полученный файл загружается в систему матлаб.

Переменная с табличными значениями сохраняется в формате матлаб с именем data.mat.

При этом следует сформировать переменные:
u – напряжение,
T – температура,
P – давление;



Загружаем переменные

$x - u, y - T, z - P;$

Выбираем
двумерный
показано

аппроксимирующую функцию
полином с параметрами как



САМАРСКИЙ
ПОЛИТЕХ
Опорный университет

Curve Fitting Tool

File Fit View Tools Desktop Window Help

untitled fit 1 x untitled fit 2 x +

Fit name: untitled fit 2

X data: u

Y data: T

Z data: P

Weights: (none)

Polynomial

Degrees: x: 1 y: 3

Robust: LAR

Center and scale

Fit Options...

Auto fit

Fit

Stop

Results

Equation is badly conditioned. Remove repeated data points or try centering and scaling. Iteration limit reached for robust fitting.

Fit computation did not converge.

Fit found when optimization terminated:

Linear model Poly13:

$$f(x,y) = p00 + p10x + p01y + p11xy + p02y^2 + p12xy^2 + p03y^3$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

p00 = 27.5 (26.73, 28.27)

p10 = 2.451 (2.449, 2.453)

p01 = -0.4125 (-0.4478, -0.3773)

p11 = 0.0009333 (0.0008675, 0.0009992)

p02 = 0.002671 (0.002174, 0.003168)

p12 = 1.271e-05 (1.228e-05, 1.314e-05)

p03 = -1.857e-05 (-2.078e-05, -1.636e-05)

Goodness of fit:

SSE: 36.81

R-square: 1

Adjusted R-square: 1

RMSE: 0.3632

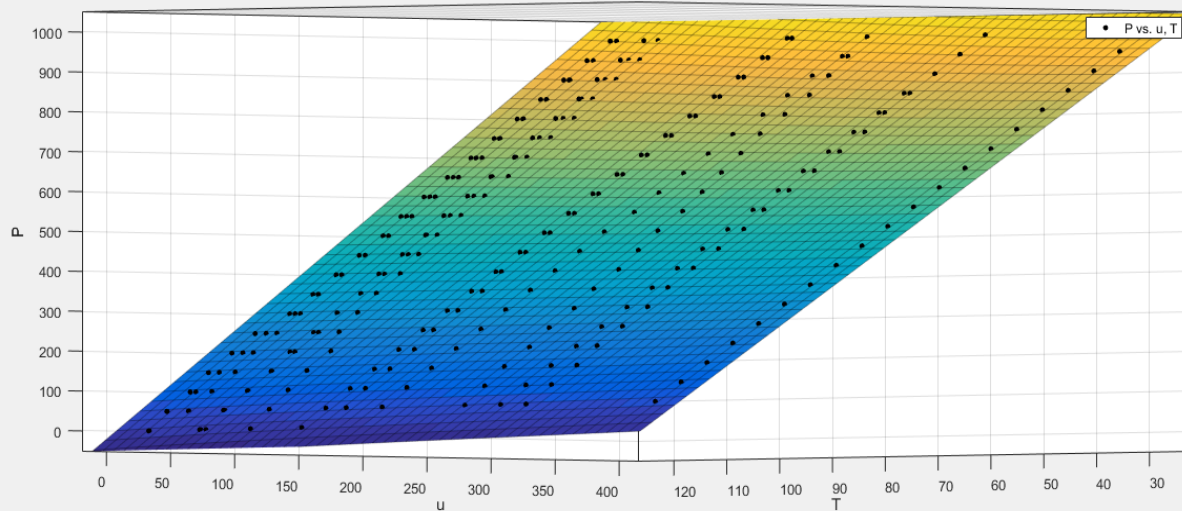


Table of Fits

| Fit name | Data | Fit type | SSE | R-square | DFE | Adj R-sq | RMSE | # Coeff | Validation Data | Validation SSE | Validation R |
|----------------|------------|---|------------|----------|-----|----------|----------|---------|-----------------|----------------|--------------|
| untitled fit 1 | P vs. u, T | $a + b \cdot \sin(m \cdot \pi \cdot x \cdot y) + c \cdot \exp...$ | 2.4618e+07 | 0.0023 | 281 | -0.0119 | 295.9848 | 5 | | | |
| untitled fit 2 | P vs. u, T | poly13 | 36.8071 | 1.0000 | 279 | 1.0000 | 0.3632 | 7 | | | |

ФГБОУ ВО "СамГТУ"

Идентификационный № МПСИ

Серийный № датчика давления

Показания датчиков МПСИ

Температура, °C

Давление, атм

Ускорение, mg

Индикация работы МПСИ

- Параметры записаны в устройство
- Температура поднялась до порога регистрации
- Инициирование разрешено
- Сигнал имитации инициирования
- Имитация инициирования прошла успешно
- Питание подано, устройство работает нормально

Подготовка МПСИ к работе

Депассивация батарей

Депассивация не проводилась

Имитация инициирования

Параметры проекта

Калибровка

Тест МПСИ

Пользователи

Журнал

Перфорация

Считать данные из МПСИ

График СПО

Серийный № датчика давления

Сохранить № датчика давления

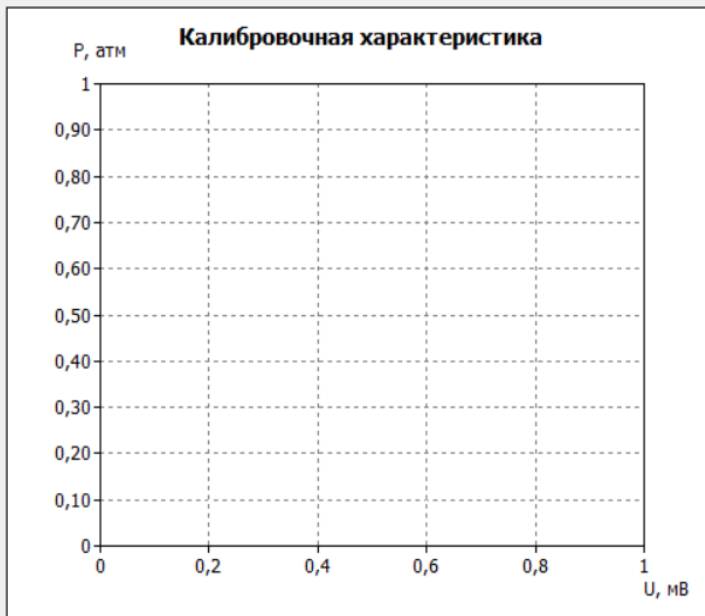
Напряжение, мВ

Давление, атм

Добавить точку калибровки

| № | U, мВ | P, атм | T, °C |
|---|-------|--------|-------|
| | | | |

Остановить калибровку



Калибровочные коэффициенты

- B1
- B2
- B3
- B4
- B5
- B6
- B7
- C

Сохранить коэффициенты

Свидетельство о калибровке

СВИДЕТЕЛЬСТВО О КАЛИБРОВКЕ №

Действительно до

| | |
|-------------------------------------|---|
| Калибруемый комплекс | МПСИ <small>(наименование, тип, модификация)</small> |
| Заводской № устройства (платы МПСИ) | 4390972 <small>(заводской номер микроконтроллера - считан из программы)</small> |
| Тип датчика и производитель | ООО "Микротензор", г. Орёл <small>(из паспорта датчика)</small> |
| Заводской № датчика | 754641 <small>(из паспорта датчика или выгравировано на корпусе)</small> |
| Калибровочные коэффициенты датчика | В (Нуль) = -0,3 К (Шкала) = 132 <small>(калибровочные коэффициенты из паспорта)</small> |
| Применяемые средства измерения | Манометр ДМ 5002 <small>(эталонный манометр)</small> |
| Откалибровано в соответствии с | Методика калибровки МПСИ <small>(наименование документа, на основании которого выполнена калибровка)</small> |

При следующих значениях влияющих факторов:

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Температура (минимальная), °С | 20 |
| Температура (максимальная), °С | 125 |
| Относительная влажность, % | 68 |
| Атмосферное давление, мм рт. ст. | 745 |
| Напряжение сети питания, В | 220 |
| Частота сети питания, Гц | 50 |
| Начальное напряжение на входе АЦП, мВ | -0,1317 |

На основании проведенной калибровки установлены следующие калибровочные коэффициенты:

| | |
|------------------|-----------------|
| Напряжения (В1) | 2,5690000 |
| Температуры (В2) | 0,1787000 |
| | (В3) 0,0015640 |
| | (В4) -0,0027260 |
| | (В5) 0,0000080 |
| | (В6) -0,0000040 |
| | (В7) 0,0000000 |
| Нуль (С) | 639,5999760 |

Начальник участка
Должность руководителя
инженер
Должность исполнителя

Подпись

Подпись

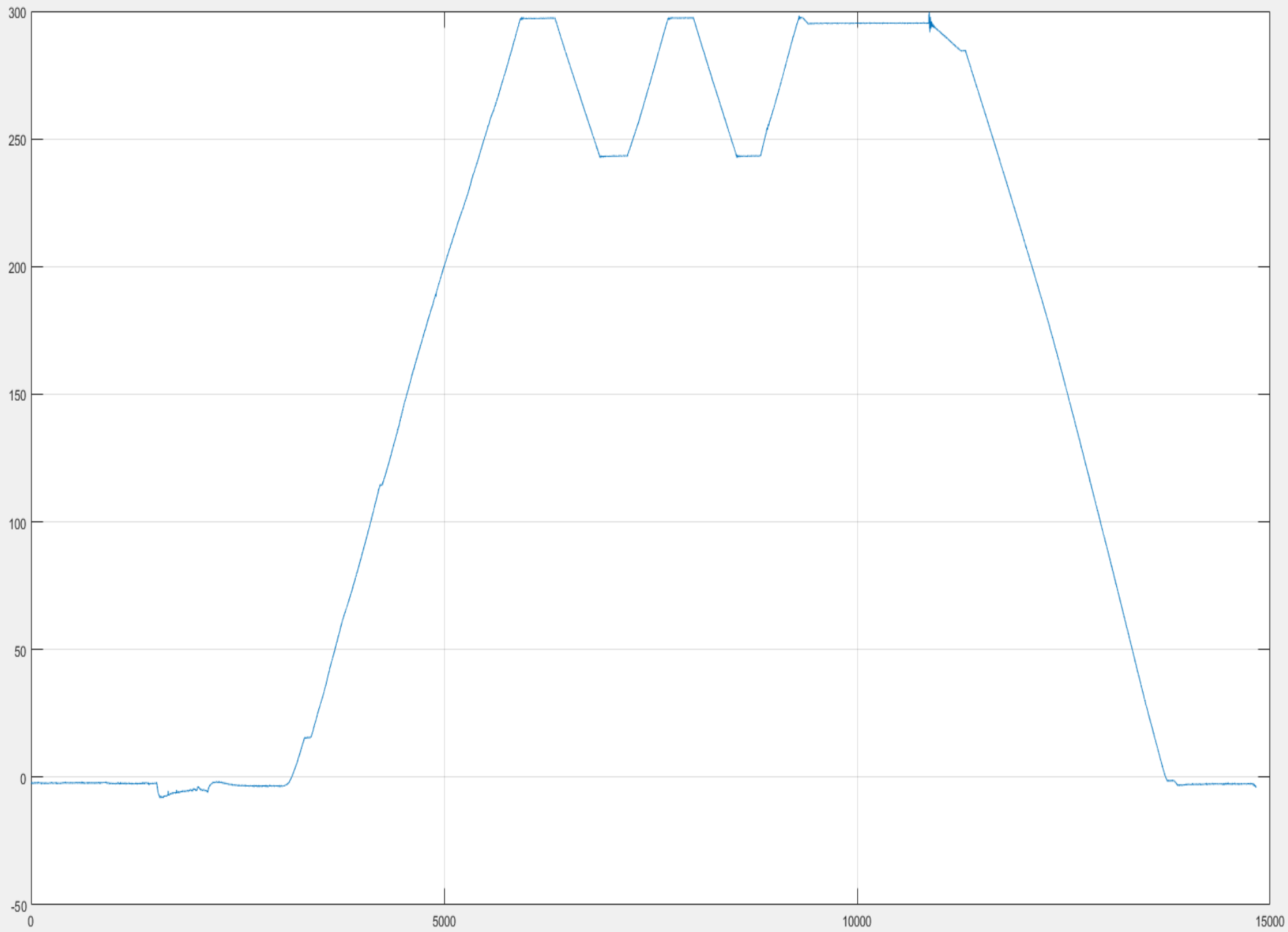
И.И. Иванов
Инициалы, Фамилия
П.П. Петров
Инициалы, Фамилия

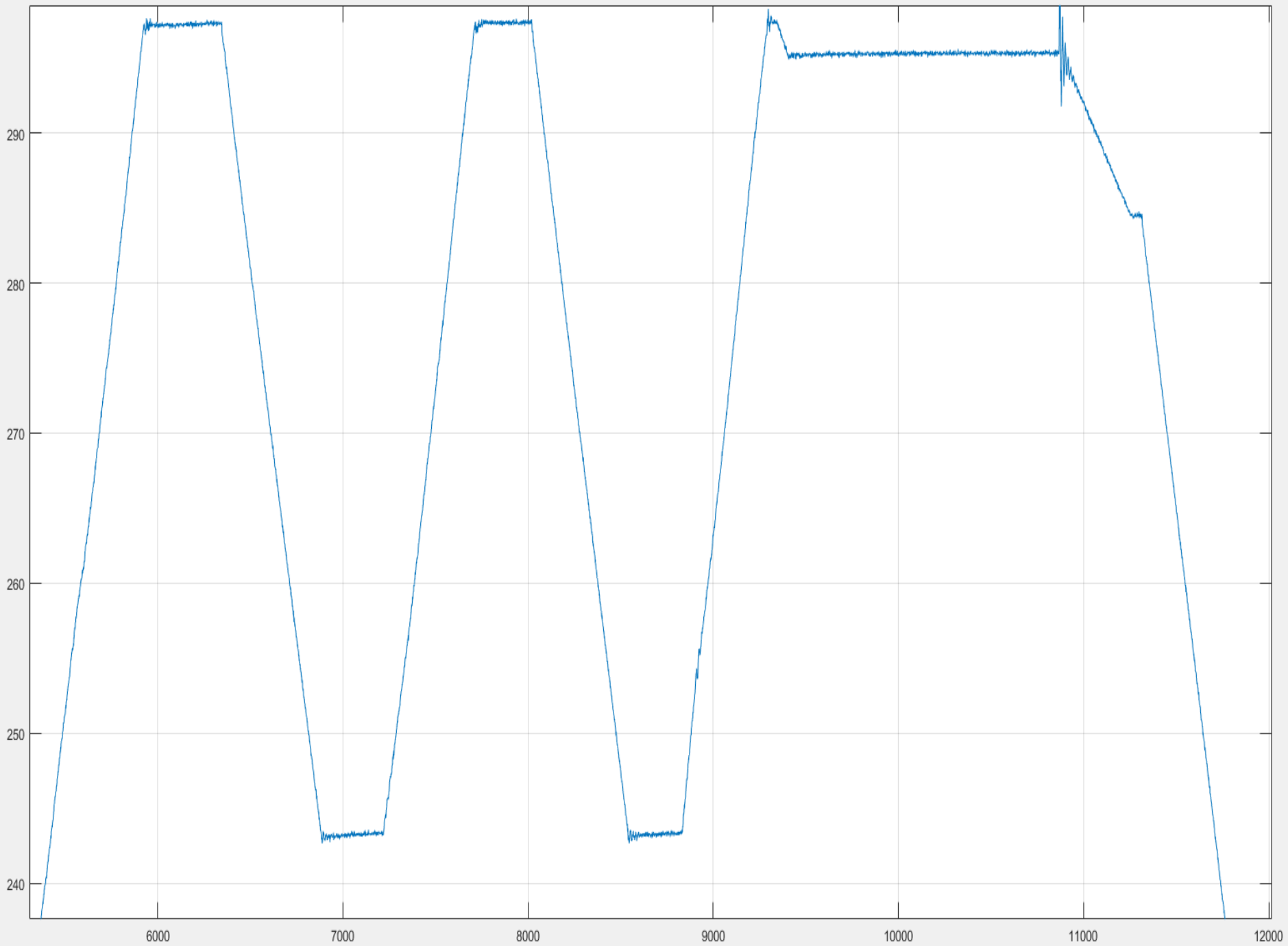
Дата калибровки: 17.11.2017

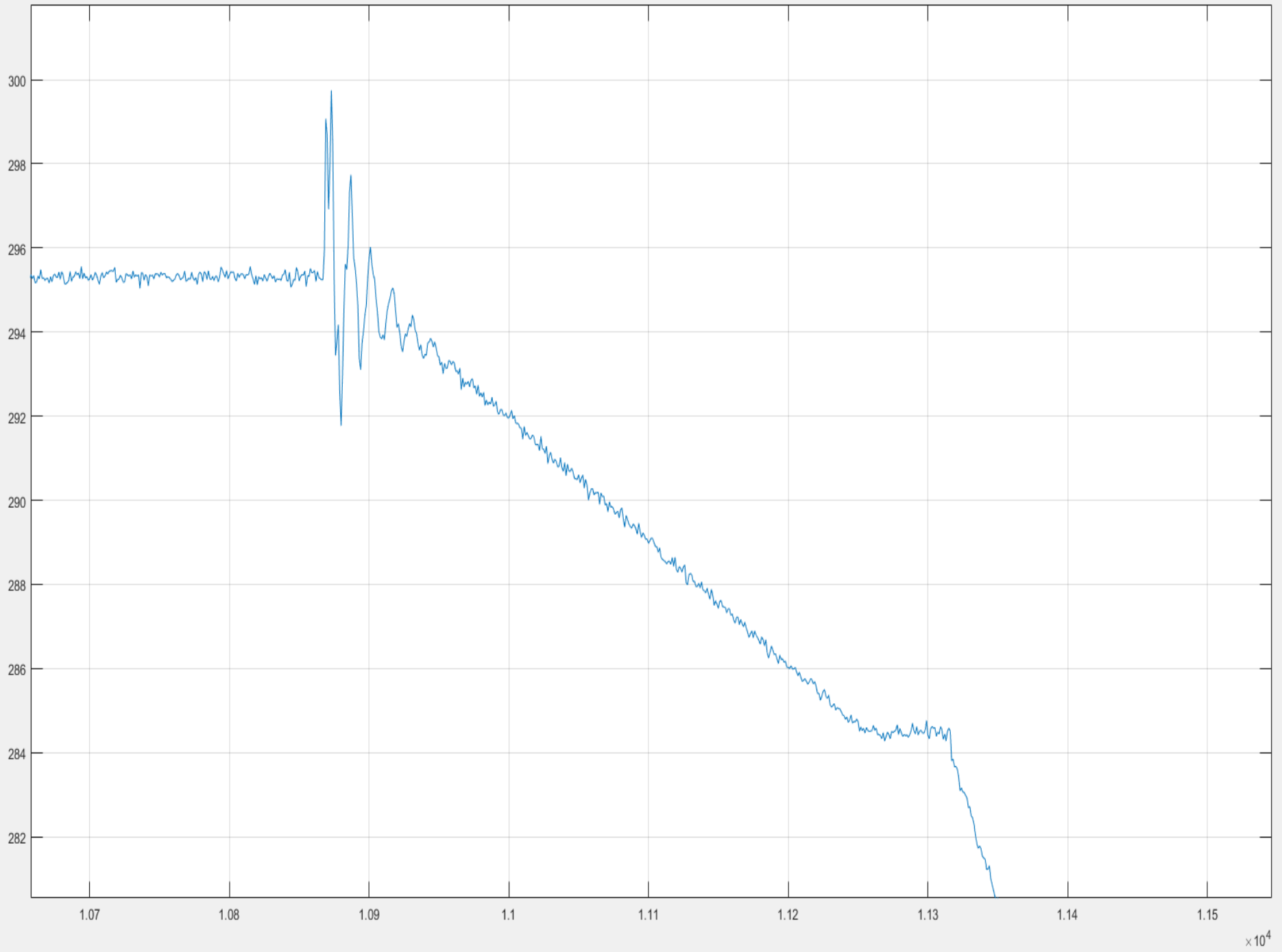
После проведения калибровки
на изделие выдается
Свидетельство о калибровке

Проведение испытаний в скважине









$\times 10^4$

Спасибо

Tel: +7-927-722-90-81

Mail: ganigin.s.yu.@yandex.ru