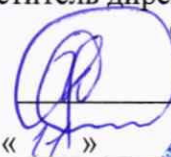


СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по инновациям
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

« 11 »

2020 г.



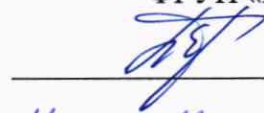
Государственная система обеспечения единства измерений

Устройства калибровочные внутритрубные

Методика поверки

МП 054.Д4-20

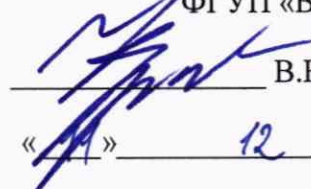
Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»



С.Н. Негода

« 11 » 12 2020 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»



В.Н. Крутиков

« 11 » 12 2020 г.

Москва
2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения.....	3
2 Перечень операций поверки средства измерений.....	3
3 Требования к условиям проведения поверки.....	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7 Проведение поверки.....	5
7.1 Внешний осмотр средства измерений.....	5
7.2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	5
7.3 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	6
7.4 Определение метрологических характеристик средства измерений.....	7
7.4.1 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы).....	7
7.4.2 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь.....	8
8 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям.....	15
9 Оформление результатов поверки.....	17
Приложение А (Рекомендуемое).....	18

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на устройства калибровочные внутритрубные (далее – устройства), предназначенные для измерений глубины дефекта геометрии трубы, выступающего внутрь и координаты дефекта вдоль оси трубы при проведении внутритрубного диагностирования магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, и устанавливает методы и средства их первичной и периодических поверок. По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 2-2010. Поверка выполняется методом прямых измерений.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

1.3 Метрологические характеристики устройств указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Обозначение устройства	Типоразмер (диаметр)		Наименование характеристики		
	мм	дюйм	Диапазон измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, мм	Диапазон измерений координат дефекта (вдоль оси трубы), мм	
12-ВКУ.00-00.000	325,0	12	от 4 до 28	от 278 до 18000	
	355,6	14 API			
	377,0	14			
16-ВКУ.00-00.000	406,4	16 API	от 4 до 30		
	426,0	16	от 4 до 33		
	457,0	18 API	от 4 до 37		
	508,0	20 API	от 4 до 43		
	530,0	20	от 4 до 46		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, мм			± 2		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы), мм			± (34+0,0083·L) где L – измеренная координата дефекта (вдоль оси трубы), мм		

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции первичной и периодической поверок

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			Первичной поверке	Периодической поверке
1	Внешний осмотр средства измерений	7.1	Да	Да
2	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7.2	Да	Да
3	Проверка программного обеспечения средства измерений	7.3	Да	Да

4	Определение метрологических характеристик	7.4	Да	Да
5	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)	7.4.1	Да	Да
6	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь	7.4.2	Да	Да

2.2 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2.3 Поверка устройства прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, а устройство признают не прошедшим поверку.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура окружающего воздуха, °С: (20 ± 2) ;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа (100 ± 4) .

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие настоящую методику поверки и руководство по эксплуатации устройства;
- прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Номер пункта (раздела) методики поверки	Наименование средства измерения или вспомогательного оборудования, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.4.1	Штангенциркуль ШЦЦ-1 (далее – штангенциркуль) (рег. № 52058-12). Диапазон измерений от 0 до 250 мм; Шаг дискретности цифрового отсчетного устройства 0,01 мм; Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,04$ мм.
7.4.2	Меры длины концевые плоскопараллельные, Набор № 1 (далее – концевые меры) (рег. № 9291-91). Длины мер от 0,5 до 100,0 мм (83 шт.); Класс точности 2 в соответствии с ГОСТ 9038-90.

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых устройств с требуемой точностью.

5.3 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Работа с устройством и средствами поверки должна проводиться согласно требованиям безопасности, указанным в нормативно-технической и эксплуатационной документации на устройства и средства поверки.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр средства измерений

7.1.1 Внешним осмотром устройства должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер;
- соответствие устройства требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие на наружных поверхностях устройства повреждений, влияющих на его работоспособность, и загрязнений, препятствующих проведению поверки;
- соответствие комплектности устройств требованиям эксплуатационной документации.

7.1.2 Устройство считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если оно соответствует требованиям, приведенным в пункте 7.1.1.

7.2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.2.1 Если устройство и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в пункте 6.1, то их выдерживают при этих условиях не менее часа, или времени, указанного в эксплуатационной документации.

7.2.2 Перед проведением поверки средства поверки и устройство подготовить к работе в соответствии с их руководствами по эксплуатации (далее – РЭ).

7.2.3 Запустить программное обеспечение (далее – ПО) «Терминал ОПТ» в режиме «Техник» согласно РЭ на устройство (рисунок 1).

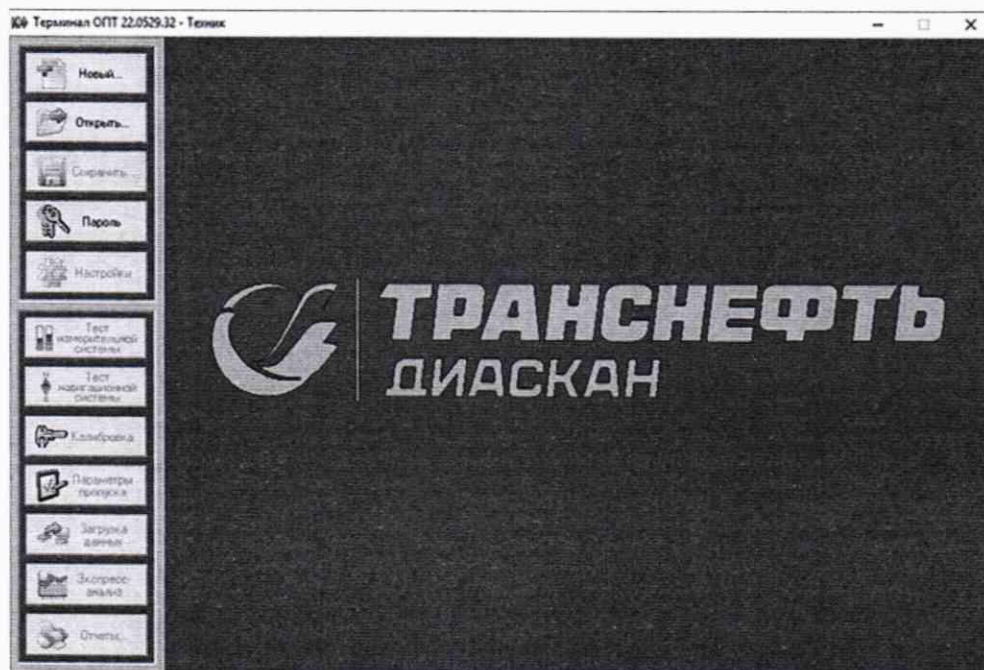


Рисунок 1 – Запуск программы «Терминал ОПТ»

7.2.4 Проверить в окне «Тест измерительной системы» (рисунок 2) отображение показаний датчиков: напряжение питания, тока, давления, внешней и внутренней температуры, уровень маркерного сигнала, счетчик затраченного энергоресурса, счетчики одометров, показания датчиков угла крена, показания датчиков углового перемещения.

7.2.5 Устройство считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если отображаются показания всех датчиков, приведенных в пункте 7.2.4.

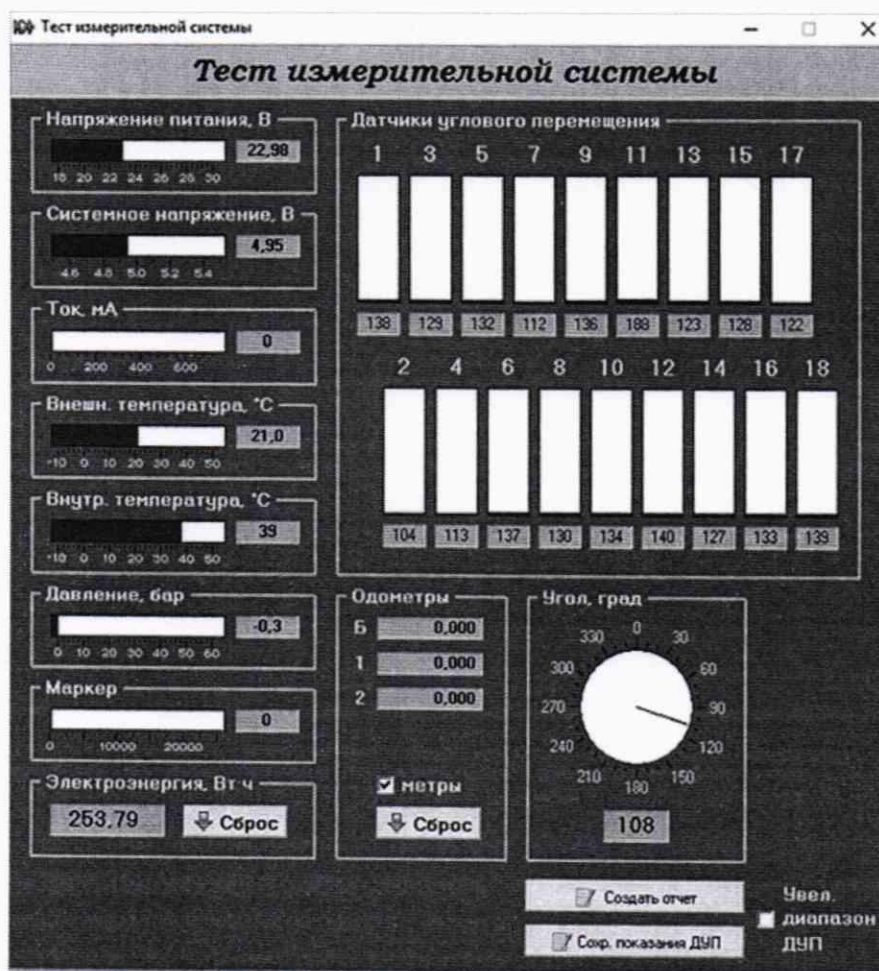


Рисунок 2 – Окно «Тест измерительной системы»

7.3 Проверка программного обеспечения средства измерений

7.3.1 Выполнить пункт 7.2.3.

7.3.2 Идентификационные данные ПО отображаются в верхнем левом углу окна программы.

7.3.3 Устройство считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Терминал ОПТ
Номер версии (идентификационный номер) ПО	22.0529.32 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

7.4 Определение метрологических характеристик средства измерений

7.4.1 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)

7.4.1.1 Определение диапазона измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) выполняется при помощи колеса одометра, входящего в состав устройства, координата дефекта (вдоль оси трубы) эквивалентна пройденному пути колесом одометра. Диаметр колеса предварительно измеряется штангенциркулем десять раз в разных точках и определяется среднее его значение $d_{ср}$, мм.

7.4.1.2 Для проведения сличения на подключенном к устройству компьютере запустить программу «Терминал ОПТ» и открыть окно «Тест измерительной системы» (рисунок 3).

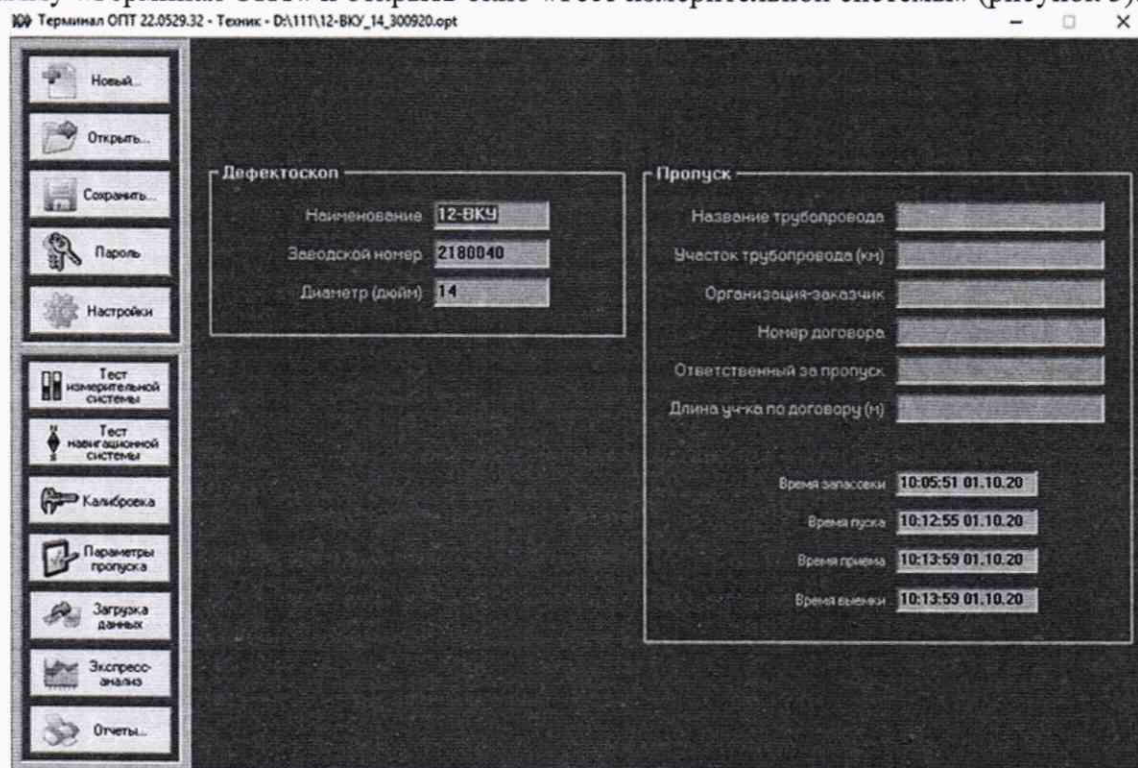


Рисунок 3 – Окно программы «Терминал ОПТ»

При проведении работ с одометром дефектоскопа используется окно «Одометры» с установленной галочкой в поле «Метры» (рисунок 2).

В качестве нижней границы диапазона измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) принимается значение, которое соответствует одному полному обороту колеса одометра. Для этого соединить риску, нанесенную на колесе, с риской, нанесенной на держателе, и совершить один полный оборот до момента, когда риски снова сойдутся на одном уровне. Зафиксировать полученное значение $l_{окрлк}$, мм.

Повторить измерения для количества оборотов (n_k) 2, 3, 4, 5, 10, 20 и т.д. до количества оборотов, указанных в таблице 5.

Таблица 5 – Количество оборотов колеса одометра для контроля верхней границы диапазона измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)

Обозначение устройства	Типоразмеры устройства		Количество оборотов (n_k) для контроля верхней границы диапазона измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)
	мм	дюйм	
12-ВКУ.00-00.000	325,0	12	63
	355,6	14 API	
	377,0	14	

16-ВКУ.00-00.000	406,4	16 API
	426,0	16
	457,0	18 API
	508,0	20 API
	530,0	20

7.4.1.3 Провести измерения по пункту 7.4.1.2 еще 2 раза и рассчитать среднее значение измерений координат дефекта (вдоль оси трубы).

7.4.1.4 Повторить пункты 7.4.1.1 – 7.4.1.3 для каждого колеса одометра устройства.

7.4.1.5 Обработку результатов измерений и расчёт абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) проводить в соответствии с пунктом 8.1.

7.4.2 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь

7.4.2.1 Перед проведением измерений на устройство устанавливается специализированное калибровочное устройство из состава комплекта инструмента и принадлежностей устройства, производится процедура установки нуля и построение калибровочной кривой при помощи калибровочных пластин из состава вспомогательного оборудования устройства.

7.4.2.2 Для проведения калибровки в ПО открывается окно калибровки (рисунок 4), затем последовательно устанавливаются пластины в пазы калибровочного устройства в соответствии с РЭ и в окне программы «Терминал ОПТ» фиксируется полученное значение глубины дефекта трубы.



Рисунок 4 – Окно калибровки

7.4.2.3 Для определения диапазона измерений глубины дефекта трубы, выступающего внутрь, перевести устройство в режим пропуска, заблаговременно установив настройки в «Параметры пропуска», как показано на рисунках 5-8. Установить в калибровочное устройство калибровочную пластину с минимальным номинальным значением из набора калибровочных пластин из состава вспомогательного оборудования устройства.

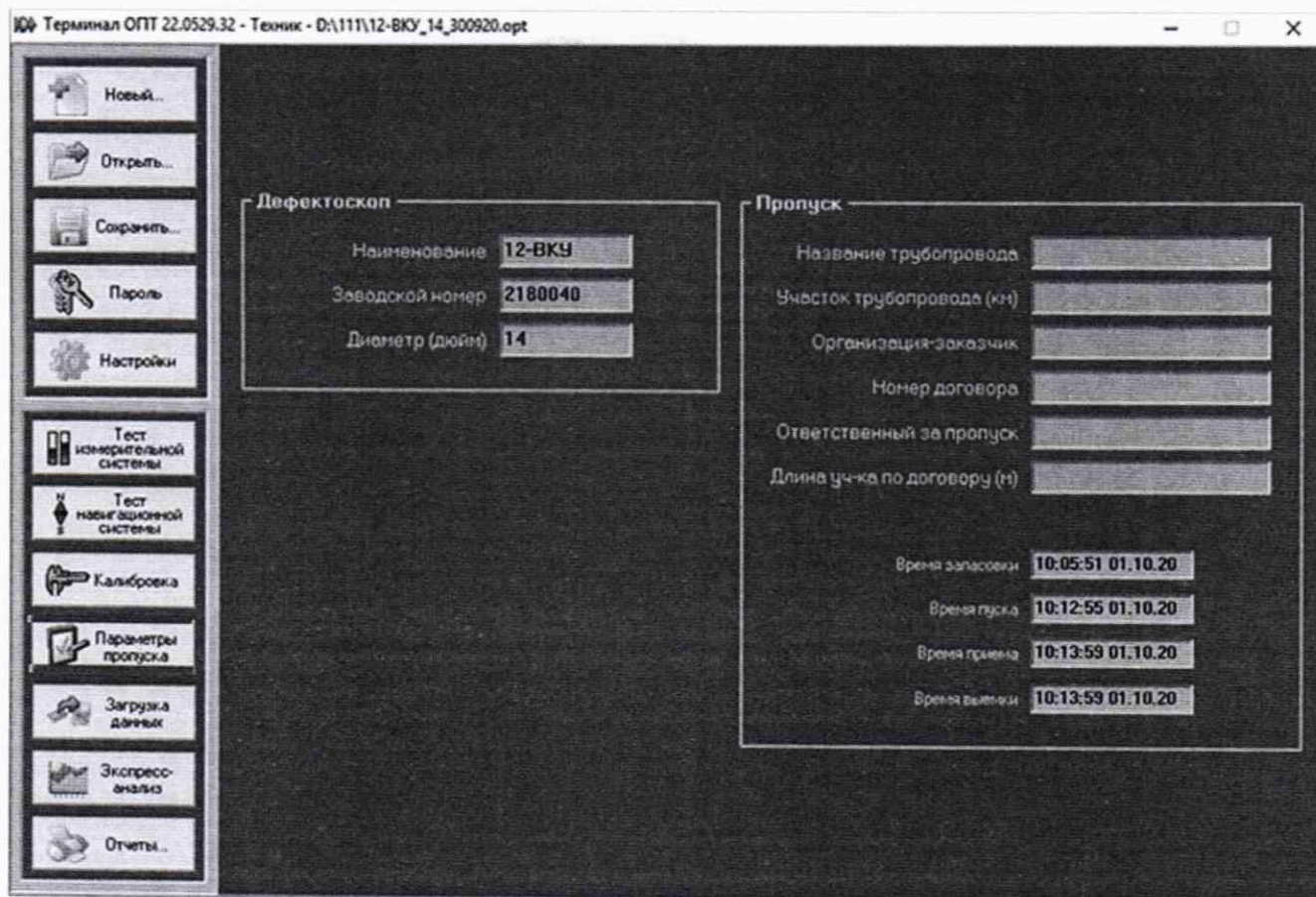


Рисунок 5 – Окно программы «Терминал ОПТ»

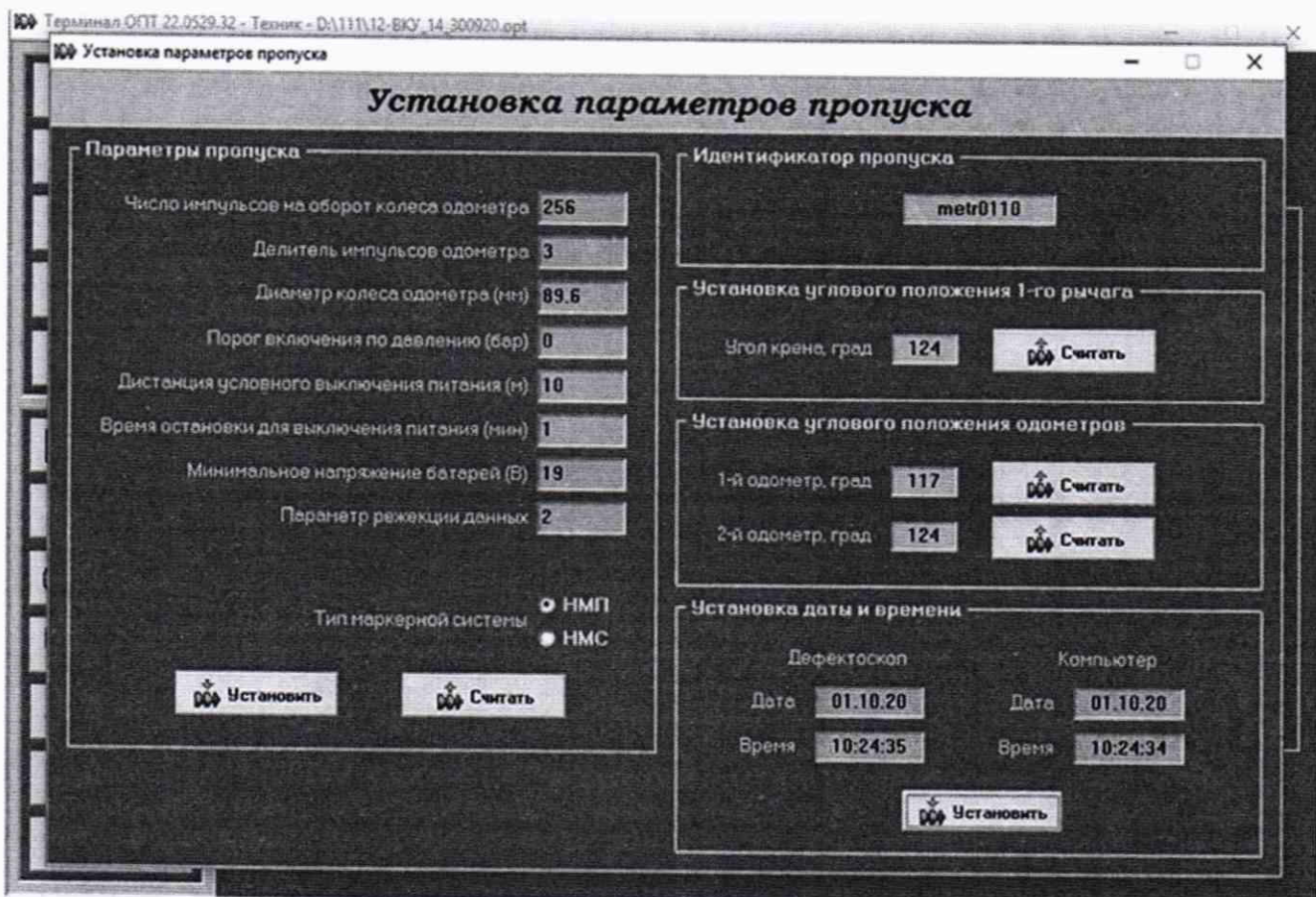


Рисунок 6 – Окно установки параметров пропуска

После нажатия кнопки «установить» данные заносятся в «Терминал ОПТ», а после нажатия кнопки «считать» - в память устройства.

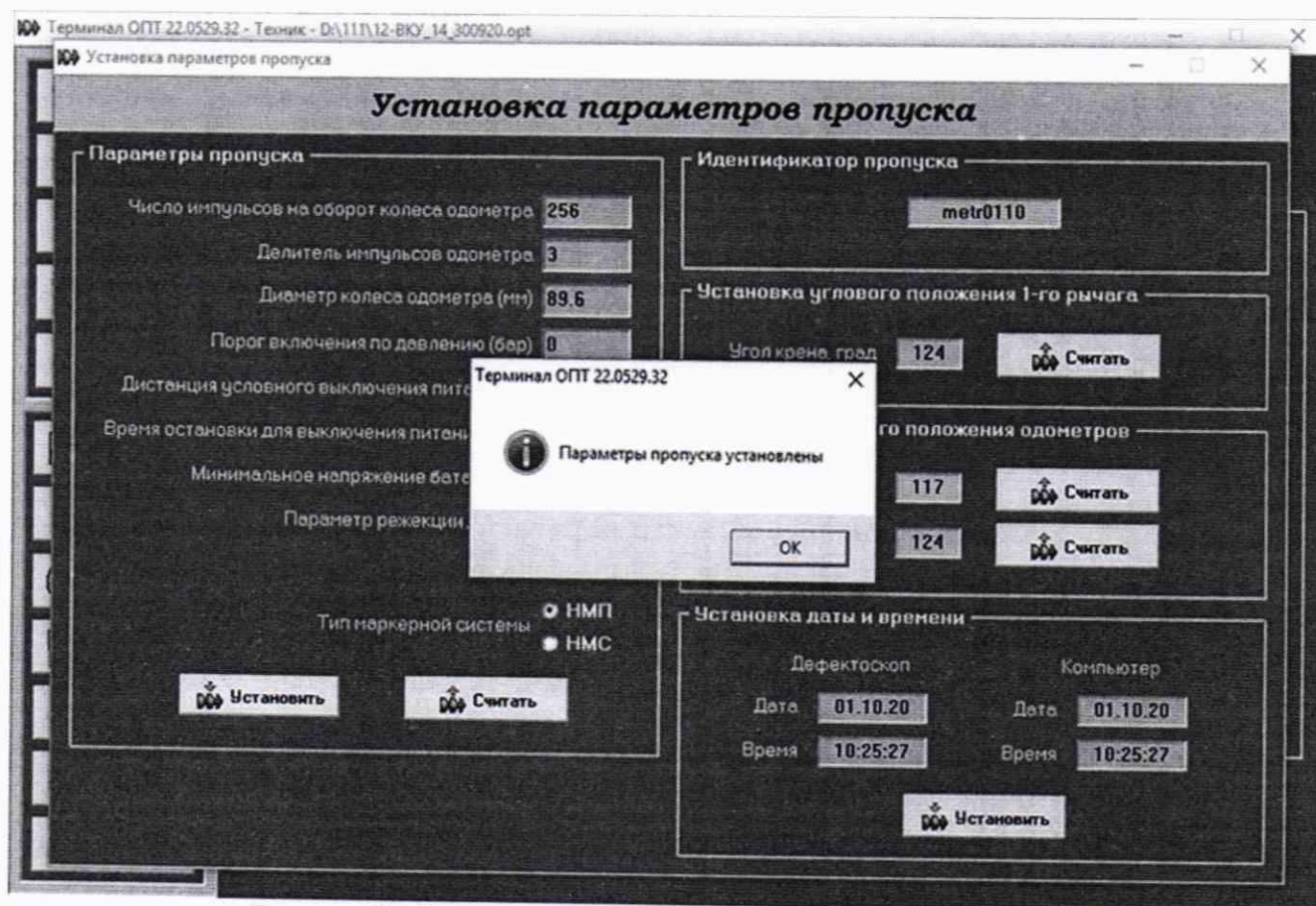


Рисунок 7 – Окно подтверждения установки параметров пропуска

После нажатия кнопки «Считать» производится расчет ресурса батарей (рисунок 8-9).

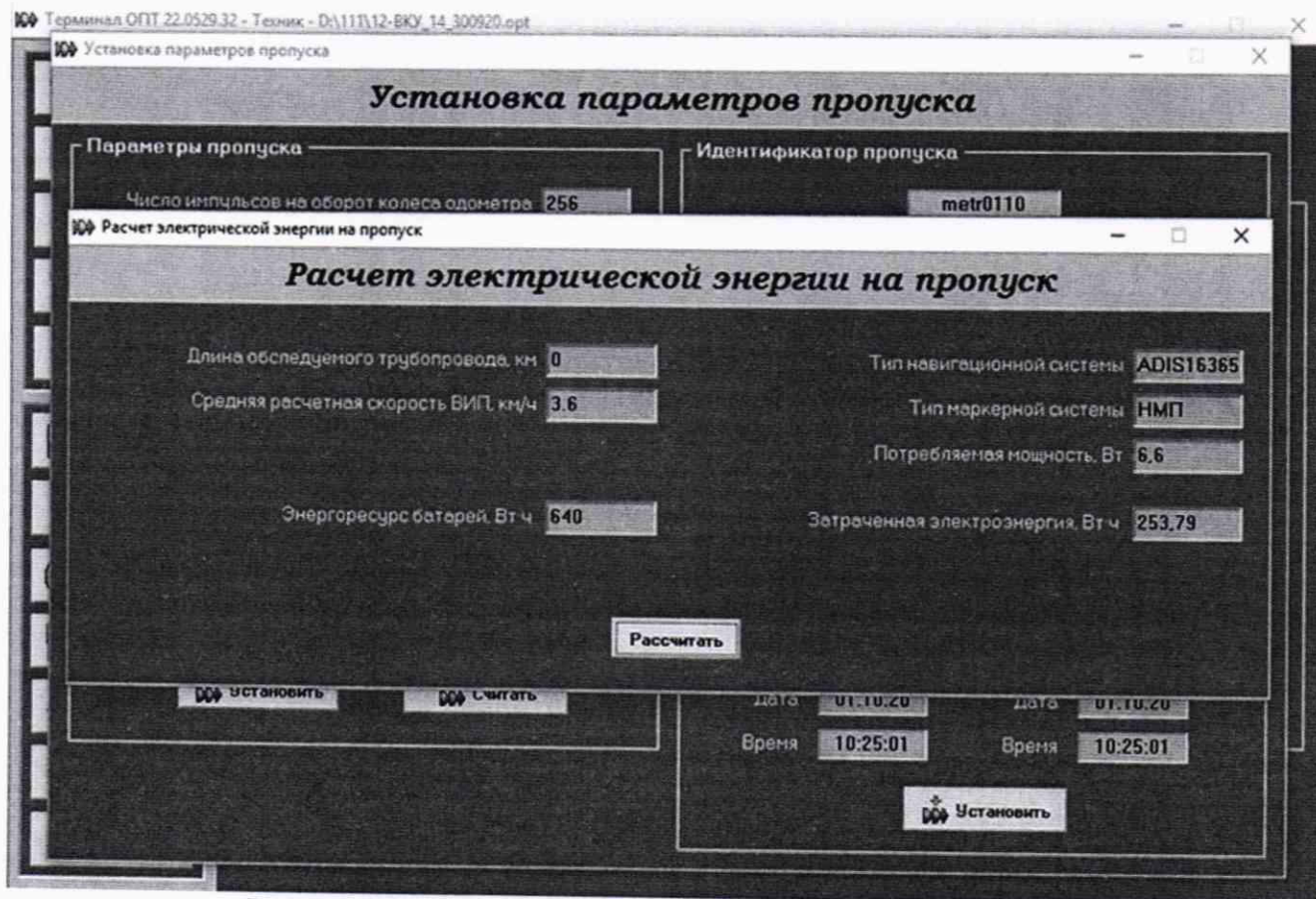


Рисунок 8 – Окно расчета электрической энергии на пропуск

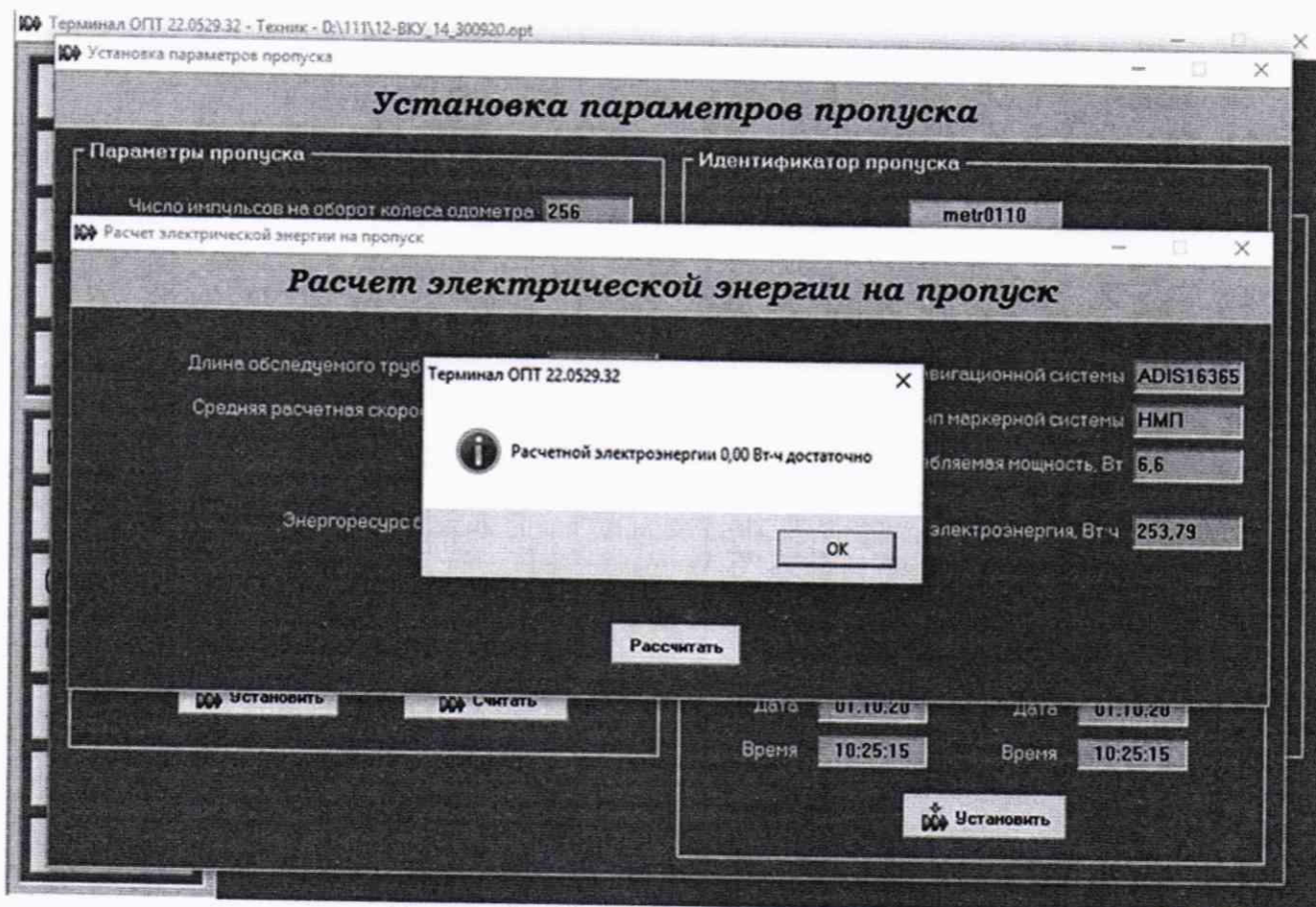


Рисунок 9 – Окно с результатом расчета

Положением нуля считать положение, при котором измерительный рычаг устройства упирается в калибровочную пластину с минимальным номинальным значением, установленную в калибровочное устройство.

Произвести пять полных оборотов колеса одометра в положении нуля. Далее последовательно между измерительным рычагом и калибровочной пластиной установить концевые меры с номинальными значениями толщин, приведенных в таблице 6:

Таблица 6 – Перечень устанавливаемых концевых мер

Обозначение устройства	Типоразмеры устройства		Значение параметра Номинальные толщины устанавливаемых концевых мер, мм
	мм	дюйм	
12-ВКУ.00-00.000	325,0	12	4, 6, 8, 10, 20, 28
	355,6	14 API	4, 6, 8, 10, 20, 28
	377,0	14	4, 6, 8, 10, 20, 30
16-ВКУ.00-00.000	406,4	16 API	4, 6, 8, 10, 20, 30
	426,0	16	4, 6, 8, 10, 20, 30, 33
	457,0	18 API	4, 6, 8, 10, 20, 37
	508,0	20 API	4, 6, 8, 10, 20, 43
	530,0	20	4, 6, 8, 10, 20, 46

После установки каждой концевой меры произвести два полных оборота колеса одометра. После этого перевести рычаги в положение нуля и произвести десять полных оборотов колеса одометра.

7.4.2.4 По истечении времени, заложенного на выключение питания (рисунок 6), выйти из режима измерения. Провести процедуру выгрузки результатов измерения, для этого после запуска программы «Терминал ОПТ» нажать клавишу «Загрузка данных» и вкладку «Загрузка данных и трансляция» (рисунок 10).

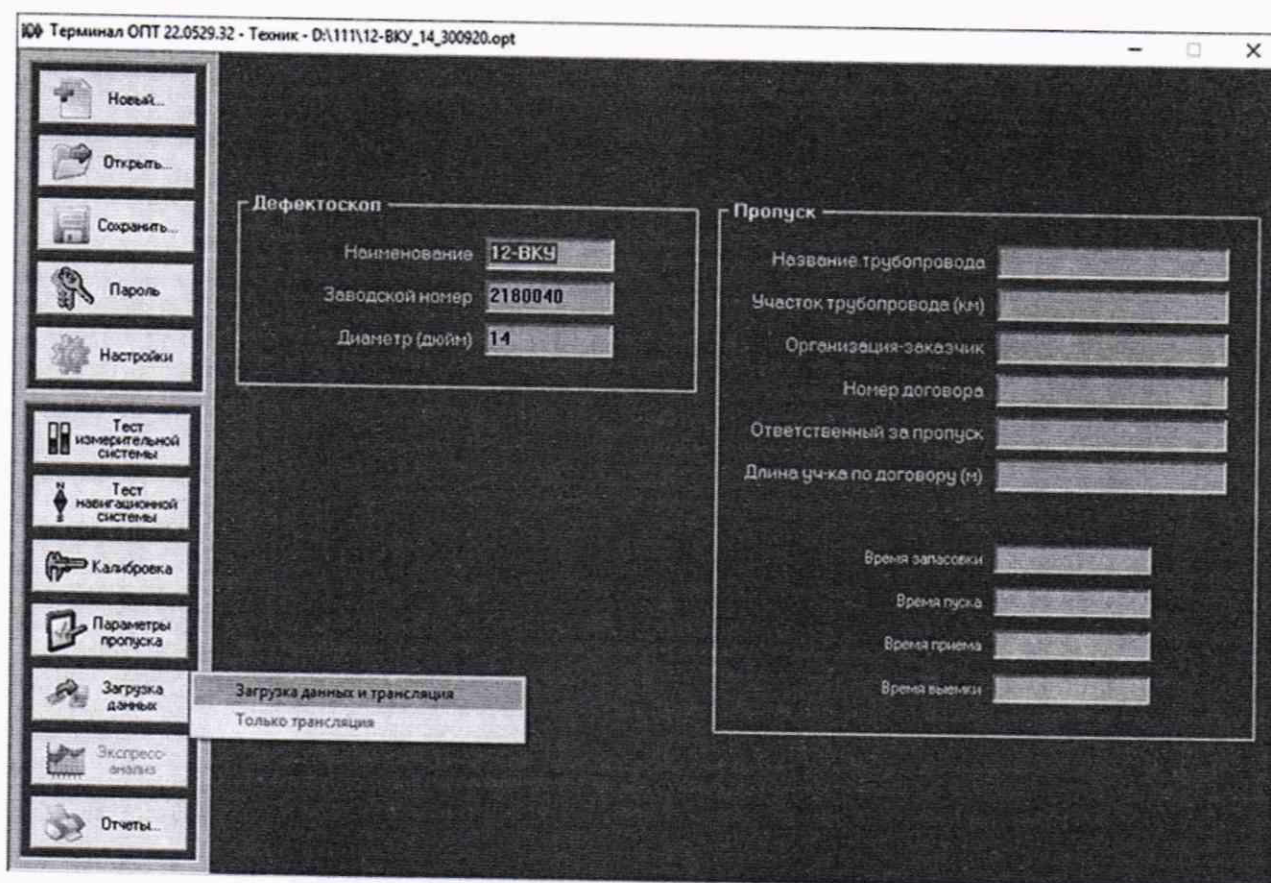


Рисунок 10 – Окно программы «Терминал ОПТ»

В случае положительной трансляции данных программа должна выдать отчет по трансляции данных. В ином случае поверка прекращается.

Далее в программе «Терминал ОПТ» нажать кнопку «Экспресс-анализ» и выбрать вкладку «Анализ диагностических данных» (рисунок 11).

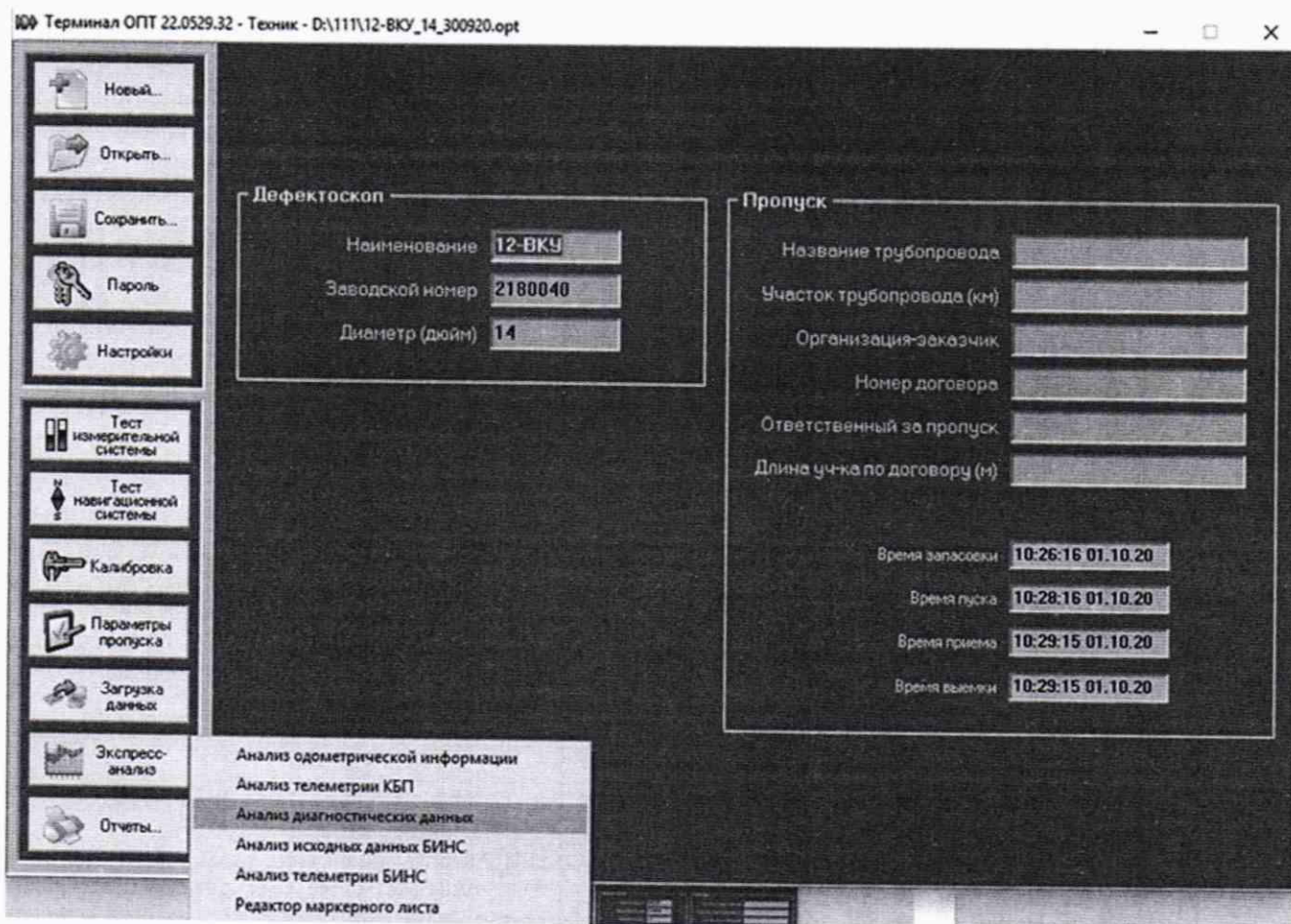


Рисунок 11 – Окно программы «Терминал ОПТ»

В результате отображается ступенчатый график зависимости положения рычага от пройденного расстояния, верхнее значение которого соответствует положению нуля, а нижнее измерению длины концевой меры с максимальным значением. Для получения значений глубины дефекта, выступающего внутрь, необходимо установить красный строб на участок диаграммы, соответствующее положению нуля, а зеленый строб установить последовательно на значение, соответствующее измерению длины каждой концевой меры. Установка стробов и получение результата производится с помощью клавиш в нижней части экрана (рисунок 12).

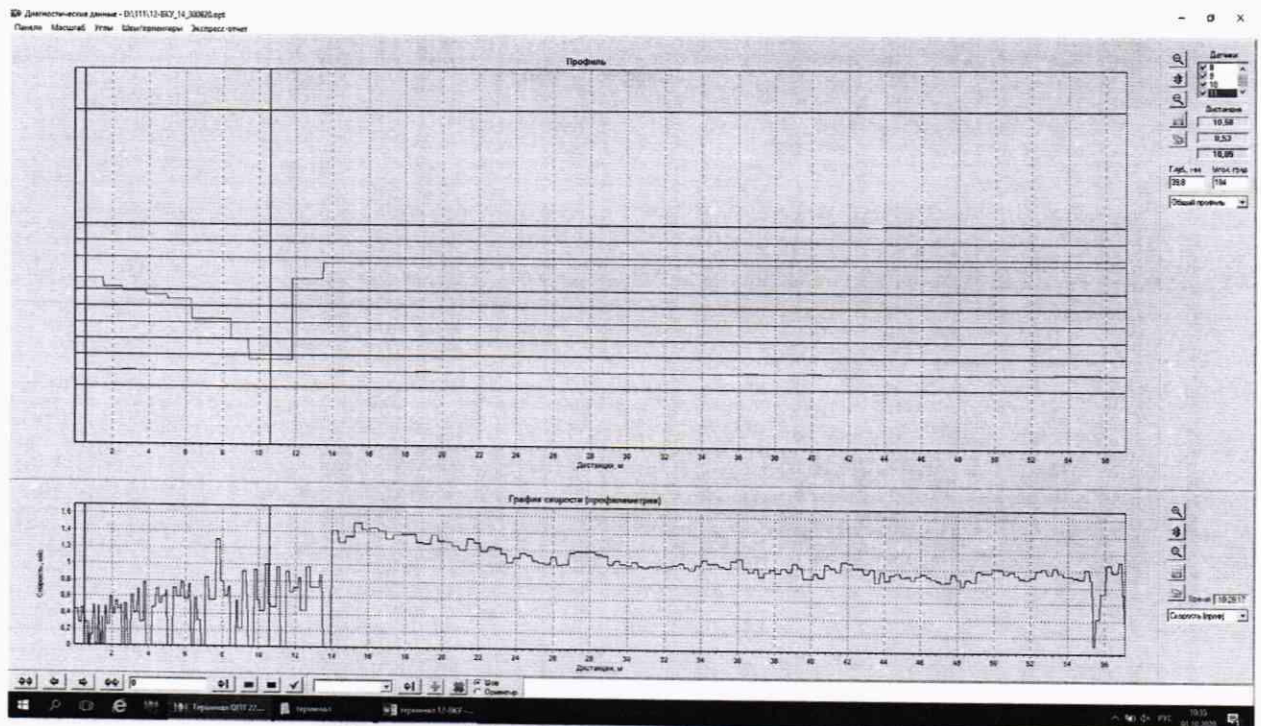


Рисунок 12 – Окно результатов измерений

7.4.2.5 Повторить пункты 7.4.2.3 - 7.4.2.4 еще 2 раза, результаты усреднить.

7.4.2.6 Повторить пункты 7.4.2.2 - 7.4.2.5 для каждого канала устройства каждого возможного для модификации типоразмера.

7.4.2.7 Обработку результатов и расчет абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, проводить в соответствии с пунктом 8.2.

8 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям

8.1 Расчет абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)

8.1.1 Рассчитать среднее квадратическое отклонение среднего арифметического серии измерений диаметра колеса одометра S_x , мм, по формуле (1):

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=n} (d_j - d_{cp})^2}{n(n-1)}}, \quad (1)$$

где d_i – значение диаметра колеса одометра, полученное при i -м измерении, мм;

d_{cp} – среднее значение диаметра колеса одометра, мм;

$n = 10$ – число измерений.

8.1.2 Рассчитать значение случайной погрешности ε , мм, серии измерений диаметра колеса одометра по формуле (2):

$$\varepsilon = t \cdot S_x, \quad (2)$$

где t – коэффициент Стьюдента ($t = 2,262$).

8.1.3 Рассчитать значение среднего квадратического отклонения неисключенной систематической погрешности S_θ , мм, серии измерений диаметра колеса одометра по формуле (3):

$$S_\theta = \frac{\theta_\Sigma}{\sqrt{3}}, \quad (3)$$

где Θ_{Σ} – абсолютная погрешность штангенциркуля, приведенная в его свидетельстве о поверке, мм.

8.1.4 Рассчитать значение суммарного среднего квадратического отклонения S_{Σ} , мм, серии измерений диаметра колеса одометра по формуле (4):

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_x^2} \quad (4)$$

8.1.5 Рассчитать значение абсолютной погрешности Δ , мм, серии измерений диаметра колеса одометра по формуле (5):

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (5)$$

где K – коэффициент, который рассчитывается по формуле (6):

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_x + S_{\Theta}} \quad (6)$$

8.1.6 Рассчитать длину окружности колеса одометра $l_{окр}$, мм, по формуле (7):

$$l_{окр} = \pi \cdot d_{ср} \quad (7)$$

8.1.7 Рассчитать отклонение координат дефекта (вдоль оси трубы) от номинального значения $\Delta l_{пк}$, мм, по формуле (8):

$$\Delta l_{пк} = n_k \cdot l_{окр} - l_{окрпк} \quad (8)$$

где n_k – количество оборотов;

$l_{окр}$ – длина окружности, мм;

$l_{окрпк}$ – измеренное в пункте 7.4.1.2 значение координат дефекта (вдоль оси трубы), мм.

8.1.8 Рассчитать абсолютную погрешность измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) $\Delta L_{пк}$, мм, по формуле (9):

$$\Delta L_{пк} = \sqrt{\Delta l_{пк}^2 + \Delta^2} \quad (9)$$

8.1.9 Устройство считается прошедшим операцию поверки по п. 7.4.1 с положительным результатом, если диапазон измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) и абсолютная погрешность измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) соответствуют данным, указанным в таблице 7.

Таблица 7 – Метрологические характеристики

Обозначение устройства	Типоразмер (диаметр)		Наименование характеристики	
	мм	дюйм	Диапазон измерений координат дефекта (вдоль оси трубы), мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы), мм
12-ВКУ.00-00.000	325,0	12	от 278 до 18000	± (34+0,0083·L) где L – измеренная координата дефекта (вдоль оси трубы), мм
	355,6	14 API		
	377,0	14		
16-ВКУ.00-00.000	406,4	16 API		
	426,0	16		

	457,0	18 API		
	508,0	20 API		
	530,0	20		

8.2 Расчет абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь

8.2.1 По результатам измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, в соответствии с пунктом 7.4.2.4 рассчитать отклонение от номинального значения толщины концевой меры Δh , мм, по формуле (10):

$$\Delta h = h_{\text{конц}} - h_{\text{ср}} \quad (10)$$

где $h_{\text{конц}}$ – значение толщины концевой меры, приведенное в свидетельстве о поверке, мм;

$h_{\text{ср}}$ – усредненное значение результата измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, мм.

8.2.2 Рассчитать значение абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, ΔH , мм, по формуле (11):

$$\Delta H = \sqrt{\Delta h^2 + \Theta_{\text{конц}}^2} \quad (11)$$

где $\Theta_{\text{конц}}$ – абсолютная погрешность концевой меры, указанная в свидетельстве о поверке, мм.

8.2.3 Устройство считается прошедшим операцию поверки по п. 7.4.2 с положительным результатом, если диапазон и абсолютная погрешность измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, соответствуют данным, указанным в таблице 8.

Таблица 8 – Метрологические характеристики

Обозначение устройства	Типоразмер (диаметр)		Наименование характеристики	
	мм	дюйм	Диапазон измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины дефекта, выступающего внутрь, мм
12-ВКУ.00-00.000	325,0	12	от 4 до 28	± 2
	355,6	14 API		
	377,0	14		
16-ВКУ.00-00.000	406,4	16 API	от 4 до 30	
	426,0	16	от 4 до 33	
	457,0	18 API	от 4 до 37	
	508,0	20 API	от 4 до 43	
	530,0	20	от 4 до 46	

8.3 Устройство считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом. В ином случае устройство считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки оформляются протоколом. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

9.2 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

9.3 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

9.4 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Исполнители:

Начальник отдела Д-4

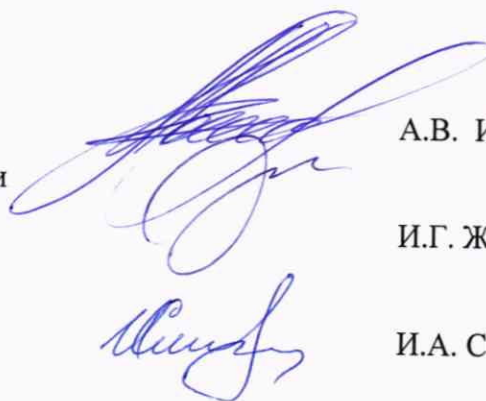
ФГУП «ВНИИОФИ»

Инженер-конструктор 1 категории

отдела Д-4 ФГУП «ВНИИОФИ»

Инженер отдела Д-4

ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Иванов

И.Г. Журавлев

И.А. Смирнова

**Приложение А
(Рекомендуемое)
Форма протокола поверки**

Протокол первичной/периодической поверки № _____
От «__» _____ 20__ года.

Средство измерений: _____
Заводской номер: _____
Дата выпуска: _____
Заводской номер: _____
Серия и номер клейма предыдущей поверки: _____
Принадлежащее: _____
Поверено в соответствии с методикой поверки: _____
С применением эталонов: _____
Условия проведения поверки:
Температура окружающей среды _____ °С;
относительная влажность _____ %;
атмосферное давление _____ кПа

A.1 Внешний осмотр

A.2 Идентификация программного обеспечения (ПО)

A.3 Опробование

A.4 Результаты определения метрологических характеристик:

Метрологические характеристики	Номинальная величина / погрешность	Измеренное значение	Заключение

Заключение: _____

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Поверитель: _____ / _____ /
Подпись _____ ФИО