

Измеритель длины кабеля
ИРК-ПРО АЛЬФА
v. CableMeter

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ТВЕРЬ

У
Д
Л
И
Н
О
М
Е
Р
У

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	4
НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	4
УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ	4
СЕРТИФИКАТЫ	4
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	5
Общие параметры	5
СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ И КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ	6
СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ	6
МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ	6
ПАНЕЛЬ РАЗЪЕМОВ	7
ПЕРЕДНЯЯ ПАНЕЛЬ	8
ПИТАНИЕ ПРИБОРА	9
ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ	10
ВКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА	10
РАБОТА С МЕНЮ НАСТРОЕК И ПАРАМЕТРОВ	10
<i>Ввод числовых параметров</i>	<i>10</i>
НАСТРОЙКА	11
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ	12
DC МЕТОД	13
ПРИНЦИП РАБОТЫ	13
ОШИБКИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО DC МЕТОДУ	14
<i>Разрешение DC метода</i>	<i>16</i>
ПОДКЛЮЧЕНИЕ К КАБЕЛЮ	17
ПАРАМЕТРЫ	18
<i>Расчет по S</i>	<i>19</i>
<i>Расчет по R/км</i>	<i>20</i>
<i>Расчет по AWG</i>	<i>21</i>
ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ КАБЕЛЯ	22

ИЗМЕРЕНИЯ ПОГОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ	23
TDR МЕТОД	25
ПРИНЦИП РАБОТЫ	25
ОШИБКИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО TDR МЕТОДУ	27
ЕДИНИЦЫ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ В КАБЕЛЕ	28
ПОДКЛЮЧЕНИЕ К КАБЕЛЮ	29
ПАРАМЕТРЫ.....	30
ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ КАБЕЛЯ	31
ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УКРОЧЕНИЯ КУ.....	32
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ (калибровки)	34
ОПЕРАЦИИ КАЛИБРОВКИ	34
СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ	34
УСЛОВИЯ КАЛИБРОВКИ	35
ПРОВЕДЕНИЕ КАЛИБРОВКИ	35
<i>Внешний осмотр и опробование</i>	<i>35</i>
<i>Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления...</i>	<i>36</i>
<i>Поверка базовой частоты в TDR методе.....</i>	<i>36</i>
ПЕРИОДИЧНОСТЬ КАЛИБРОВКИ.....	36
ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА	37
СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ	37
СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ПОВЕРКЕ (КАЛИБРОВКЕ).....	38

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Назначение и функциональные возможности

Прибор предназначен для измерения:

- Длины кабеля в бухте
- Погонного сопротивления жилы кабеля
- Площади сечения токопроводящей жилы
- Скорости распространения электромагнитных волн вдоль кабеля
- Расстояния до локального изменения волнового сопротивления кабеля.

Реализованы два метода:

- DC метод – по сопротивлению жилы на постоянном токе
- TDR метод – на основе рефлектометра.

Условия эксплуатации

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| • Температура окружающей среды | от -20 до +50° С |
| • Относительная влажность воздуха | до 90% при 30° С |
| • Атмосферное давление | от 86 до 106 кПа |

Сертификаты

ИРК-ПРО Альфа (версия CableMeter). Государственный реестр № 17719-07.

Сертификат об утверждении типа средств измерений RU.C.34.001.A №27301.

Технические характеристики

DC метод

Диапазон измерения сопротивления	0 Ом – 2 000 Ом
Разрешение по сопротивлению	0,1 мОм
Максимальный измерительный ток не менее	90 мА
Погрешность измерения сопротивления	0,1% + 1 младшая единица
Диапазон измерения длины	0 – 10 000 м
Погрешность измерения длины	(0,1 % + 1 м)
Сечение жилы	0,001 – 490 мм ²
Погонное сопротивление	0,01 – 999,99 Ом/км

TDR метод

Диапазоны измеряемых расстояний при коэффициенте укорочения 1,5	30, 60, 120, 250, 500, 1 000, 2 000, 5 000м
Максимальная погрешность определения расстояния ¹	1%
Перекрываемое затухание	Не менее 80 дБ
Амплитуда зондирующего импульса	Не менее 10 В
Диапазон установки коэффициента укорочения	1÷7

Общие параметры

Питание прибора от встроенного аккумулятора	4 АА NMh
Потребляемая мощность не более	5 Вт
Габариты	130x170x85
Вес	1,3 кг

¹ Максимальное значение ошибки измерения расстояния наблюдается при работе прибора без растяжки. В этом случае ошибка определяется разрешением графического экрана. Для уменьшения ошибки рекомендуется использование растяжек для более точного позиционирования курсоров. Аппаратная ошибка прибора по определению расстояния представляется пренебрежимо малой по сравнению с ошибкой позиционирования курсоров.

Состав изделия и комплект поставки

№	Наименование	КОЛ-ВО
1	Прибор	1
2	Сумка для переноски	1
3	Набор проводов	1
4	Сетевой адаптер	1
5	Аккумулятор	4
6	Техническое описание	1

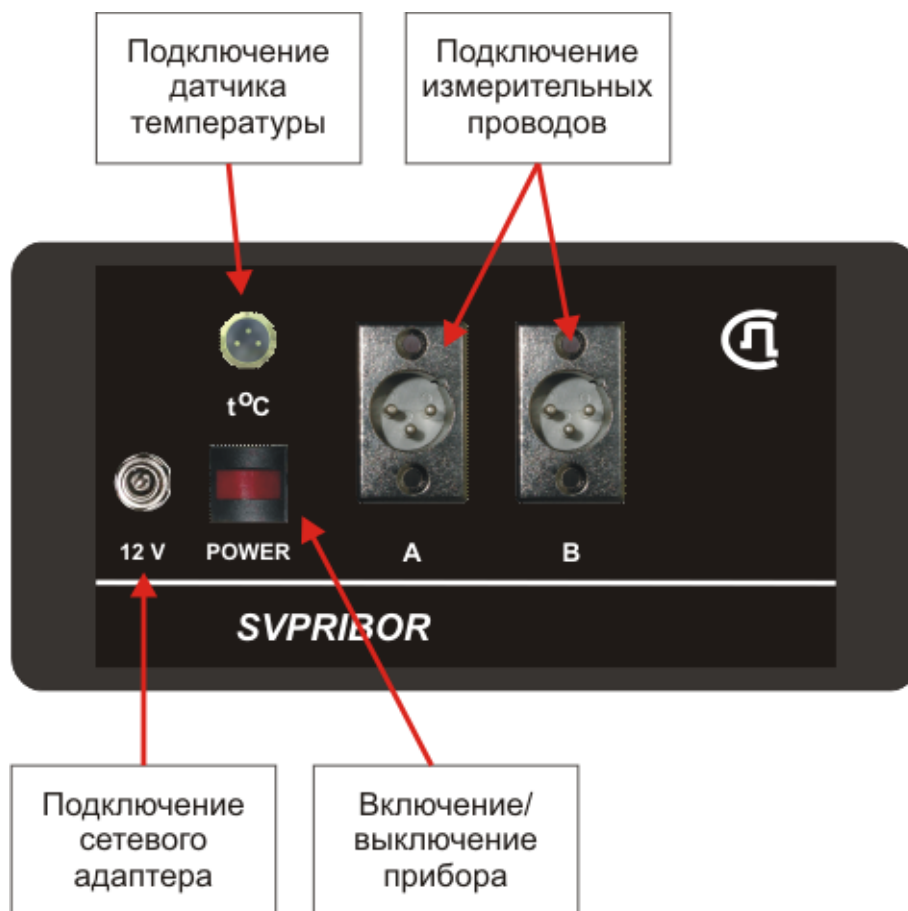
Сведения о содержании драгоценных металлов

Драгоценных металлов прибор не содержит.

Меры безопасности при работе с прибором

При эксплуатации прибора и при проведении на нем ремонтных работ должны соблюдаться соответствующие правила, изложенные в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Панель разъемов



«12 В»

Разъем для подключения внешнего питания

«POWER»

Кнопка включения (выключения) питания

«t°C»

Разъем для подключения датчика температуры

«A», «B»

Разъемы для подключения измерительных проводов

Конструкция сумки предусматривает возможность подключения разъемов, не вынимая прибор из сумки.

Передняя панель



Кнопки на передней панели управляют работой прибора.

Питание прибора

<p>Заряд аккумуляторов. Батарейный отсек вынимается из прибора для заряда и замены аккумуляторов на запасные. Чтобы увеличить время работы без подзарядки и срок службы аккумуляторов, рекомендуется заряжать их во внешнем устройстве с индивидуальным зарядом каждого аккумулятора.</p> <p><i>Сетевой адаптер</i> (в комплекте прибора) подает питание на внутреннее зарядное устройство. Элементы заряжаются последовательно, что ухудшает качество зарядки. Для полного заряда требуется не менее 4 час.</p>	
<p>Автоотключение. Автоотключение срабатывает, если 10 мин нет нажатия на кнопки.</p>	

Ресурс по питанию зависит от состояния элементов питания. Новые элементы емкостью 2,3 Ач при полной зарядке рассчитаны на непрерывную работу прибора не менее 4 час. Ресурс элементов увеличивается после нескольких циклов заряда-разряда. Со временем ресурс элементов питания падает. Есть вероятность, что уменьшение ресурса будет связано с отдельным элементом. Тогда прибор покажет разряд, но во внешнем зарядном устройстве все элементы кроме одного будут заряжены. Следует заменить разряженный элемент.



Использование подсветки сокращает время работы аккумуляторов без подзарядки.

ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Включение прибора

Для включения прибора нажмите кнопку [POWER] на панели разъемов. На короткое время появится заставка.

Далее необходимо нажать [OK].

Такая последовательность организована для защиты прибора от случайного включения при транспортировке.

Выключение осуществляется той же кнопкой [POWER].

Работа с меню настроек и параметров


В экранах параметров и настроек ввод нужных значений осуществляется по одному принципу. Для перемещения по экрану используются навигационные кнопки ▼▲, которыми Вы выбираете нужную строку. Выбранная строка выделяется на экране. Если рядом с параметром появляются стрелки: ← параметр →, это означает, что Вы можете менять данный параметр кнопками ◀▶.

Пример: экран ввода параметров для метода на постоянном токе DC. Выбрана строка ввода материала жилы кабеля. Кнопками ◀▶ Вы можете выбрать жилу кабеля: медь или алюминий.

параметры	
жила	← медь →
t°C: +23	датчик
Диаметр (мм)	1.00
Сечение (мм2)	0.785
расчет S	
Длина (м)	>9999.9

Ввод числовых параметров

В некоторых строках вводится числовое значение из нескольких цифр. Как вводить нужное значение? Для ввода числовых значений (диаметр, сечение, температура,

длина) необходимо встать на соответствующую строчку и нажать  и далее следовать подсказке на экране.

Настройка

Общие настройки прибора доступны при нажатии кнопки .

- Язык

- Русский
- Английский

- Единица длины

- Метры (м)
- Футы (ft)

интерфейс	
Язык	← рус →
Единица длины	м
Расчет по	R/км
Разрешение мΩ	0.1
Укорочение	KY
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Расчет по. (Варианты ввода параметров кабеля для измерений на постоянном токе DC-метод).
 - Сечению (S). Можно будет вводить как площадь сечения, так и диаметр жилы
 - R/км - Расчет по погонному сопротивлению.
 - AWG - American Wire Gauge
- Разрешение мОм – для DC метода.
 - 1 – для большинства сечений кабеля.
 - 0,1 – для толстых кабелей ($>40\text{мм}^2$). При разрешении 0,1 мОм время измерения возрастает до 1 минуты.
- Укорочение. Варианты представления скорости распространения волны в кабеле для рефлектометрического TDR метода.
 - KY – Коэффициент Укорочения как принято в СНГ.
 - VOP - Velocity of Propagation.
 - V/2 – Скорость распространения в м/мкс деленная пополам.



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора


Методы измерений

Прибор использует два метода определения длины кабеля:


- DC метод – измерение сопротивления токопроводящей жилы на постоянном токе и определение по нему длины кабеля;
- TDR метод – измерение длины кабеля рефлектометром по отражению импульса от конца кабеля.

DC метод точнее TDR метода. Некоторые измерители предпочитают пользоваться TDR методом из-за его простоты и наглядности.

Выбор метода измерений осуществляется нажатием кнопки  или .

Пример: Вы выбрали метод DC. После нажатия  появляется экран ввода параметров:

параметры	
жила	← медь →
t°C: +23	датчик
Диаметр (мм)	1.00
Сечение (мм ²)	0.785
расчет S	
Длина (м)	>9999.9

Повторное нажатие  приведет к переходу в измерительный экран:

Сечение (мм ²)	9.00
R жилы (Ω)	0.818
410 м	
[OK] - измерить	

Если Вы снова нажмете , это приведет к возврату в экран параметров и т.д.

DC МЕТОД

Метод предназначен для измерения:

- длины кабеля
- сечения токопроводящих жил
- погонного сопротивления, приведенного к 20⁰С
- точного измерения сопротивления

Принцип работы

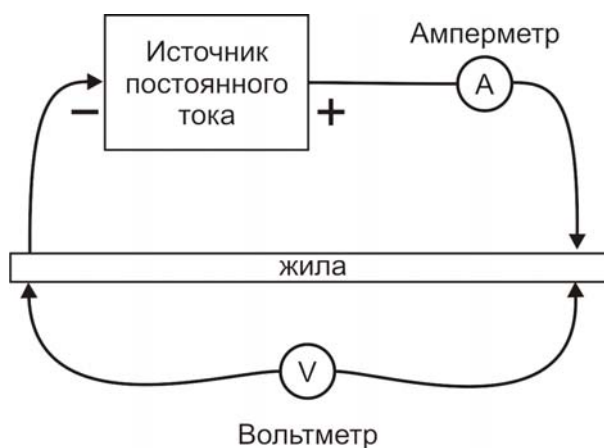
В основу метода положен закон Ома в котором сопротивление жилы кабеля пропорционально длине жилы. Или для длины кабеля:

$$L = R / R_{PG}$$

Здесь R - измеренное сопротивление жилы в Омах.

R_{PG} - погонное сопротивление жилы в Ом/км.

Для точного измерения сопротивления R в приборе используется так называемое подключения Кельвина или четырехпроводное подключение через специальные зажимы типа «крокодил». Его смысл показан на следующем рисунке:



В этой схеме есть две отдельные цепи: цепь для подачи тока с амперметром и цепь измерения падения напряжения с вольтметром. Использование такого приема позволяет устранить влияние измерительных проводов и контактов.

Прибор проводит измерения сопротивления на постоянном токе с большой точностью. Относительная погрешность метода составляет 0,1%.

С такой же точностью определяется длина кабеля, если вводится правильное погонное сопротивление. Однако здесь измерителя подстерегает возможность ошибки.

Ошибки измерений по DC методу

Прибор позволяет пересчитывать измеренное сопротивление в длину кабеля несколькими способами:

- из погонного сопротивления жилы кабеля
- исходя из сечения жилы и материала

Во всех случаях производится температурная коррекция.

Погонное сопротивление. Для точного измерения длины кабеля необходимо ввести корректное значение погонного сопротивления жилы этого кабеля. Где его взять? Если поставщик кабельной продукции указал измеренное значение в паспорте кабеля, можно провести измерение и проверить соответствие длины паспортному значению. Если погонное сопротивление неизвестно (или указанное значение не вызывает доверия), прибор может измерить погонное сопротивление кабеля известной длины (например, одного из партии). Измерив погонное сопротивление кабеля и внося его в паспорт кабеля, Вы сможете затем контролировать точное значение оставшегося на барабане кабеля. Если Вы вводите справочное значение погонного сопротивления, то неизбежна ошибка, связанная с технологией изготовления кабеля.

Расчет по сечению. Прибор может рассчитать погонное сопротивление кабеля, если измерителю неизвестна его величина. Для этого в прибор вводится сечение или диаметр жилы. Все было бы хорошо, если бы погонное сопротивление помимо сечения жилы не зависело от множества факторов. В действительности погонное сопротивление зависит еще и от температуры и химического состава материала жилы. Удельное сопротивление ρ материала жилы зависит от химического состава и температуры

$$\rho = \rho_{20} \times (1 + \alpha \times (t - 20))$$

ρ_{20} - удельное сопротивление материала из которого сделана жила при 20⁰C.

α - температурный коэффициент.

Удельное сопротивление материала жилы при 20⁰C и температурный коэффициент зависят от химического состава. Так для меди различные источники дают величины:

- ρ_{20} - от $1,68 \times 10^{-5} [Ом \times мм]$ до $1,87 \times 10^{-5} [Ом \times мм]$
- α - от $38,1 \times 10^{-4} [K^{-1}]$ до $43 \times 10^{-4} [K^{-1}]$

Это означает, что при пересчете сечения в погонное сопротивление кабеля неизбежны ошибки.

Прибор при пересчет использует значения:

- Для меди
 - $\rho_{20} = 1,79 \times 10^{-5} [Ом \times мм]$
 - $\alpha = 39,3 \times 10^{-4} [K^{-1}]$
- Для алюминия
 - $\rho_{20} = 2,826 \times 10^{-5} [Ом \times мм]$
 - $\alpha = 40,3 \times 10^{-4} [K^{-1}]$

Скрутка. Следует отметить, что длина жилы не всегда равна длине кабеля. Если для энергетических кабелей эти величины совпадают, то в кабелях связи применяется скрутка отдельных жил в пары или четверки. Скрутка приводит к тому, что длина жилы становится больше длины кабеля.



Наиболее точные результаты получаются при расчете длины по измеренному погонному сопротивлению. В этом случае минимизируются ошибки связанные с

- химическим составом токопроводящей жилы,
- неточностью сечения жилы,
- со скруткой жил в кабелях связи.

Разрешение DC метода

В приборе можно выбрать разрешение по измерению сопротивления 1 или 0,1 мОм.

Функция доступна через кнопку



Если выбрать 0,1 мОм, время измерений возрастает до 1 минуты!

В таблице приведены разрешения по метрам для медного кабеля различного сечения в зависимости от выбранного разрешения по сопротивлению. Выделено разрешение лучше метра. Мы рекомендуем выставить разрешение 0,1 мОм для сечений более 40 кв. мм.

Таблица:

Для 1 мОм, разрешение лучше метра получаются для кабелей с сечением не более 17,8 мм².

Для 0,1 мОм, разрешение лучше метра получаются для кабелей с сечением не более 178 мм².

Диаметр мм	Сечение мм ²	Разрешение в метрах	
		1 мОм	0,1 мОм
0,32	0,08	0,005	Лучше 1 мм
0,5	0,20	0,01	0,001
1	0,79	0,04	0,004
2	3,1	0,2	0,02
3	7,1	0,4	0,04
4	13	0,7	0,07
5	20	1,1	0,11
6	29	1,6	0,16
7	38	2,2	0,22
8	50	2,8	0,28
9	64	3,6	0,36
10	79	4,4	0,44
11	95	5,3	0,53
12	113	6,4	0,64
13	132	7,5	0,75
14	153	8,6	0,86
15	176	9,9	0,99
16	201	11	1,1
17	226	13	1,3
18	254	14	1,4
19	284	16	1,6
20	314	18	1,8
21	346	19	1,9
22	380	21	2,1
23	415	23	2,3
24	452	25	2,5
25	491	28	2,8

Подключение к кабелю




Параметры

Перед измерениями необходимо настроить параметры. Для измерения длины необходимо ввести параметры в верхних строках экрана: жила, температура, сечение или погонное сопротивление. Что будет вводиться – сечение или погонное сопротивление – зависит от выбора общих настроек прибора – строка «Расчет по ...».



Прибор может по измеренному сопротивлению рассчитать сечение или погонное сопротивление кабеля известной длины. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять сечение, не трогайте нижнюю строку!

Расчет по S

Если в общих настройках (доступных через кнопку ) выбрано «Расчет по S», то прибор будет рассчитывать длину кабеля по сечению.

Начинайте ввод параметров построчно:


- «Жила»
 - медь
 - алюминий
- «t°C». Можно выбрать метод

задания температуры:

- Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки.
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- «Диаметр»
 - «Сечение»

Вводите или диаметр, или сечение. Если вводится диаметр жилы, то площадь сечения автоматически пересчитывается. И наоборот.

Ввод значения. Как вводить нужное значение? Для ввода числовых значений (диаметр, сечение, температура, длина) необходимо встать на соответствующую

строчку и нажать  и далее следовать подсказке на экране.



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора



Прибор может по измеренному сопротивлению рассчитать сечение кабеля известной длины. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять сечение, не трогайте нижнюю строку!

параметры	
жила	← медь →
t°C: +23	датчик
Диаметр (мм)	1.00
Сечение (мм ²)	0.785
расчет S	
Длина (м)	>9999.9

Расчет по R/км

Если в общих настройках выбрано «Расчет по R/км», то прибор будет рассчитывать длину кабеля по погонному сопротивлению. Это наиболее точный вариант.

параметры	
жила	← медь →
t°C: +23	датчик
Rжилы (Ω/км)	90
расчет (Ω/км)	
Длина (м)	>9999.9

Можно выбрать:

- Жила (медь или алюминий)
- В строчке «t°C» отображается значение температуры. Можно выбрать метод задания температуры:
 - Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- Rжилы (Ом/км) – погонное сопротивление при температуре 20°C



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора



В последней строке можно ввести известную длину кабеля, тогда прибор будет измерять не длину кабеля, а погонное сопротивление приведенное к температуре 20°C. Если Вы не хотите измерять R/км, не трогайте нижнюю строку!

Расчет по AWG

Если в общих настройках выбрано «Расчет по AWG», то прибор будет рассчитывать длину кабеля по сечению выраженному в единицах AWG.

параметры	
жила	← медь →
t°C: +23	датчик
AWG	24
Диаметр (мм)	0.51
расчет S	
Длина (м)	>9999.9

Можно выбрать:

- Жила (медь или алюминий)
- В строчке «t°C» отображается значение температуры. Можно выбрать метод задания температуры:
 - Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- AWG – американская система калибров проводов
- Диаметр

Если вводится диаметр жилы, то AWG сечения автоматически пересчитывается. И наоборот. При пересчетах значения приводятся к ближайшему возможному.




Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора



Прибор может по измеренному сопротивлению рассчитать сечение кабеля известной длины. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять сечение, не трогайте нижнюю строку!

Измерения длины кабеля

Для перехода в режим измерений необходимо вновь нажать кнопку .

Последующие нажатия  будут переключать прибор между параметрами и измерениями.

Измерительный экран для определения длины кабеля выглядит так:



Прибор запускает измерение по кнопке .




Если в параметрах задана длина кабеля, то прибор будет измерять площадь сечения или погонное сопротивление, приведенное к температуре 20°C.


Измерения погонного сопротивления

Более точные результаты по измерению длины кабеля можно получить при вычислениях, основанных на значении погонного сопротивления. Погонное сопротивление следует предварительно измерить для кабеля того же типа и партии. Для этого необходимо иметь достаточно длинный отрезок кабеля того же типа и партии с известной длиной.

- Подключите отрезок кабеля известной длины к прибору

- Нажмите кнопку  для входа в настройку общих параметров
- Выберите значение «Расчет по R/км»:

интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	←R/км→
Разрешение мΩ	0.1
Укорочение	КУ
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Нажмите кнопку  для ввода длины кабеля и температуры:

- Введите (измерьте) температуру
- Введите известную длину кабеля

параметры	
жила	медь
t°C: +23	датчик
Rжилы (Ω/км)	90
расчет (Ω/км)	
Длина (м)	50.2

- Вновь нажмите кнопку  для перехода в режим измерений

Измерительный экран для определения погонного сопротивления кабеля выглядит так:

Длина (м)	19.2	Установленная длина
R жилы (Ω)	1.8783	
97.82 $\Omega/\text{км}$		Рассчитанное удельное сопротивление для 20 $^{\circ}\text{C}$
[OK] - измерить		
Состояние аккумулятора		

Прибор запускает измерение по кнопке .



Измеренное значение следует записать,
как важную характеристику кабеля

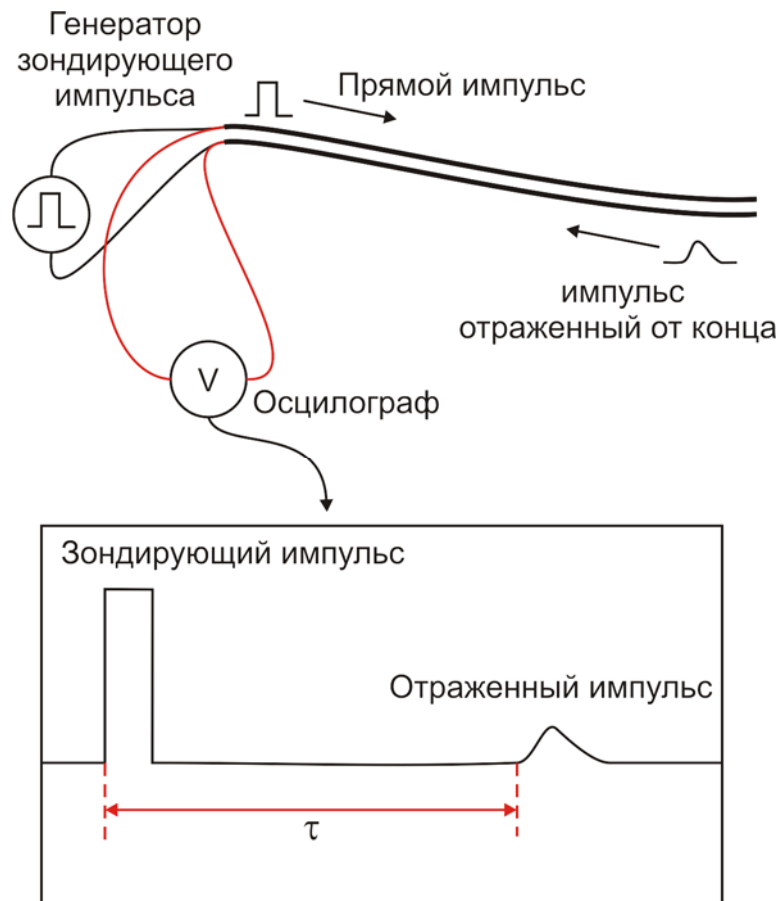
TDR МЕТОД

Можно измерять:

- Длину кабеля
- Расстояние до места неоднородности волнового сопротивления
- Скорость распространения электромагнитных волн вдоль кабеля (коэффициент укорочения)

Принцип работы

Метод основан на посылке короткого зондирующего импульса в кабель и наблюдении отраженного сигнала от конца кабеля:



Метод не применим к кабелям с одной жилой!

Отражение происходит как от открытого, так и от закороченного конца кабеля. Разница будет только в том, что при отражении от закороченного конца импульс переворачивается.

Длина может быть рассчитана по времени τ между моментом начала зондирующего импульса и моментом прихода отраженного, при известной скорости распространения.

Скорость распространения традиционно для рефлектометрии задается коэффициентом укорочения $KУ = V_0 / V$. Здесь V_0 - скорость света в вакууме, V - скорость распространения электромагнитной волны в исследуемом кабеле. Для большинства марок кабелей коэффициент укорочения находится в пределах $1 \div 3$.

Кроме отражения от конца кабеля, зондирующий импульс отражается и от любой неоднородности кабеля.

Ошибки измерений по TDR методу

Длина кабеля определяется по измеренному значению времени задержки τ прихода эхо-сигнала относительно зондирующего импульса:

$$L = \frac{V_o}{2 \times KU} \times \tau$$

В расчетах участвует скорость света в вакууме V_o и коэффициент укорочения KU . Их отношение дает скорость распространения электромагнитных волн в кабеле:

$$V = \frac{V_o}{KU}$$

Скорость распространения определяется геометрией кабеля и свойствами изоляции. Для высоких частот, на которых и работает рефлектометр, скорость распространения можно выразить так:

$$KU = \sqrt{C \times L}$$

C и L – Погонная емкость и индуктивность жил кабеля соответственно.

Для коаксиального кабеля и двужильного провода в толстой однородной изоляции расчеты дают

$$KU = \sqrt{\varepsilon}$$

ε - относительная диэлектрическая проницаемость изоляции между проводниками. В этом случае скорость распространения не зависит от материала жил, экрана и их диаметров но зависит от свойств изоляции. Для более сложной геометрии формула будет сложнее.

Кабели имеющие одинаковую геометрия (сечение жил, толщину изоляции и пр.), но отличающиеся диэлектрической постоянной материала изоляции будут характеризоваться различной скоростью распространения. Заводы – производители кабельной продукции обычно не приводят значение скорости распространения и измерителю необходимо ориентироваться на какие-то значения. Можно найти некоторые справочные материалы, но кабели с одинаковой маркировкой из разных партий могут иметь различные физические свойства.

Лучшим способом будет измерение КУ на образце кабеля и занесении измеренного значения в паспорт кабеля.

Единицы измерения скорости распространения волны в кабеле

Скорость распространения электромагнитных волн может задаваться различными способами.

Для кабелей отечественного производства обычно используется коэффициент укорочения КУ:

$$КУ = \frac{V_o}{V} \geq 1$$

Это отношение скорости света в вакууме к скорости волны в кабеле.

Для импортной продукции часто используется величина VOP (Velocity of Propagation):

$$VOP = \frac{V}{V_o} \times 100\%$$

Это отношение скорости волны в кабеле к скорости света в вакууме, выраженное в процентах.

$$КУ = \frac{100}{VOP}$$

Иногда можно встретить величину $V/2$ - это просто скорость распространения волны деленная пополам. Деление на 2 учитывает то, что волна распространяется по кабелю два раза. Сначала импульс идет от прибора до конца кабеля, а потом отражение проделывает обратный путь.

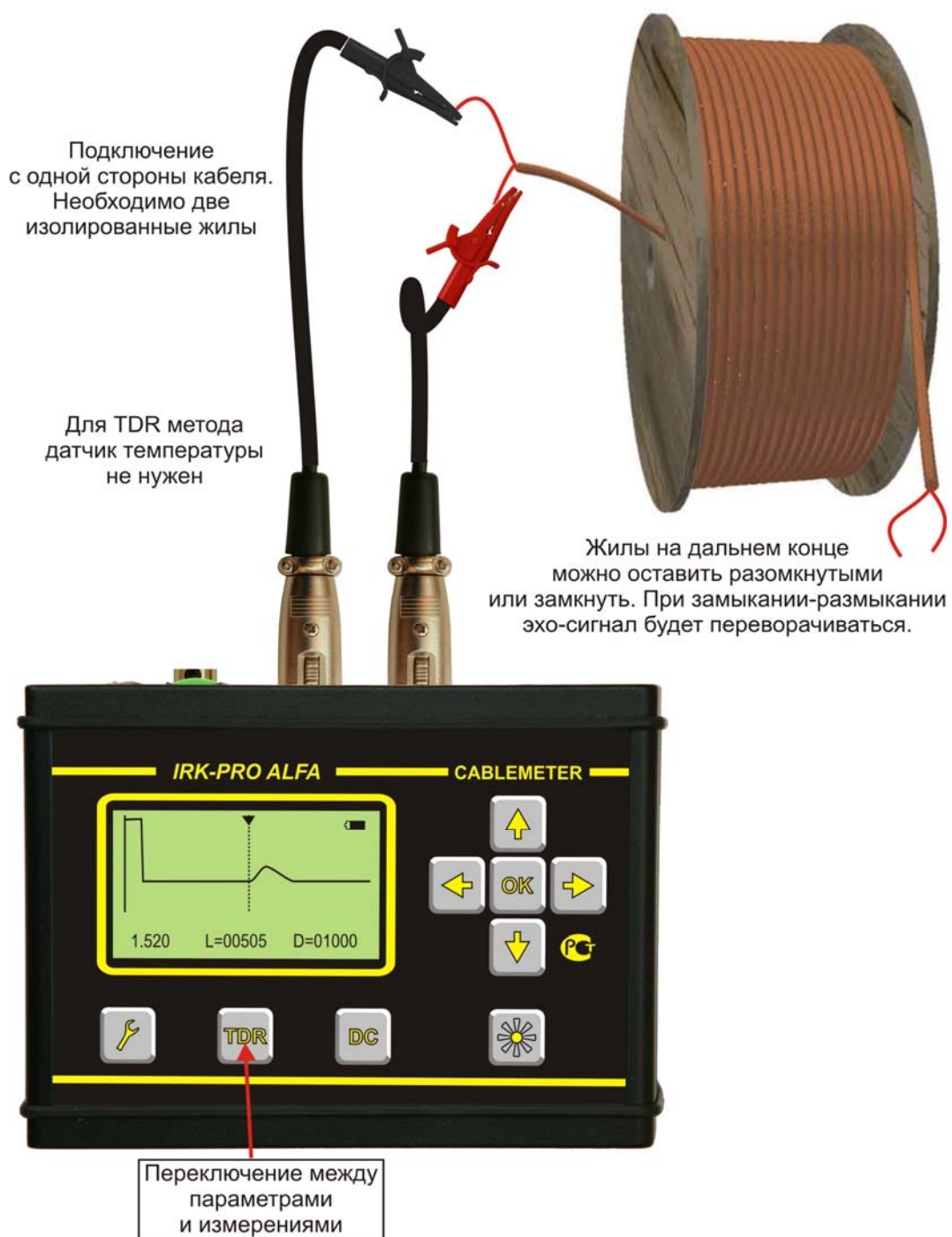
$$V/2 = \frac{V}{2} \text{ [м/мкс]}$$

Для перевода этой единицы в КУ или VOP следует учесть значение;

$$V_o = 299,8 \approx 300 \text{ м/мкс}$$

$$КУ = \frac{150}{(V/2)}$$

Подключение к кабелю



Параметры

Перед измерениями необходимо настроить параметры.

Переключение между вводом параметров и измерениями осуществляется нажатием

кнопки .

- Диапазон [м]
 - 30 ÷ 5 000

- Импульс
 - Мин
 - Норма
 - Макс

- Усиление [дБ]
 - От 0 до 60 с шагом 6

параметры	
Диапазон	← 250 →
Импульс	НОРМА
Усиление [дБ]	0
Растяжка	1
Укорочение	1.500
расчет КУ	
Длина (м)	201

- Растяжка – растяжка по оси расстояния для лучшего позиционирования измерительного курсора.
 - От 1 до 128 в зависимости от диапазона
- Укорочение – ввод величины определяющей скорость распространения импульса по кабелю. Это основной параметр кабеля при рефлектометрическом измерении длины.

- От 1 до 6.999. Можно изменять как кнопками ◀▶ так и через

специальный интерфейс, доступный по нажатию кнопки .

- Расчет КУ. Здесь можно рассчитать коэффициент укорочения кабеля по результату измерения и известной длине. Если в этой строке ввести известную длину кабеля, то при измерениях будет определяться не длина, а именно КУ (или VOP и V/2, если в общих настройках выбраны эти величины).




Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора



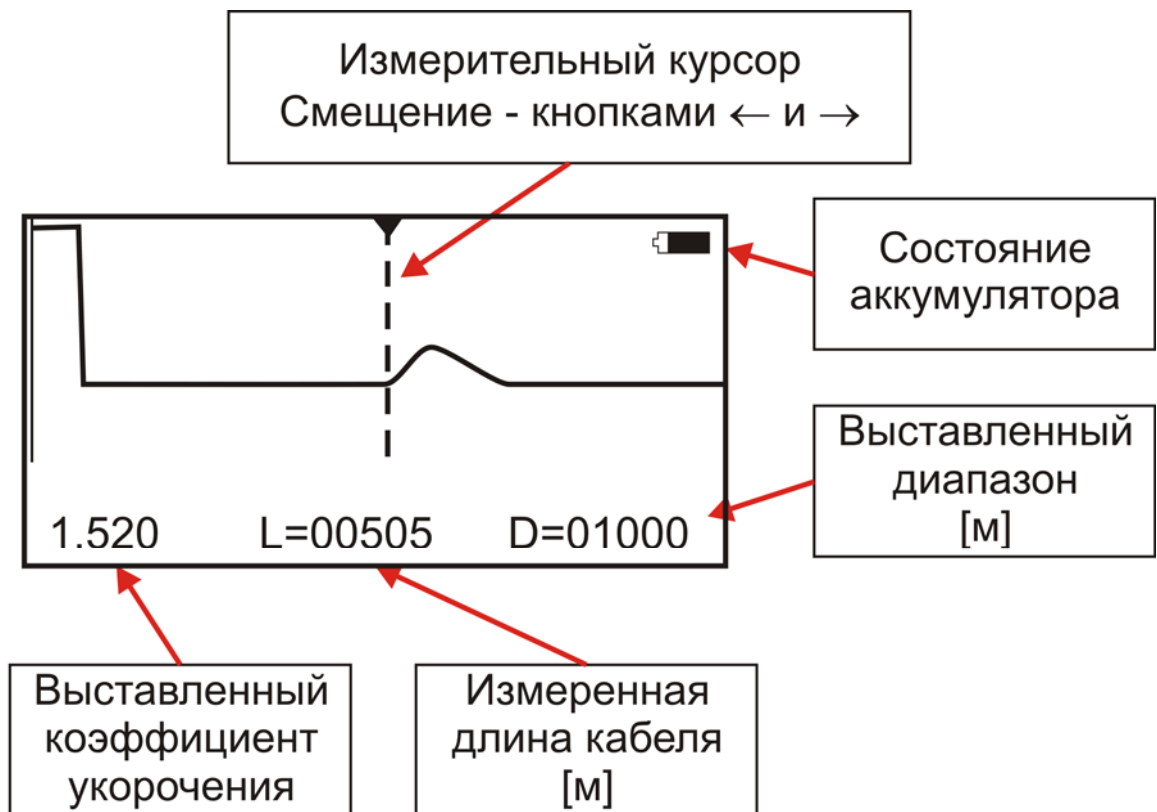
Прибор может рассчитать укорочение. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять укорочение, не трогайте нижнюю строку!

Измерение длины кабеля

Для перехода в режим измерений необходимо вновь нажать кнопку .

Последующие нажатия  будут переключать прибор между параметрами и измерениями.

Измерительный экран для определения длины кабеля выглядит так:




При измерении расстояния необходимо измерительный курсор ставить в самое начало отражения от конца кабеля. Для лучшего позиционирования следует подобрать Импульс, Усиление и Растяжку в меню параметров.

Наблюдаемая рефлектограмма может искажаться собственными волновыми неоднородностями кабеля и прохождением волны поперек витков бухты. Для идентификации конца кабеля полезно позамыкать и размыкать жилы на дальнем конце. Первый эхо-сигнал который будет переворачиваться при такой манипуляции и будет соответствовать концу кабеля.

Измерение коэффициента укорочения КУ

Коэффициент укорочения является мерой скорости распространения электромагнитной волны по кабелю.

- Подключите отрезок кабеля известной длины к прибору
- Нажмите кнопку  для входа в настройку общих параметров
- Выберите значение «Укорочение КУ»

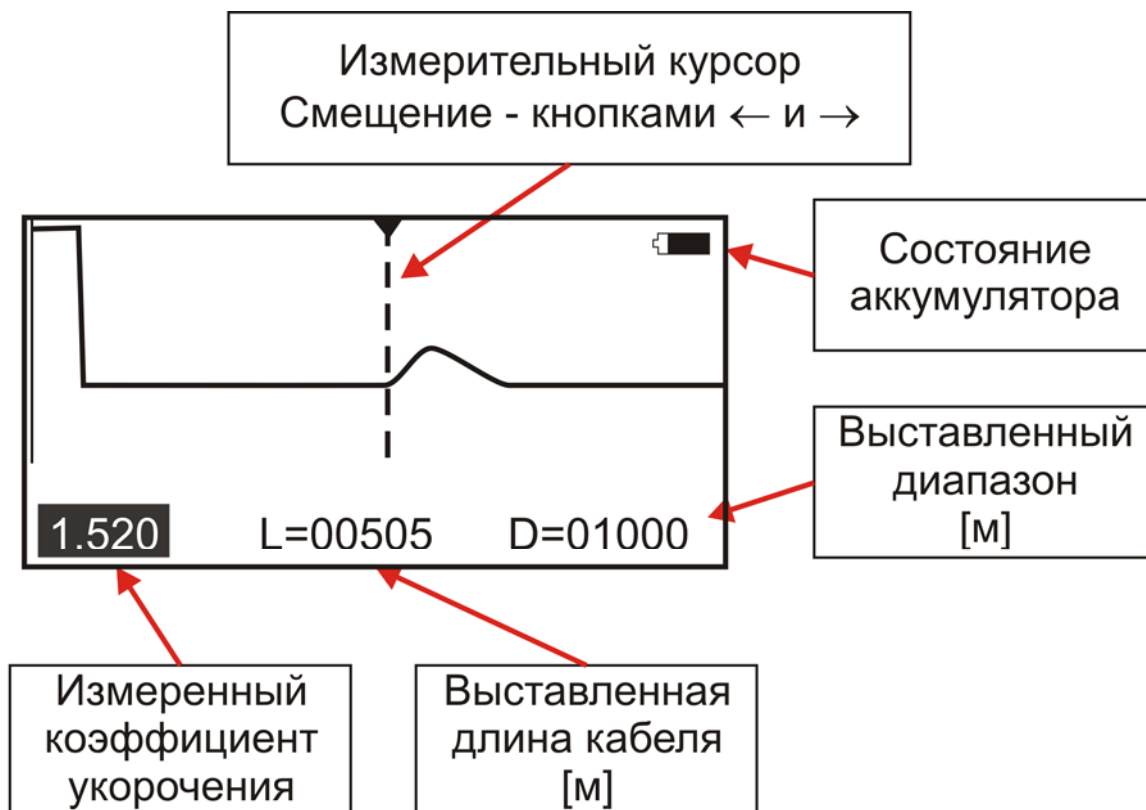
интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	R/км
Разрешение мΩ	0.1
Укорочение	← КУ →
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Нажмите кнопку  для ввода длины кабеля:
- Введите известную длину кабеля

параметры	
Диапазон	1000
Импульс	НОРМА
Усиление [дБ]	0
Растяжка	1
Укорочение	1.500
расчет КУ	
Длина (м)	505

- Вновь нажмите кнопку  для перехода в режим измерений

Измерительный экран для определения коэффициента укорочения кабеля выглядит так:



Перемещение курсора будет сопровождаться изменением значения КУ.

При измерении необходимо измерительный курсор ставить в самое начало отражения от конца кабеля. Для лучшего позиционирования следует подобрать Импульс, Усиление и Растяжку в меню параметров.



Измеренное значение следует записать,
как важную характеристику кабеля

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ (калибровки)

Операции калибровки

Перечень операций калибровки прибора.

Наименование операций	Вид испытаний	
	Приемо-сдаточные	Периодические
Внешний осмотр и опробование	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления шлейфа	да	да
Поверка базовой частоты в TDR методе	да	да

Средства калибровки

Перечень средств необходимых для проведения калибровки

Наименование контрольно-измерительной аппаратуры	Тип	Примечание
Замыкатель		Медный пруток диаметром не менее 9 мм ² и длиной 50 мм
Магазин сопротивлений	P4831	Класс точности 0,02, диапазон измерений 0,01 Ом - 10 кОм
Частотомер	ЧЗ-34	

Допускается применение других средств калибровки, удовлетворяющих требованиям настоящей методики.

Условия калибровки

При проведении калибровки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $30\div 90\%$;
- атмосферное давление $84\div 106\text{ кПа}$;
- аккумуляторная батарея полностью заряжена.

Средства измерений должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

Проведение калибровки

Внешний осмотр и опробование

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать требованиям формуляра;
- все надписи на приборе должны быть четкими и ясными;
- прибор не должен иметь механических повреждений.

При опробовании необходимо убедиться в работе дисплея. Для этого включают прибор и, не подключая измерительных проводов, последовательно переключают режимы измерений. При этом на дисплей должна выводиться буквенно-цифровая информация в соответствии с руководством по эксплуатации.

Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления

Включите прибор в режим измерения DC. Параметры не имеют значения.



- Замкните провода А и В медным стержнем (замыкателем). Расстояние между крокодилами должно быть как можно меньше.
- Подождите не менее 3 мин для уравнивания температуры контактов для исключения влияния термо ЭДС.
- Измерьте значение нуля прибора.
- Подключите измерительные провода А и В к магазину.
- На магазине установите следующие сопротивления: 0, 500, 1000, 1900.
- После каждой установки следует запустить измерение кнопкой [OK] и зафиксировать результат.

При измерениях на магазине сопротивлений следует учитывать смещение нуля самого магазина. Для этого вводить поправку на разницу в показаний нуля на замыкателе и нуля на магазине.

Количество измерений должно быть не менее трех для каждого значения, выставленного на магазине сопротивления.

Показания не должны выходить из допусков, указанных в таблице.

Проверка базовой частоты в TDR методе

- Подключите провода А и В прибора к частотомеру.
- Нажмите кнопку [POWER] на панели разъемов.
- Нажмите кнопку  (вместо .
- Прибор будет выдавать калибровочные метки.
- Частотомером определите частоту послышки зондирующих импульсов.
- Показание не должны выходить из допусков, указанных в таблице.
- Выключите прибор.

Периодичность калибровки

Калибровка прибора должна производиться не реже 1 раза в 24 месяца.

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Гарантийный срок эксплуатации прибора составляет 3 года с момента продажи. Гарантия на аккумулятор не распространяется. По всем вопросам гарантийного и послегарантийного обслуживания прибора следует обращаться по адресу:

170043, ТВЕРЬ, а/я 43100 СВЯЗЬПРИБОР

тел./факс (4822) 42-54-91

<http://svpribor.ru>

Служба технической поддержки: support@svpribor.ru

При отправке в ремонт сопроводите, пожалуйста, прибор следующими сведениями:

1. Описание неисправности
2. Замечания или пожелания по работе прибора
3. Обратный адрес

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Заводской номер _____

Дата _____

Подпись _____

СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ПОВЕРКЕ (КАЛИБРОВКЕ)

прибора № _____

Выставленное значение	Данные	
	По ТУ	фактически

Измерение сопротивления

0 Ом (замыкатель)	0÷0,002	
0 Ом (магазин)		
500,0 Ом	499,4÷500,6	
1000,0 Ом	998,9÷1001	
1900 Ом	1898÷1902	

Оттиск калибровочного клейма

Калибровщик

Дата

Модуль рефлектометра

Частота на диапазоне 250 м	1526 Гц – номинал (1518÷1534)	
-------------------------------	----------------------------------	--

Калибровщик

Дата

Для проверки оптических одномодовых кабелей рекомендуем использовать рефлектометр ГАММА ЛАЙТ.



При тестировании медных кабелей для Ethernet
полезен прибор LAN Test

Подробности на нашем сайте
www.svpribor.ru