

Руководство по эксплуатации приборов для измерений межфазного натяжения



Тензиометр-МОК



ELCHROM®

Генеральный директор
ООО «Инжиниринговый
центр ЭЛХРОМ»

МП

Э.Ю. Дарьян

Содержание

1	Общие сведения	2
2	Область применения	2
3	Описание прибора	2
3.1	Назначение	2
3.2	Условия эксплуатации	3
3.3	Программное обеспечение.....	4
4	Метрологические и технические характеристики	5
5	Устройство прибора.....	6
6	Принцип работы прибора.....	8
7	Эксплуатация прибора.....	9
7.1	Предварительная подготовка к эксплуатации	9
7.2	Работа с сенсорным экраном	10
7.3	Подготовка прибора к работе	15
7.4	Заполнение резервуара дозатора водой.....	15
7.5	Подготовка к проведению измерений межфазного натяжения	18
7.6	Алгоритм работы экранного меню	21
7.7	Калибровка	23
7.8	Выполнение измерений межфазного натяжения	23
7.9	Действия после окончания измерений	24
8	Указания по безопасности эксплуатации	25
9	Внешнее программное обеспечение	26
10	Электромагнитная совместимость	28
11	Техническое обслуживание и ремонт	28
12	Возможные неисправности и способы их устранения	29
13	Комплект поставки	31
14	Маркировка.....	33
15	Поверка	33
16	Упаковка	33
17	Хранение и транспортировка.....	34
18	Ресурс и срок службы	35
19	Гарантии изготовителя	35
20	Сведения об утилизации.....	36
21	Дополнительная информация	36
22	Рекламации	36
	Приложение А. Методика измерения плотности трансформаторного масла.....	37
	Приложение Б. Указания по безопасности и эксплуатации пробоотборников трансформаторного масла ELCHROM.....	43

Тензиометр-МОК

Руководство по эксплуатации

1 Общие сведения

1.1 Настоящее руководство по эксплуатации (далее – Руководство) предназначено для ознакомления с прибором Тензиометр-МОК (далее – прибор), принципом действия и обеспечения корректной эксплуатации прибора при измерении методом «объема капли» межфазного натяжения изоляционных жидкостей, в том числе, трансформаторных масел на границе с водой.

1.2 Прибор соответствует требованиям ТУ 26.51.66-006-66336888-2024 и позволяет выполнять измерения в соответствии со стандартом IEC 62961-2018 (Приложение А) и ГОСТ 50097-92 в автоматическом режиме. Конструкция прибора защищена патентом Российской Федерации № 214463 с приоритетом от 27.06.2022.

1.3 Предприятие-изготовитель гарантирует исправность прибора только при строгом выполнении требований и рекомендаций, изложенных в Руководстве.

2 Область применения

2.1 Прибор предназначен для контроля качества трансформаторного масла или другой электроизоляционной жидкости из(для) высоковольтного электрооборудования (силовые и измерительные трансформаторы, автотрансформаторы, шунтирующие реакторы, высоковольтные вводы, кабели и конденсаторы).

2.2 Прибор может эксплуатироваться как в стационарной производственной химической лаборатории, так и в мобильной лаборатории на базе автомобильного шасси или прицепа.

3 Описание прибора

3.1 Назначение

3.1.1 Прибор является средством измерения межфазного натяжения изоляционных жидкостей, включая трансформаторные масла, на границе с водой методом «объема капли».

3.1.2 Прибор предназначен для работы с пробоотборниками ELCHROM-G объемом 20 см³ (далее – пробоотборник).

3.1.3 Представительность пробы масла обеспечивается за счёт проведения измерений непосредственно в пробоотборнике без переливания в другие ёмкости.

3.2 Условия эксплуатации

3.2.1 Прибор должен эксплуатироваться согласно Руководству в условиях согласно требованиям в таблице 1 для обеспечения заявленных характеристик на протяжении всего срока службы.

Таблица 1. Условия эксплуатации

Наименование параметра, единица измерения	Значение
Температура окружающей среды, °С	10 - 30
Относительная влажность воздуха, не более, % при температуре 20 °С при температуре 30 °С	60 40
Атмосферное давление, мм рт. ст.	630-800
Содержание в атмосфере коррозионно-активных агентов (атмосфера I – условно чистая по ГОСТ 15150)	– сернистый газ не более 20 мг/(м·сут) (не более 0,025 мг/м); – хлориды – менее 0,3 мг/(м·сут)
Примеси в окружающем воздухе	в пределах санитарных норм, регламентированных ГОСТ 12.1.005-88

3.2.2 Прибор оснащён сенсорным экраном, соответствует современным требованиям надежности и безопасности, обеспечивает оперативное получение сведений об интегральном показателе качества масла, определяемом в рамках оценки технического состояния высоковольтного маслонаполненного оборудования и, в частности, силовых трансформаторов.

3.2.3 Перед включением прибор следует установить на ровной поверхности в стабильном положении и подключить кабель питания. Необходимая площадь поверхности для комфортной работы – 0,5 м² (примерно 80×60 см).


3.3 Программное обеспечение

3.3.1 Прибор оснащен встроенным программным обеспечением (далее – ПО), позволяющим проводить контроль процесса измерений, осуществлять сбор экспериментальных данных, обрабатывать и сохранять во внутренней памяти полученные результаты для последующего просмотра на персональном компьютере с использованием внешнего (прикладного) ПО (поставляется опционально). Уровень защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «средний» по Р 50.2.077-2014. Идентификационные данные встроенного ПО приведены в таблице 2.

Таблица 2. Идентификационные данные встроенного ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	–
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V2.XX*
Цифровой идентификатор ПО	–

* X является метрологически незначимой частью ПО и принимает значения от 0 до 99

Наименование и номер версии встроенного ПО однозначно идентифицируется следующим способом: выбирают вкладку «Настройки», нажимают . Номер версии встроенного ПО прибора отображается в строке «Версия ПО».

3.3.2 Внешнее ПО позволяет получать из внутренней памяти прибора сохранённые результаты измерений, сохранять их в локальной базе данных, дополнять связанной с пробой изоляционной жидкости информацией, автоматически формировать протокол с результатами измерений. Уровень защиты внешнего ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «средний» по Р 50.2.077-2014. Идентификационные данные внешнего ПО приведены в таблице 3.

Таблица 3. Идентификационные данные внешнего ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	T-МОК Elchrom
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.XX*
Цифровой идентификатор ПО	–

* X является метрологически незначимой частью ПО и принимает значения от 0 до 99

3.3.3 Наименование и номер версии внешнего ПО однозначно идентифицируется следующим способом: выбирают на главном меню «О программе». Наименование внешнего ПО отображается в верхней части окна, а номер версии – в строке «Версия».

4 Метрологические и технические характеристики

4.1 Метрологические и технические характеристики, а также технические данные представлены в таблицах 4-6.

Таблица 4. Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений межфазного натяжения, мН/м	от 1 до 100
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений межфазного натяжения, %	±5

Таблица 5. Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Дискретность показаний межфазного натяжения, мН/м	0,1
Параметры электрического питания: – напряжение переменного тока, В – частота переменного тока, Гц	от 190 до 240 50
Потребляемая мощность, Вт, не более	180
Габаритные размеры, мм, не более – ширина – глубина – высота	210 290 370
Масса, кг, не более	7,5
Условия эксплуатации: – температура воздуха, °С – относительная влажность, %, не более	от +10 до +30 60 (при температуре +20 °С) 40 (при температуре +30 °С)

Таблица 6. Основные технические данные

Технические данные	Значение
Метод измерения	метод «объёма капли» на границе с водой
Счёт капель воды	автоматический

Технические данные	Значение
Тип детектора капель воды	оптический
Совместимость с пробоотборниками трансформаторного масла	Elchrom-G объемом 20 см ³
Режим термостатирования	охлаждение/нагрев
Самодиагностика	да
Возможность регулирования скорости образования капли	да
Возможность регулирования скорости набора и сброса воды из ёмкости для воды	да
Количество капель в серии	задаётся от 1 до 14
Управление прибором	с сенсорного экрана
Расчёт значения межфазного натяжения	автоматический
Подсветка термостатируемой камеры	да
Способ фиксации пробоотборника в термостатируемой камере	магнитный зажим с защёлкой
Объём пробы масла для измерений, мл	15-18
Приведение значения плотности к температуре измерений	автоматически
Расходные материалы (расход на одно измерение при серии из 6 капель)	дистиллированная вода с электропроводностью не выше 5,1 мкСм/см* при 25°C (не более 1 мл)
Режим измерения (продолжительность одного измерения при серии из 6 капель)	автоматический (не более 20 минут)

* ГОСТ 58144-2018

4.2 Предприятие-изготовитель оставляет за собой право улучшать характеристики прибора без дополнительного уведомления потребителей.

5 Устройство прибора

5.1 Прибор выполнен в моноблочном конструктиве и оснащён сенсорным экраном (рис. 1).

5.2 В верхней части корпуса прибора под прозрачной крышкой находится термостатируемая камера (термостат), в которой размещены следующие элементы:

1 – пробоотборник с пробой трансформаторного масла;

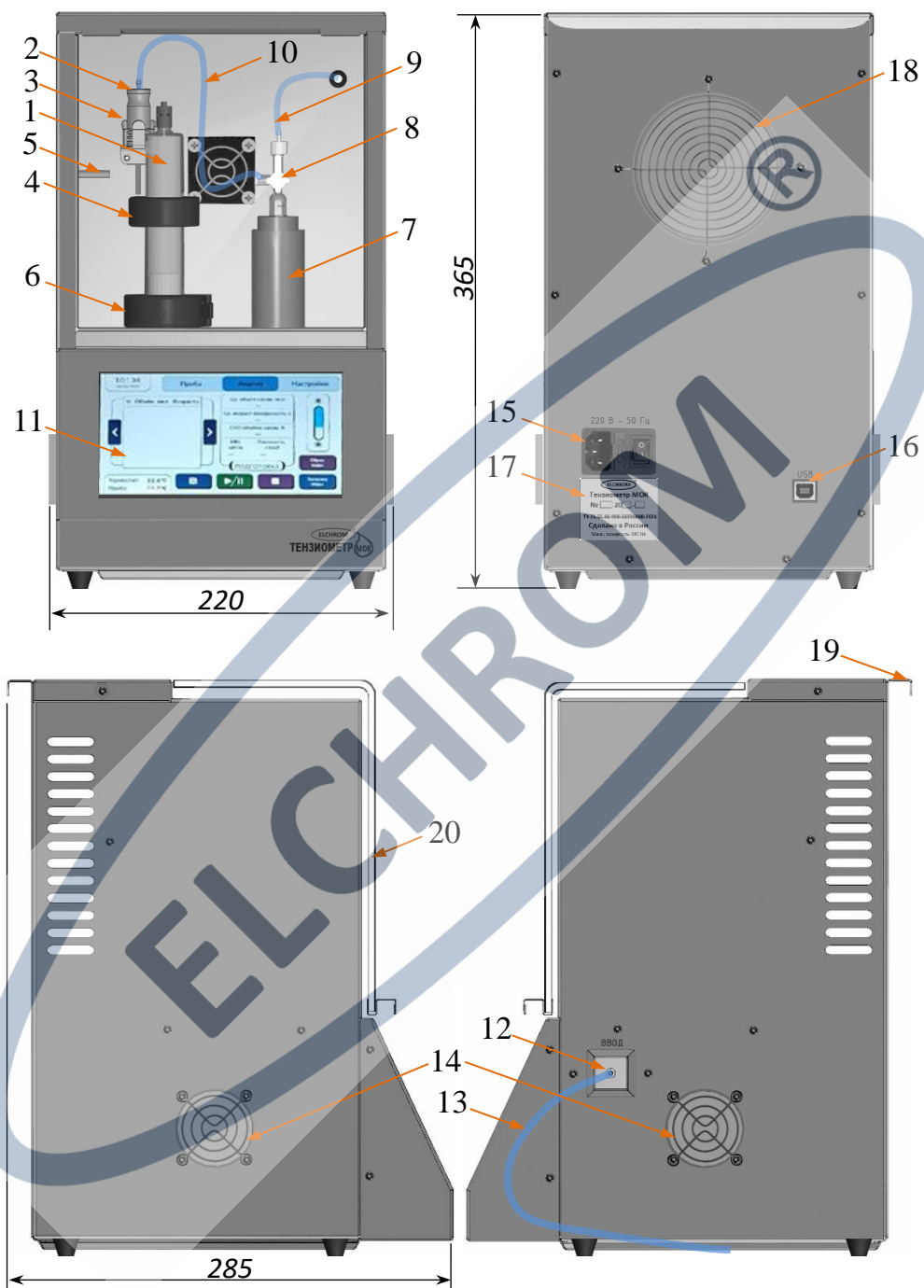


Рисунок 1. Общий вид и габаритные размеры прибора

- 2 – адаптер с капилляром;
- 3 – держатель адаптера;
- 4 – счётчик капель со встроенным датчиком температуры пробы масла;
- 5 – датчик температуры в термостатируемой камере;
- 6 – магнитный зажим для пробоотборника;
- 7 – дозатор жидкостный;
- 8 – трехходовой кран;
- 9 – трубка для подачи воды в дозатор;
- 10 – трубка с переходником и гайкой для забора/сброса воды.

5.3 В нижней части корпуса прибора находятся следующие элементы:

- 11 – сенсорный экран;
- 12 – штуцер для заливки/сброса воды;
- 13 – трубка с переходником и гайкой для забора/сброса воды (присоединяется гайкой к штуцеру для заливки/сброса воды);
- 14 – вентиляторы системы охлаждения электронных плат;
- 15 – разъём для подключения электрического питания;
- 16 – USB-разъём для отладочных работ;
- 17 – табличка с паспортными данными прибора.

5.4 Также на корпусе прибора находятся следующие элементы:

- 18 – вентилятор системы охлаждения термостатируемой камеры;
- 19 – ручка для переноски прибора;
- 20 – крышка (прозрачная) термостатируемой камеры.

5.5 Термостатируемая камера освещается светодиодной лампой.

6 Принцип работы прибора

6.1 Пробоотборник ELCHROM-G объемом 20 см³ с пробой масла устанавливают в термостатируемую камеру. Погружают через присоединительный конус пробоотборника металлический капилляр со специально обработанным торцом на определённую глубину от поверхности масла (глубина погружения ограничена адаптером).

6.2 Капилляр через адаптер соединён гибкой трубкой с жидкостным прецизионным дозатором. Дозатор, трубка, капилляр с адаптером и пробоотборник с маслом находятся в термостатируемом объёме. Термостатирование осуществляется модулем Пельтье с помощью дискретного программного регулирования и может осуществляться в двух режимах – прямом (нагревание) и реверсивном (охлаждение).

6.3 Контроль температуры в термостатируемой камере и температуры пробы масла производится цифровыми измерителями.

6.4 При достижении изотермического режима при заданной температуре начинается процесс подачи воды в пробу масла через капилляр с установленной скоростью. В масле начинает формироваться капля воды на торце капилляра, которая при достижении определённого объёма отрывается от капилляра и падает на дно пробоотборника, проходя через оптический датчик автоматического счёта числа капель. Датчик регистрирует время начала прохождения капли с высокой точностью и даёт команду контроллеру для фиксации количества шагов шагового привода жидкостного дозатора, отсчитанного с момента начала образования капли. При этом шаговый привод не останавливается, и продолжается формирование следующей капли и так далее до конца измерений (количество капель в серии задаётся оператором).

6.5 После окончания формирования серии капель выполняется автоматический расчёт среднего объёма капли, по которому вычисляется значение межфазного натяжения исследуемого масла в соответствии с методикой измерения.

7 Эксплуатация прибора

7.1 Предварительная подготовка к эксплуатации

7.1.1 Установить прибор на ровной горизонтальной поверхности.

7.1.2 Подключить прибор к источнику электрического питания.

7.1.3 Включить прибор переключателем «Сеть» (на задней стенке прибора). Прибор сразу начнёт приведение температуры в термостатируемой камере к тому значению, которое использовалось последний раз (по умолчанию задано значение 25 °С).

7.2 Работа с сенсорным экраном

7.2.1 На экране имеется 3 вкладки:

- Проба;
- Анализ;
- Настройки.

7.2.2 Вкладка «Проба» (рис. 2) содержит две формы, смена которых осуществляется нажатием на кнопки << >> слева и справа.

Параметр	Значение
Предприятие	<input type="text"/>
Объект	<input type="text"/>
Вид оборудования	<input type="text"/>
Дисп.наименование	<input type="text"/>
Тип	<input type="text"/>
Зав.номер	<input type="text"/>

Форма 1

Параметр	Значение
Год выпуска	<input type="text"/>
Год ввода в эксплуатацию	<input type="text"/>
Дата отбора пробы	<input type="text"/>
Температура масла, гр.С	<input type="text"/>
Плотность масла, г/см3	<input type="text"/>
Коэфф. расширения, 1/гр.С	<input type="text"/>

Форма 2

Рис 2. Формы вкладки «Проба»

7.2.3 Во вкладке устанавливаются следующие параметры:


- Предприятие – предприятие, которому принадлежит обследуемое оборудование;

- Объект – станция или подстанция;
- Вид оборудования – силовой трансформатор, высоковольтный ввод, трансформатор тока и т.д.;
- Дисп. наименование – диспетчерское наименование оборудования;
- Тип;
- Заводской номер;
- Год выпуска;
- Год ввода в эксплуатацию;
- Дата отбора пробы;
- Температура масла – температура масла в °С при измерении его плотности. **Параметр является обязательным для заполнения.**

- Плотность масла – плотность в г/см³ анализируемого масла.

Параметр является обязательным для заполнения.

- Коэфф. расширения – температурный коэффициент объемного расширения в 1/°С анализируемого масла (для трансформаторных масел можно принять $\approx 0,0007$ 1/°С). **Параметр является обязательным для заполнения.**

7.2.4 Вкладка «Настройки» (рис. 3) содержит две формы, смена которых осуществляется нажатием на кнопки   слева и справа.

7.2.5 Во вкладке устанавливаются следующие параметры (все параметры являются обязательными к заполнению):

- Температура – температура, при которой будут проводиться измерения (для трансформаторного масла устанавливается температура 25 °С).

- Скорость загрузки – скорость подачи воды в диспенсер при нажатии кнопки «Загрузка воды» (вкладка «Анализ»). Рекомендуемый диапазон значений от 500 до 2000.

- Скорость подачи – скорость сброса воды из диспенсера при нажатии кнопки «Сброс воды» (вкладка Анализ). Рекомендуемый диапазон значений от 500 до 2000.

- Рабочая скорость – скорость подачи воды при измерениях. Рекомендуемый диапазон значений 6-8, что соответствует скорости подачи воды 0,66-0,88 мкл/с.

15:19
23/03/2024

Проба Анализ **Настройки**

Ⓡ

Температура

Скорость загрузки

Скорость подачи

Рабочая скорость

Чувствительность

Количество капель

< >

Форма 1

15:19
23/03/2024

Проба Анализ **Настройки**

Ток датчика

Диаметр капилляра

К калибровки

Версия ПО

< >

Форма 2

Рис 3. Формы вкладки «Настройки»

– Чувствительность – чувствительность приёмника в счётчике капель. Рекомендуемый диапазон значений от 50 до 100.

При ложных срабатываниях рекомендуется увеличить значение чувствительности, а в случае несрабатывания при падении капли – уменьшить. Например, для измерения межфазного натяжения гептана, рекомендуется установить значение 70.

– Количество капель – количество регистрируемых капель в одной серии. Рекомендуемое количество капель 6.

– Ток датчика – интенсивность излучения в счетчике капель. Рекомендуемое значение 3100.

– Диаметр капилляра – значение внешнего диаметра используемого капилляра (1,5 мм);

– К калибровки – значение калибровочного коэффициента (заполняется автоматически после проведения калибровки, но может быть скорректировано вручную);

– Версия ПО – версия программного обеспечения прибора (для информации).

7.2.6 Вкладка «Анализ» (рис. 4) является основным рабочим экраном прибора, на котором расположены все кнопки управления.

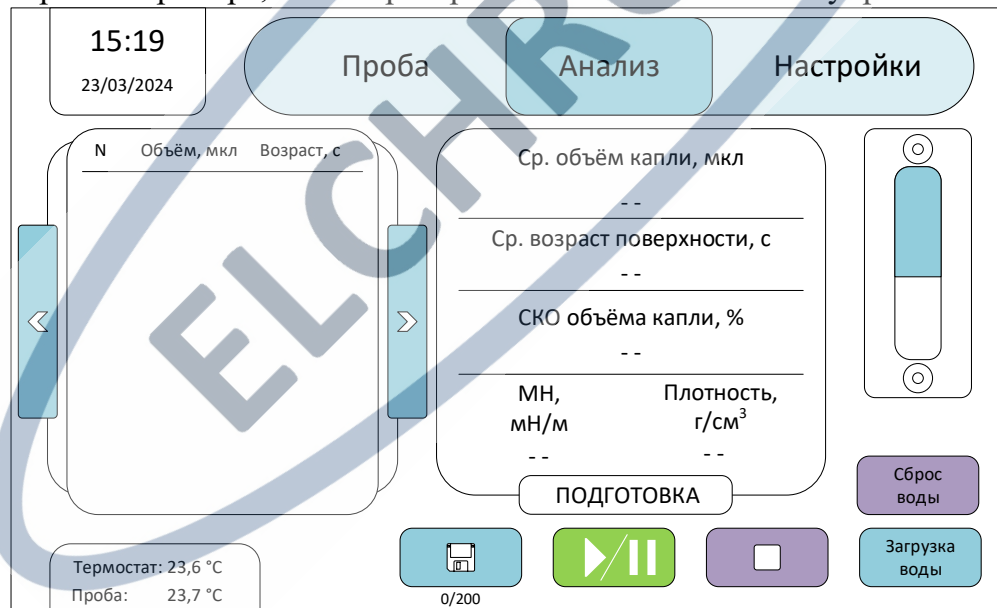
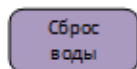
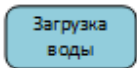


Рис 4. Вкладка «Анализ»



Кнопка «Сброс воды». Опорожнение диспенсера



Кнопка «Загрузка воды». Загрузка воды в диспенсер



Кнопка «Старт/пауза». Начало/пауза/продолжение измерений



Кнопка «Стоп». Досрочное завершение измерений, прекращение опорожнения диспенсера или загрузки воды в диспенсер




0/200

Кнопка «Сохранить». Сохранение результатов измерений во внутренней памяти прибора (под кнопкой расположен счётчик сохранённых результатов), а также просмотр ранее сохранённых результатов (при длительном удержании кнопки)



Индикатор концевых выключателей дозатора. При срабатывании становится красным. Срабатывает когда дозатор полностью заполнен или когда дозатор полностью опорожнён

7.2.7 В левой части экрана расположена область, отображающая результаты измерений объема каждой упавшей капли.

7.2.8 Если в серии было более 7 капель, то параметры 8-й и последующих капель можно увидеть на других формах, смена которых осуществляется нажатием на кнопки  слева и справа.

7.2.9 В правой части экрана по окончании измерений выводятся результаты измерений:

- Средний объем капли;
- Средний возраст поверхности (среднее время образования капли до падения);
- СКО объема капли (среднеквадратическое отклонение);
- Межфазное натяжение (МН);
- Плотность масла (значение заранее вводится оператором).

7.2.10 Под блоком с результатами измерений расположено поле со статусом прибора, который может принимать следующие значения:

- «Подготовка» – температура термостата и/или пробы не соответствующую заданным;
- «Готов» – прибор готов к выполнению измерений

(температура термостата и пробы соответствуют заданным и в диспенсере достаточно воды);

- «Анализ» – выполняется измерение;
- «Сброс» – выполняется опорожнение дозатора;
- «Загрузка» – выполняется загрузка воды в дозатор.

7.2.11 Выше кнопок «Сброс воды» и «Загрузка воды» расположен индикатор уровня воды в диспенсере. При уровне воды менее 15% отображается символ «!», – необходимо загрузить воду в дозатор. Внутренний объём резервуара дозатора составляет 10 мл.

7.2.12 В левом нижнем углу отображается температура термостатируемой камеры и пробы масла.

7.2.13 В левом верхнем углу отображаются текущие время и дата (для изменения времени и/или даты необходимо нажать на данное поле).

7.3 Подготовка прибора к работе

7.3.1 Установить во вкладке «Настройки» необходимую температуру термостатируемой камеры (по умолчанию установлена температура 25 °С).

7.3.2 Очистить капилляр (трубка с переходником и гайкой для капилляра должна быть отсоединена) следующим образом: последовательно промыть капилляр снаружи и изнутри (при помощи шприца с иглой) гексаном (или гептаном, петролейным эфиром), изопропиловым спиртом, проточной, дистиллированной водой и протереть капилляр сухой безворсовой одноразовой салфеткой.

7.3.3 Установить в прибор адаптер с предварительно очищенным капилляром (рис. 5), соединив его с дозатором трубкой с переходником и гайкой для капилляра (накрутить на адаптер гайку, а на свободный выход трёхходового краника накрутить переходник трубки).

7.3.4 Разместить адаптер с капилляром в держатель.

7.4 Заполнение резервуара дозатора водой

7.4.1 Убедиться, что адаптер капилляра соединён гибкой трубкой через трёхходовой краник с жидкостным прецизионным дозатором.

7.4.2 Подставить под капилляр емкость (на рис. 5а стакан с синим ободком), установить трёхходовой краник в позицию **3** (рис. 5б)

(позиции трехходового краника представлены на рис. 6) и сбросить остатки воды, нажав кнопку «Сброс воды». Ёмкость из-под капилляра не убирать!



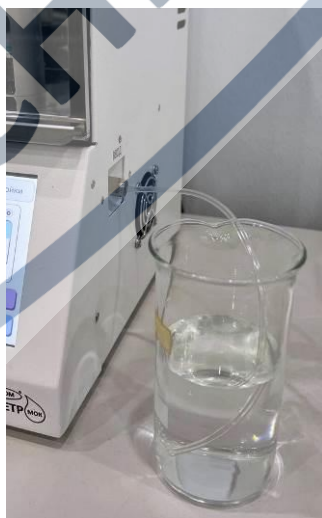
а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 5. Заполнение резервуара дозатора водой



е)



ж)

Рис. 5 (продолжение). Заполнение резервуара дозатора водой

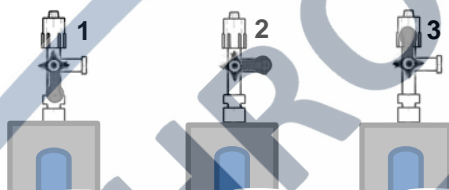


Рис. 6. Положения трехходового крана дозатора

7.4.3 Присоединить трубку с переходником и гайкой для забора/сброса воды, накрутив гайку на штуцер для заливки/сброса воды на правой стенке прибора (рис. 5в). Опустить свободный конец трубки в емкость с дистиллированной водой (рис. 5г), выкрутив из него заглушку. Перевести трехходовой кран в позицию 2 (рис. 5д).

7.4.4 Нажать кнопку «Загрузка воды» и дождаться заполнения резервуара дозатора (рис. 5е), при этом на дисплее цвет нижнего индикатора концевого выключателя станет красным.

7.4.5 Перевести трехходовой кран в позицию 3 (рис. 5ж).

7.4.6 Нажать кнопку «Сброс воды» и дождаться пока выйдет весь воздух из резервуара дозатора и из капилляра начнёт капать вода. Для промывки трубки слить $\approx 0,5$ мл и нажать кнопку «Стоп».

7.5 Подготовка к проведению измерений межфазного натяжения

7.5.1 Провести измерение плотности испытуемого трансформаторного масла. Рекомендуемый метод измерения при помощи пикнометра (входит в комплект поставки) представлен в Приложении А к Руководству. Метод соответствует ГОСТ 3900-2022 и требует 1-5 мл масла. Плотность может быть измерена любым другим методом, обеспечивающим погрешность не более $0,01 \text{ г/см}^3$.

7.5.2 Если в пробоотборнике ELCHROM-G объемом 20 мл более 18 мл масла, то необходимо удалить часть масла, чтобы объём пробы составлял 15-18 мл. Целесообразно использовать эту часть пробы масла для измерения плотности при помощи пикнометра, как рекомендовано выше.

7.5.3 Набрать в пробоотборник примерно 4 мл воздуха, для чего, придерживая поршень, перевести трёхходовой краник в положение 2 или 3 (рис. 7) и выдвинуть поршень. Вернуть трёхходовой краник в положение 1.



Рис. 7. Положения трёхходового краника на пробоотборнике ELCHROM-G

7.5.4 Магнитный зажим (рис. 8) установить (рис. 9б) на пробоотборник, в котором находится проба масла объёмом 15-18 мл и 4 мл воздуха (рис. 9а), и закрыть защёлку (рис. 9в).

ВНИМАНИЕ! Не снимать с пробоотборника краник и не переводить краник из положения 1 в положения 2 или 3 до установки на пробоотборник магнитного зажима, т.к. поршень может выпасть из цилиндра, а проба масла разлиться.

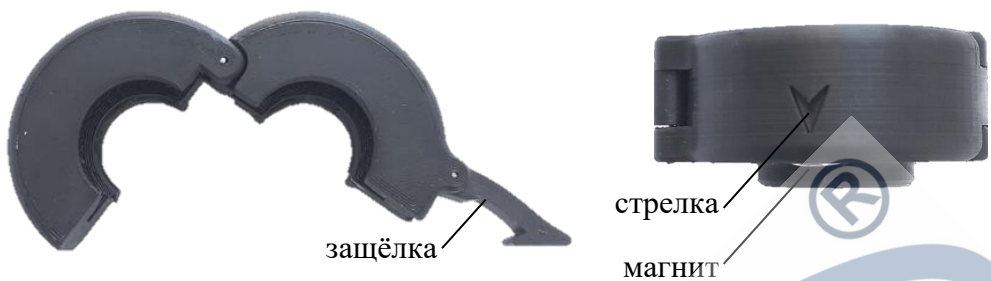
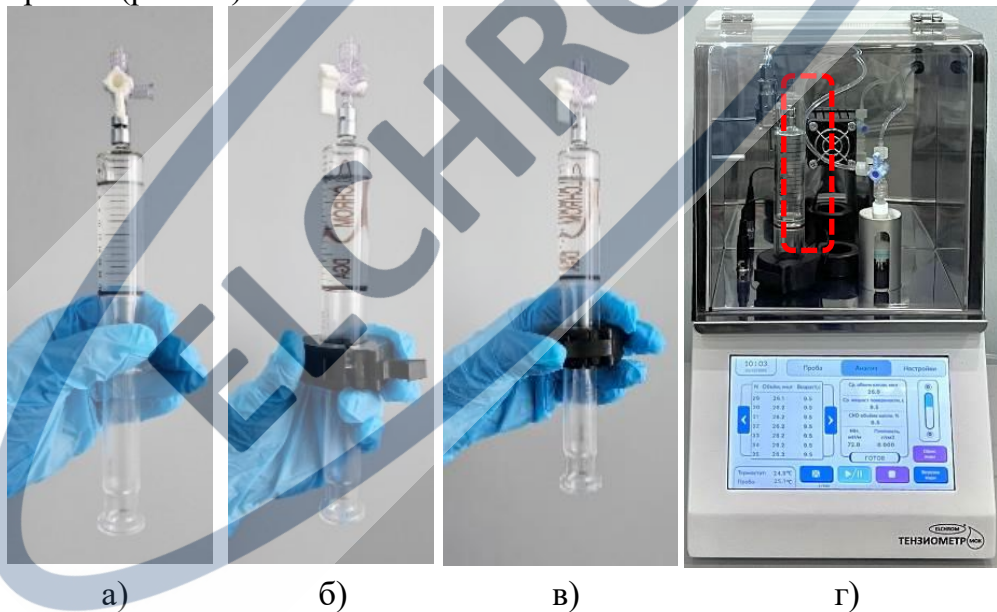


Рис. 8. Магнитный зажим

7.5.5 Магнитный зажим должен быть так расположен на пробоотборнике, чтобы стрелка была по направлению к поршню (рис. 10).

7.5.6 Установить поршнем вниз пробоотборник с магнитным зажимом (магниты должны быть со стороны поршня и примагничиваться к основанию камеры) в отверстие в термостатируемой камере и снять с пробоотборника трёхходовой краник (рис. 9г).



а)

б)

в)

г)



д)

е)

Рис. 9. Подготовка к проведению измерений

7.5.7 Надеть сверху на пробоотборник счётчик капель с датчиком температуры пробы масла (рис. 9д). Установить счётчик капель примерно на уровне отметки 10 мл (рис. 10). Проследить, чтобы маркировка торгового знака на пробоотборнике не попала в область счётчика капель для беспрепятственного прохождения оптических сигналов сквозь пробоотборник.

7.5.8 Вставить капилляр с адаптером в пробоотборник через присоединительный конус (рис. 9е) до упора, удерживая его вертикально.

7.5.9 Закрывать крышку термостатируемой камеры.

7.5.10 Внести во вкладке «Проба» информацию о пробе масла.

7.5.11 Выждать пока температуры термостата и пробы достигнут установленного ранее значения с погрешностью ± 1 °C (статус прибора должен измениться на «Готов», а цвет надписей со значениями температуры – с красного на зелёный).

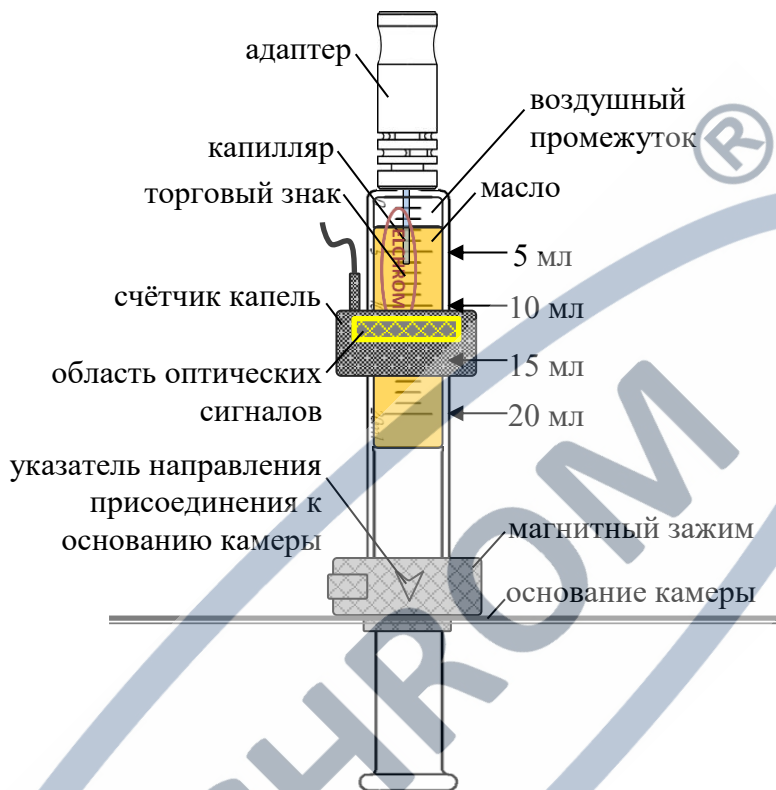


Рис. 10. Установка счётчика капель

7.6 Алгоритм работы экранного меню

7.6.1 После заполнения данных на вкладках «Проба» и «Настройки» на экранном меню следует перейти во вкладку «Анализ» и нажать кнопку «Старт/Пауза» (рис. 11).

7.6.2 Алгоритм работы прибора предусматривает диалоговые окна с вопросами, первый из которых «Плотность масла введена?»:

- если плотность масла введена и калибровка не требуется, то следует нажать «Да» – начнётся измерение межфазного натяжения пробы, находящейся в пробоотборнике;
- если плотность масла не введена, то следует нажать «Нет».

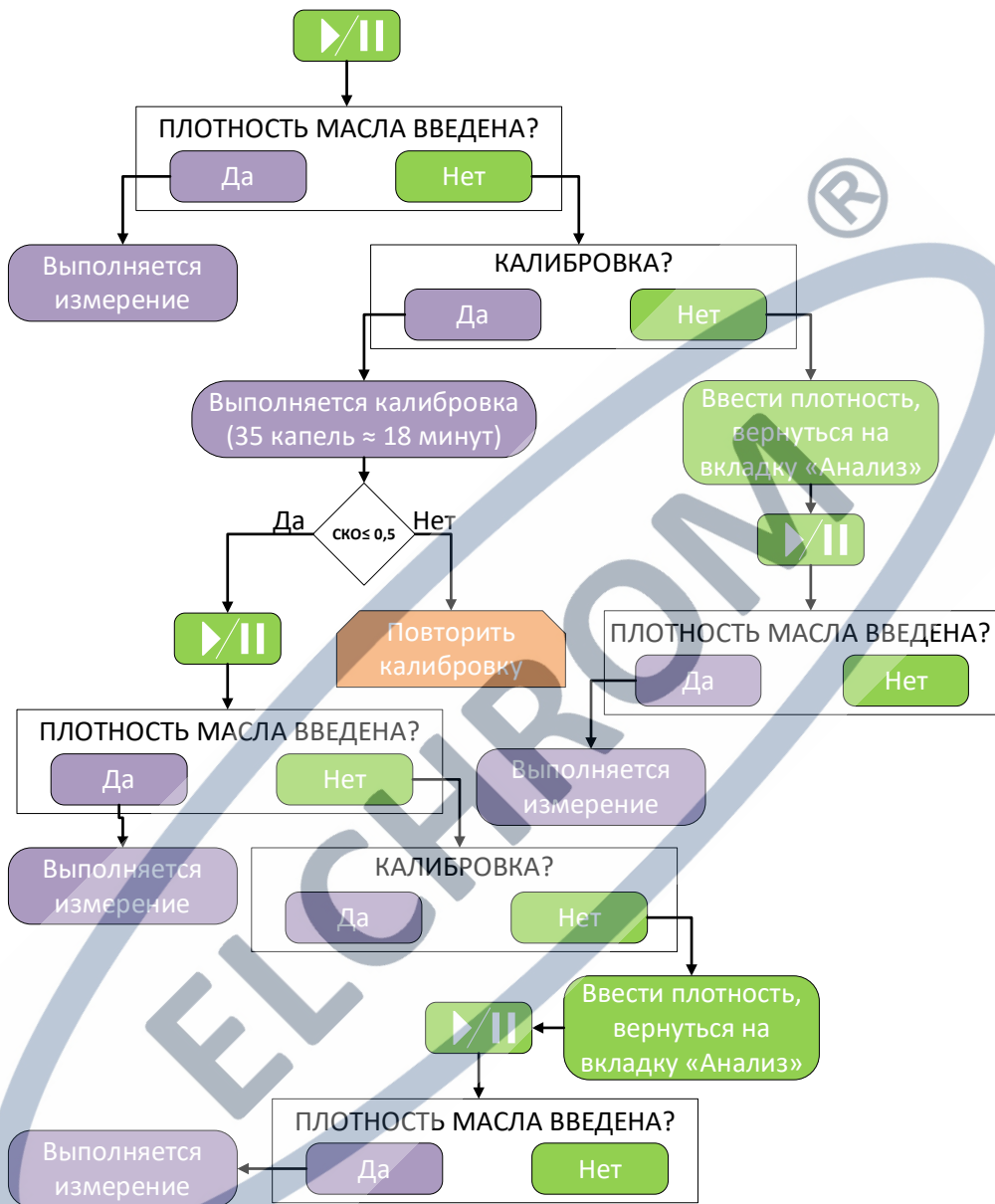


Рис. 11. Блок-схема управления прибором на экранном меню

7.6.3 Второй вопрос диалогового окна «Калибровка?»:

- если калибровка уже выполнена, нажать «Нет» и откроется вкладка, где нужно ввести значение плотности, после чего перейти на вкладку «Анализ» и снова нажать «Старт/Пауза»;

- если требуется выполнить калибровку, то следует нажать «Да» (при этом прибор должен быть подготовлен к калибровке – см. раздел 7.7). Прибор выполнит калибровку «по воздуху»: будет проведена серия из 35 капель (≈ 18 минут при 25°C) и вычислен калибровочный (поправочный) коэффициент, который применяется к измеренным значениям межфазного натяжения (см. формулу в разделе 7.8) до следующей калибровки или корректировки этого коэффициента оператором вручную на вкладке «Настройки».

7.7 Калибровка

7.7.1 Проведение калибровки необходимо для снижения систематической погрешности. Выполнять калибровку рекомендуется один раз в день в начале рабочей смены или, если измерение планируется единичное, то непосредственно перед измерением. Также калибровку необходимо выполнять перед проведением поверки прибора.

7.7.2 Подготовить прибор к калибровке:

- взять пустой пробоотборник;
- убедиться, что в дозаторе есть вода, а трехходовой кран дозатора находится в положении 3;
- выполнить пп. 7.5.4-7.5.9 и 7.5.11 Руководства, не набирая в пробоотборник масла. При этом по п.7.5.3 выдвинуть поршень до отметки 18 мл.

7.7.3 Нажать «Старт/Пауза» и на вопрос диалогового окна «Плотность масла введена?» ответить «Нет», а на вопрос диалогового окна «Калибровка?» ответить «Да». Начнётся процесс калибровки.

7.7.4 Если значение СКО меньше или равно 0,5, то можно выполнять измерения, иначе требуется повторить калибровку.

7.8 Выполнение измерений межфазного натяжения

7.8.1 Перед началом каждого измерения следует убедиться, что в дозаторе есть вода, а трехходовой кран дозатора находится в положении 3.

ВАЖНО! Иное положение трехходового краника во время измерений может привести к выходу прибора из строя.

7.8.2 Нажать на сенсорном экране кнопку «Старт/пауза» и выбрать требуемые в диалоговом окне «Плотность масла введена?» (рис. 11) «Да» (предполагается, что калибровка уже выполнена и плотность масла введена).

7.8.3 После окончания измерений прибор подаст звуковой сигнал и выведет полученные значения среднего объема капли, среднего возраста поверхности, СКО объема капли, межфазного натяжения, а также введенное ранее оператором плотности масла при измерении.

7.8.4 Межфазное натяжение автоматически рассчитывается прибором по формуле:

$$MН = \frac{\Delta\rho \cdot V \cdot g}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot f} \cdot k$$

где МН – межфазное натяжение, мН/м;

$\Delta\rho$ – разность плотности воды и масла, г/см³;

V – средний объем капли, см³;

g – ускорение свободного падения, равное 981 см/с²;

r – наружный радиус используемого капилляра, см;

f – коэффициент коррекции;

k – калибровочный коэффициент.

7.9 Действия после окончания измерений

7.9.1 Зафиксировать в протоколе результат измерения. Нажать на кнопку «Сохранить», если в дальнейшем планируется перенос этого результата в память персонального компьютера или просмотр на экране прибора после выполнения следующих измерений. Иначе, текущий результат измерения не сохранится во внутренней памяти прибора (объем доступной памяти – 200 измерений, после чего результаты начнут перезаписываться, начиная с первого). Целесообразно сохранять все результаты, кроме результатов пробных измерений или ошибочных.

7.9.2 Извлечь капилляр из пробоотборника. Между измерениями достаточно протереть капилляр снаружи безворсовой салфеткой, смоченной этиловым или изопропиловым спиртом.

7.9.3 Установить адаптер с капилляром в держатель на задней стенке термостатируемой камеры. Если проведение измерений не

планируется в течение ближайших 30 дней, то очистить капилляр согласно п. 7.3.2.

7.9.4 Снять с пробоотборника счётчик капель.

7.9.5 Установить на пробоотборник трехходовой краник и перевести его в положение 1.

7.9.6 Извлечь пробоотборник из прибора.

7.9.7 Снять с пробоотборника магнитный зажим, расцепив защёлку.

7.9.8 Выключить прибор кнопкой «Сеть», если проведение измерений более не планируется.

ВАЖНО! Не следует оставлять пробоотборник в приборе после завершения измерений более чем на 4 часа для исключения случаев скопления исследуемой жидкости или воды в стакане (в который помещается поршень пробоотборника).

8 Указания по безопасности эксплуатации

8.1 К работе с прибором допускаются лица, имеющие навыки работы с измерительными приборами и изучившие Руководство.

8.2 Запрещается использовать прибор в следующих случаях:

- вывернуты крепежные винты на корпусе;
- нарушена целостность кабеля питания;
- отсутствует заземление в розетке питания;
- не вращается хотя бы один из трёх вентиляторов;
- при попадании воды или изоляционной жидкости в отсек прибора с электронными платами;
- имеются механические повреждения прибора.

8.3 Выполнение измерений должно проводиться при закрытой прозрачной крышке прибора.

8.4 При манипуляциях с пробоотборниками необходимо принимать все меры предосторожности при работе со стеклянными изделиями (Приложение Б).

8.5 Промывка капилляра и пикнометра осуществляется растворителями, при обращении с которыми необходимо принимать все меры предосторожности при работе с химически опасными веществами. Рекомендован следующий расход растворителей:

- гексан – 10 мл за смену;

- изопропиловый спирт – 10 мл за смену;
- нефтяной растворитель (для промывки пикнометра) – 10 мл на одну пробу трансформаторного масла.

Отработанный растворитель следует собирать в контейнер. Материал и его контейнер подлежат утилизации. Утилизировать содержимое и (или) контейнер в соответствии с местными/региональными/национальными/международными правилами. В канализацию не сливать и не допускать попадания в окружающую среду.

9 Внешнее программное обеспечение

9.1 Внешнее ПО (поставляется опционально) «Т-МОК Elchrom» реализует следующие функции:

- получение из внутренней памяти прибора сохранённых результатов измерений;
- отображение, редактирование и сохранение в локальной базе данных результатов измерений;
- ввод и корректировка связанной с пробой изоляционной жидкости информации;
- автоматическое формирование протоколов с результатами измерений.

9.2 Интерфейс ПО и протоколы с результатами измерений – на русском языке.

9.3 Для обеспечения работы ПО необходимо использовать компьютер со следующими техническими характеристиками:

- процессор с частотой не менее 2 ГГц;
- оперативная память объемом не менее 2 ГБ;
- накопитель информации со свободной ёмкостью не менее 10 ГБ;
- монитор с разрешением не менее 1920×1080;
- интерфейс USB.

9.4 На компьютере должно быть предустановлено следующее системное ПО:

- MS Windows версии 7 (и выше);
- MS Framework ver.4.0;

- Пакет MS Office 2007 (или выше);

9.5 Форматы файлов:

- протоколы (вывод данных): *.docx;
- локальная информационная база данных с условиями и результатами проведения измерений, паспортными данными оборудования и другой, связанной с пробой исследуемой жидкости информацией: *.sqlite.

9.6 ПО защищено ключом активации для контроля использования его копий. При первом запуске ПО на компьютере необходимо пройти процедуру активации: ввести ключ активации. Для получения ключа активации необходимо отправить поставщику ПО серийный номер, который автоматически генерируется ПО во время первого его запуска на данном компьютере. Введённый однажды ключ активации даёт право бессрочного пользования ПО на данном компьютере.

9.7 В главном окне ПО в основном меню содержатся разделы:

- Справочники;
- О программе.

9.8 В главном окне ПО доступны следующие функции:

- просмотр перечня оборудования, данные о результатах анализов по которому уже внесены в локальную базу данных ПО;
- поиск оборудования, для которого данные о результатах анализов уже внесены в локальную базу данных ПО;
- действия над оборудованием (добавление, просмотр, редактирование и удаление данных об оборудовании, из которого отобрана проба масла для анализа, а также о техническом обслуживании и ремонтах этого оборудования);
- действия над измерениями (добавление, просмотр с возможностью последующих редактирования и удаления).

9.9 Добавить результаты измерения можно как по нажатию в главном окне кнопки «Добавить измерение», так и кнопки «Выполненные измерения». Редактировать или удалять результаты измерений возможно только по нажатию кнопки «Выполненные

измерения».

9.10 Добавить из прибора результаты измерения в локальную базу данных ПО возможно только при подключенном к компьютеру приборе и при наличии сохранённых в приборе результатов измерений. Статус подключения прибора отображается в строке состояния ПО в левой части окна «Добавить измерение». Все другие действия над измерениями возможно выполнять и при неподключенном к компьютеру приборе.

9.11 Для формирования протоколов с результатами измерений необходимо нажать на кнопку «Выполненные измерения» и в окне «Измерения» выбрать . В корневой папке ПО находится папка «Reports», в которой предварительно размещён шаблон протокола. В этот шаблон оператором самостоятельно может быть добавлен логотип компании и некоторые данные, которые остаются неизменными для этого прибора, и информация о лаборатории, в которой он используется. Относящиеся к результатам измерений поля в протоколе заполняются автоматически. Некоторые поля, включая поля «Экспертное заключение» и «Протокол проверил», заполняются оператором перед печатью протокола.

10 Электромагнитная совместимость

10.1 В части электромагнитной совместимости согласно ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014 прибор соответствует оборудованию, предназначенному для использования в базовой электромагнитной обстановке (места с электроснабжением непосредственно от распределительной сети низкого напряжения. Например, жилые или служебные помещения), с критерием качества функционирования – В (прибор продолжает функционировать в соответствии с назначением после испытания).

10.2 Прибор не оказывает электромагнитного влияния (отсутствует нежелательная электромагнитная эмиссия) на любое другое оборудование, установленное в непосредственной близости.

11 Техническое обслуживание и ремонт

11.1 Прибор не требует специализированного технического обслуживания на протяжении всего срока службы. Достаточно поддерживать в чистоте термостатируемую камеру и стакан, в

который помещается поршень пробоотборника.

ВАЖНО! Не допускается розлив воды или масла в термостатируемую камеру или их попадание на сенсорный экран и внутрь прибора через решётки вентиляторов охлаждения или другими путями. Если при рассмотрении рекламации внутри тензиометра будут обнаружены следы присутствия воды или масла на сенсорном экране или внутри прибора, такая рекламация будет отклонена, а случай обращения будет признан негарантийным. В этом случае ремонт прибора будет возможен только по отдельному договору (счёту).

11.2 Ремонт прибора должен проводиться только на предприятии-изготовителе или в специализированных организациях.

12 Возможные неисправности и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Прибор не включается	Отсутствует электропитание	Проверить подключение к электрической сети. Проверить и при необходимости заменить предохранитель
Не срабатывает счётчик капель	Счетчик не подключен к разъёму	Подключить счётчик капель к разъёму в термостатируемой камере
	Область между излучателем и приёмником счетчика перекрыта маркировкой пробоотборника	Повернуть счетчик на 10-15 градусов вокруг своей оси или сместить его по высоте на 3-4 мм
	Слишком высокое значение чувствительности приёмника счетчика	Снизить чувствительность приёмника счетчика в настройках прибора
Не устанавливается заданная	Не закрыта прозрачная крышка прибора	Плотно закрыть прозрачную крышку прибора

температура в термостатируемой камере	Температура окружающего воздуха выше 30 °С	Принять меры по снижению разницы между температурой окружающего воздуха и заданной температурой термостата: включить кондиционер в помещении или увеличить температуру термостата, чтобы разница составила не более 5 °С
Капли в серии одного измерения разного размера (высокое значение СКО)	Загрязнен капилляр	Провести очистку капилляра
	Капилляр негерметично соединён с адаптером	Заменить адаптер с капилляром на исправный
Капля не формируется	Отсутствует герметичность магистралей для подачи, забора/сброса воды	Устранить негерметичность: проверить соединения гибкой трубки с трёхходовым краником и адаптером, а также штуцера с дозатором
	Капилляр негерметично соединён с адаптером	Заменить адаптер с капилляром на исправный
	Трёхходовой краник в отличной от положения 3 позиции	Перевести трёхходовой краник в положение 3
Выпадение конденсата на радиаторе внутри термостатируемой камеры	Температура окружающего воздуха выше температуры термостатируемой камеры более, чем на 5 градусов	Отключить прибор и удалить ветошью воду с радиатора и внутренней поверхности камеры. Принять меры по снижению разницы между температурой окружающего воздуха и заданной температурой термостата:


		включить кондиционер в помещении или увеличить температуру термостата, чтобы разница составила не более 5 °С
	Высокая влажность окружающего воздуха	Отключить прибор и удалить ветошью воду с радиатора и внутренней поверхности камеры. Принять меры по снижению влажности в помещении: проветрить помещение, включить кондиционер. При отсутствии возможности снижения влажности установить температуру термостатируемой камеры на 3-4 °С выше и продолжить выполнение измерений

13 Комплект поставки

13.1 Рекомендуемый комплект поставки приведён в таблице 7.

13.2 Целесообразно дополнительное оснащение прибора набором пробоотборников ELCHROM-G объемом 20 см³ в количестве не менее 20 шт. для организации циклического отбора проб изоляционной жидкости и измерений её межфазного натяжения.

Таблица 7. Рекомендуемый комплект поставки

№	Наименование изделия	Кол-во, шт.	Изображение
1	Тензиометр-МОК	1	
2	Руководство по эксплуатации	1	-
3	Паспорт	1	26.51.66-006-66336888-2024 ПС
4	Методика поверки	1	МП 66-251-2024

5	Кабель сетевой	1	
6	Пробоотборник ELCHROM-G объемом 20 см ³ с трёхходовым краником	1	
7	Счетчик капель с датчиком температуры	1	
8	Магнитный зажим для пробоотборника	1	
9	Адаптер с капилляром	1	
10	Краник трёхходовой с переходником	1	
11	Трубка с переходником и гайкой для забора/сброса воды	2	
12	Трубка с переходником и гайкой для капилляра	2	
13	Пикнометр ELCHROM	2	
14	Пробоотборник ELCHROM-G объемом 5 см ³ с иглой для наполнения пикнометра и промывки капилляра	1	
15	Кабель USB (поставляется опционально)	1	-
16	Внешнее (прикладное) ПО (поставляется опционально)	1	-
17	Проточный измеритель температуры жидкости (поставляется опционально)	1	

14 Маркировка

14.1 На корпусе прибора выполнена маркировка следующего содержания:

- на лицевой стороне:
 - наименование прибора «Тензиометр-МОК»;
 - товарный знак ООО «ИЦ Элхром»;
- на задней стенке:
 - режим питания – 220 В, 50 Гц;
 - обозначение разъема «USB» для связи с компьютером;
- также на задней стенке размещена табличка:
 - товарный знак ООО «ИЦ Элхром»;
 - серийный номер прибора;
 - ТУ 26.51.66-006-66336888-2024;
 - климатическое исполнение и категория размещения (УХЛ 4.2);
 - страна производства – Россия;
 - максимальная мощность – 180 Вт;
- на правой стенке:
 - обозначение штуцера «ВВОД» для присоединения трубки для забора воды.

15 Поверка

15.1 Поверка приборов осуществляется уполномоченной организацией в соответствии с документом МП 66-251-2024 «ГСИ. Приборы для измерений межфазного натяжения Тензиометр-МОК. Методика поверки», утвержденным УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Периодичность поверки – один раз в год.

15.2 Сведения о приемке и поверке приведены в паспорте, который прилагается к каждому прибору.

16 Упаковка

16.1 Прибор обертывают в полиэтиленовую пленку по ГОСТ 10354, перевязывают упаковочным скотчем или другим перевязочным материалом и укладывают в коробку из гофрированного картона по ГОСТ 9142.

16.2 Прибор, укладываемый в коробку, закрепляется

материалами, обладающими амортизационными свойствами и не вызывающими коррозию. В качестве амортизационных материалов применяются пенополистирол или пенополиуретан. Допускается применять другие амортизационные материалы, обеспечивающие сохранность прибора при транспортировании. На коробку наносится по ГОСТ 14192-96 транспортная маркировка (основные, дополнительные и информационные надписи и манипуляционные знаки): «Хрупкое. Осторожно», «Беречь от влаги», «Верх».

16.3 Коробку с прибором оклеивают полиэтиленовой лентой с липким слоем по ГОСТ 20477 или скрепляют лентой из полимерных материалов.

16.4 По согласованию с потребителем допускаются другие виды упаковки, обеспечивающие сохранность прибора при транспортировании и хранении.

16.5 Эксплуатационная документация упаковывается в водонепроницаемый пакет из полиэтиленовой пленки по ГОСТ 10354 или полихлорвиниловой пленки по ГОСТ 16272 и укладывается в коробку с прибором.

16.6 Комплектующие и другие принадлежности в соответствии с перечнем из раздела «Комплект поставки (рекомендуемый)» Руководства упаковываются в индивидуальные пакеты с замком типа «zip-лок» и потом в коробку с прибором.

16.7 Способ упаковки, подготовка к упаковке, транспортная тара и материалы, применяемые при упаковке, а также порядок размещения прибора, комплектующих и других принадлежностей соответствуют документации предприятия-изготовителя.

17 Хранение и транспортировка

17.1 Прибор должен храниться и транспортироваться при температуре от +5 °С до +40 °С (условия хранения 2 по ГОСТ 15150-69) и относительной влажности воздуха не более 70% при 25 °С.

17.2 В помещениях для хранения приборов содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать допустимое содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы по условиям хранения 2 по ГОСТ 15150-69.

17.3 Транспортировка прибора в упаковке изготовителя по п. 16 может осуществляться в крытых транспортных средствах любым видом транспорта, а самолётом – в отапливаемых герметизированных отсеках. Транспортная тара должна быть защищена от атмосферных осадков.

17.4 При транспортировке необходимо соблюдать меры предосторожности с учётом манипуляционных знаков, нанесённых на транспортную тару.

17.5 В случае эксплуатации прибора в мобильной лаборатории он должен быть надёжно прикреплён к столешнице с использованием демпфирующих ножек (в стандартную комплектацию не входят) или виброгасящей платформы (в стандартную комплектацию не входит). Перед транспортировкой после работы с прибором в мобильной лаборатории необходимо привести прибор в транспортное положение. Для этого после извлечения пробоотборника с маслом необходимо отсоединить счётчик капель и вместе с магнитным зажимом убрать из термостатируемой камеры.

17.6 В случае необходимости прибор может транспортироваться или кратковременно храниться при отрицательной температуре, но не ниже минус 10 °С и не дольше 4-х часов. Предварительно необходимо слить воду из резервуара дозатора и всех коммуникаций прибора.

18 Ресурс и срок службы

18.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие прибора требованиям ТУ 26.51.66-006-66336888-2024. Прибор для измерения межфазного натяжения изоляционных жидкостей на границе с водой «Тензиометр-МОК» и заявленным в Руководстве характеристикам при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения.

18.2 Средняя наработка прибора до отказа – не менее 10 000 ч.

18.3 Срок службы прибора – 7 лет.

19 Гарантии изготовителя

19.1 Гарантийный срок – 12 месяцев с даты поставки прибора потребителю. Ремонт или замена прибора в течение гарантийного срока производится предприятием-изготовителем при условии

соблюдения потребителем правил эксплуатации, транспортировки и хранения прибора.

19.2 Гарантийные обязательства не распространяются на случаи выхода из строя прибора при несоблюдении условий эксплуатации.

19.3 По истечению гарантийного срока эксплуатации ремонт прибора осуществляется по договору возмездного оказания услуг между потребителем и предприятием-изготовителем или специализированной организацией.

20 Сведения об утилизации

20.1 Прибор после окончания срока службы не представляет опасности для жизни и здоровья людей и окружающей среды.

20.2 После окончания срока службы прибор подлежит утилизации в соответствии с правилами, действующими у потребителя.

21 Дополнительная информация

21.1 В связи с постоянной работой по совершенствованию прибора, повышающей его технико-эксплуатационные характеристики, в конструкцию могут быть внесены изменения, неотражённые в Руководстве.

21.2 Предприятие-изготовитель оставляет за собой право вносить изменения в конструкцию прибора без дополнительного уведомления.

22 Рекламации

22.1 Рекламации не принимаются к рассмотрению в случаях, связанных с естественным износом прибора или с его внешним видом, а также в случаях применения пробоотборников, отличных от ELCHROM-G объемом 20 см³.

22.2 В случае преждевременного выхода прибора из строя его следует вместе с его паспортом вернуть изготовителю с указанием следующих сведений:

- время хранения и дата начала эксплуатации;
- дата выхода из строя и описание неисправности;
- основные данные условий хранения, транспортировки и эксплуатации;
- кем заполнены сведения, дата, подпись заполнившего.

22.3 В случае отсутствия в паспорте на прибор информации по п. 22.2 рекламация не принимается.

Приложение А

Методика измерения плотности трансформаторного масла

Измерение плотности трансформаторного масла (далее – ТМ) выполняется в соответствии с ГОСТ 3900-2022 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». Определение плотности по Методу 2 приведенного стандарта осуществляется при помощи пикнометра. Согласно данному методу, определение плотности ТМ включает следующие этапы.

1. Определение «водного числа» пикнометра

Чистый сухой пикнометр (ПЖЗ, рис. П1) с крышкой 1 взвешивают и записывают массу m_0 . Далее в пикнометр заливают дистиллированную воду до начала горлышка 2 (рис. П1, П2).

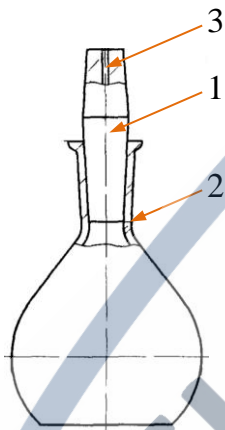


Рис. П1 – Пикнометр типа ПЖЗ

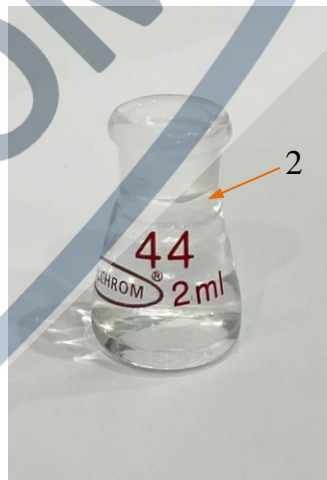
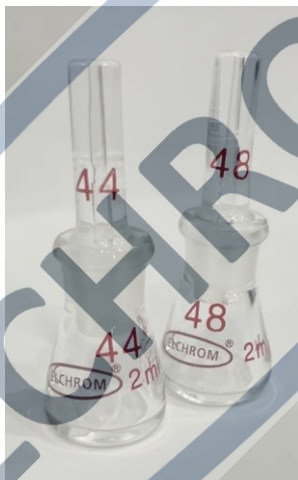


Рис. П2 – Пикнометр типа ПЖЗ-2 с водой

В случае образования пузырьков на внутренней поверхности пикнометра необходимо удалить их с помощью проволоки или иглы. Далее помещают в горлышко пикнометра крышку, в центре которой сформирован капилляр 3. Фильтровальной бумагой удаляют воду, вытекшую из капилляра в крышке (рис. П3). Выдерживают пикнометр и крышку 30 минут при температуре определения плотности. По истечении указанного времени фильтровальной бумагой удаляют воду, вытекшую из капилляра (рис. П4).



Рис. П3 – Удаление воды с поверхности пикнометра



Рис. П4 – Удаление воды над капилляром крышки пикнометра

В случае, если уровень жидкости в капилляре опустился, необходимо с помощью иглы ввести в капилляр дополнительно воду, избегая образования пузырьков (рис. П5). Для снижения влияния тепла рук на изменение объёма жидкости в пикнометре возможно использование для его перемещения из термостата на весы чистые сухие щипцы.



Рис. П5 – Ввод в капилляр крышки дополнительной порции воды

Пикнометр с водой взвешивают. Записывают массу m_c и вычисляют «водное число» m по следующей формуле:

$$m = m_c - m_0$$

Измерение проводят трижды и записывают среднеарифметическое значение трех измерений.

Устанавливают «водное число» пикнометра перед первым использованием пикнометра, а далее не реже одного раза в год.

2. Определение плотности трансформаторного масла

После определения «водного числа» пикнометр сушат потоком воздуха (сушка в термошкафу не допускается). Производят измерение массы пустого пикнометра с крышкой. Далее в пикнометр вводят ТМ из пробоотборника с помощью иглы. Заполняют пикнометр ТМ до начала горлышка (аналогично рис. П2). Закрывают крышку и удаляют вытекшее масло из горлышка фильтровальной бумагой. Термостатируют пикнометр в течение 30 минут и удаляют излишки масла над капилляром крышки. Если уровень ТМ в капилляре крышки опустился, то с помощью иглы, избегая образования пузырьков, вводят масло (аналогично рис. П5). Протирают поверхность пикнометра спиртовой салфеткой. Взвешивают пикнометр и записывают полученное значение m_t .

Определение плотности ТМ производится по формуле:

$$\rho = \frac{(m_t - m_0) \cdot \rho_c}{(m_c - m_0)} + C$$

где m_t – масса пикнометра с пробой ТМ на воздухе при температуре испытания, г;

m_0 – масса пустого пикнометра на воздухе, г;

ρ_c – плотность воды при температуре калибровки (определении «водного числа»), таблица В.1 приложения В ГОСТ 3900-2022, кг/м³;

m_c – масса пикнометра с водой на воздухе при температуре определения «водного числа», г;

C – поправка на взвешивание в воздухе, таблица Г.1 приложения Г ГОСТ 3900-2022, кг/м³.

В случае, если температура определения водного числа отличается от температуры определения плотности ТМ ($t_c \neq t_t$),

расчет плотности производится по формуле:

$$\rho = \left[\frac{(m_t - m_0) \cdot \rho_c}{(m_c - m_0)} + C \right] \left[\frac{1}{1 - \alpha(t_c - t_t)} \right]$$

где t_c – температура, при которой определяется водное число, °С;

t_t – температура проведения испытания, °С;

α – коэффициент объемного расширения стекла, из которого изготовлен пикнометр (для пикнометров Elchrom: $\alpha = 3,3 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$).

За результат измерений принимается среднеарифметическое двух значений плотности ТМ.

После измерения пикнометр промывают нефрасом и высушивают. При повторном определении «водного числа» пикнометр промывают хромовой смесью, потом водой, затем ацетоном или спиртом и высушивают.

Таблица В.1 приложения В ГОСТ 3900-2022 (Плотность воды, из которой удален воздух, при температуре определения, кг/м³)

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Поправка на воздух
1	999,9012	999,9061	999,9108	999,9153	999,9196	999,9237	999,9277	999,9316	999,9352	999,9387	-0,0045
2	999,9420	999,9451	999,9481	999,9509	999,9536	999,9560	999,9583	999,9605	999,9625	999,9643	-0,0043
3	999,9659	999,9674	999,9688	999,9699	999,9709	999,9718	999,9724	999,9730	999,9733	999,9735	-0,0042
4	999,9736	999,9735	999,9732	999,9728	999,9722	999,9714	999,9705	999,9695	999,9683	999,9669	-0,0041
5	999,9654	999,9637	999,9619	999,9599	999,9578	999,9555	999,9530	999,9504	999,9477	999,9448	-0,0040
6	999,9418	999,9386	999,9352	999,9317	999,9281	999,9243	999,9204	999,9163	999,9121	999,9077	-0,0039
7	999,9032	999,8985	999,8937	999,8888	999,8837	999,8784	999,8730	999,8675	999,8618	999,8560	-0,0038
8	999,8500	999,8439	999,8377	999,8313	999,8248	999,8181	999,8113	999,8044	999,7973	999,7901	-0,0037
9	999,7827	999,7753	999,7676	999,7599	999,7519	999,7439	999,7357	999,7274	999,7190	999,7104	-0,0036
10	999,7017	999,6928	999,6838	999,6747	999,6654	999,6561	999,6465	999,6369	999,6271	999,6172	-0,0035
11	999,6072	999,5970	999,5867	999,5762	999,5657	999,5550	999,5442	999,5332	999,5221	999,5109	-0,0034
12	999,4996	999,4881	999,4765	999,4648	999,4530	999,4410	999,4289	999,4167	999,4043	999,3919	-0,0033
13	999,3793	999,3665	999,3537	999,3407	999,3276	999,3144	999,3011	999,2876	999,2740	999,2603	-0,0032
14	999,2465	999,2326	999,2185	999,2043	999,1900	999,1756	999,1611	999,1464	999,1316	999,1167	-0,0031
15	999,1017	999,0865	999,0713	999,0559	999,0404	999,0248	999,0091	998,9932	998,9773	998,9612	-0,0030
16	998,9450	998,9287	998,9123	998,8958	998,8791	998,8624	998,8455	998,8285	998,8114	998,7942	-0,0029
17	998,7768	999,7594	998,7418	998,7242	998,7064	998,6885	998,6705	998,6524	998,6342	998,6158	-0,0028
18	998,5974	998,5788	998,5602	998,5414	998,5225	998,5035	998,4844	998,4652	998,4459	998,4265	-0,0027
19	998,4069	998,3873	998,3675	998,3477	998,3277	998,3076	998,2875	998,2672	998,2468	998,2263	-0,0025
20	998,2057	998,1850	998,1642	998,1433	998,1222	998,1011	998,0799	998,0586	998,0371	998,0156	-0,0024
21	997,9939	997,9722	997,9503	997,9284	997,9063	997,8842	997,8619	997,8396	997,8171	997,7945	-0,0023
22	997,7719	997,7491	997,7262	997,7033	997,6802	997,6570	997,6338	997,6104	997,5870	997,5634	-0,0022
23	997,5397	997,5160	997,4921	997,4681	997,4441	997,4199	997,3957	997,3713	997,3469	997,3223	-0,0021
24	997,2977	997,2729	997,2481	997,2232	997,1981	997,1730	997,1478	997,1225	997,0971	997,0715	-0,0020
25	997,0459	997,0202	996,9944	996,9686	996,9426	996,9165	996,8903	996,8641	996,8377	996,8112	-0,0019
26	996,7847	996,7581	996,7313	996,7045	996,6776	996,6506	996,6235	996,5963	996,5690	996,5416	-0,0018

27	996,5141	996,4865	996,4589	996,4311	996,4033	996,3754	996,3474	996,3192	996,2910	996,2627	-0,0017
28	996,2344	996,2059	996,1773	996,1487	996,1199	996,0911	996,0622	996,0332	996,0041	995,9749	-0,0016
29	995,9456	995,9163	995,8868	995,8573	995,8276	995,7979	995,7681	995,7382	995,7082	995,6782	-0,0015
30	995,6480	995,6178	995,5874	995,5570	995,5265	995,4959	995,4653	995,4345	995,4037	995,3727	-0,0014
31	995,3417	995,3106	995,2794	995,2482	995,2168	995,1852	995,1538	995,1222	995,0905	995,0587	-0,0013
32	995,0269	994,9949	994,9629	994,9307	994,8985	994,8663	994,8339	994,8014	994,7689	994,7363	-0,0012
33	994,7036	994,6708	994,6379	994,6050	994,5719	994,5388	994,5056	994,4723	994,4390	994,4055	-0,0011
34	994,3720	994,3384	994,3047	994,2709	994,2371	994,2031	994,1691	994,1350	994,1008	994,0666	-0,0010
35	994,0322	993,9978	993,9633	993,9287	993,8941	993,8593	993,8245	993,7896	993,7546	993,7196	-0,0008
36	993,6844	993,6492	993,6139	993,5785	993,5431	993,5075	993,4719	993,4362	993,4004	993,3646	-0,0007
37	993,3287	993,2927	993,2566	993,2204	993,1842	993,1478	993,1115	993,0750	993,0384	993,0018	-0,0006
38	992,9651	992,9283	992,8914	992,8545	992,8175	992,7804	992,7432	992,7060	992,6687	992,6313	-0,0005
39	992,5938	992,5563	992,5186	992,4809	992,4431	992,4053	992,3674	992,3294	992,2913	992,2531	-0,0004
40	992,2149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,0004

Таблица Г.1 приложения Г ГОСТ 3900-2022 (поправка на взвешивание в воздухе)

$\frac{(m_t - m_0)}{(m_c - m_0)}$	Поправка C , кг/м ³	$\frac{(m_t - m_0)}{(m_c - m_0)}$	Поправка C , кг/м ³	$\frac{(m_t - m_0)}{(m_c - m_0)}$	Поправка C , кг/м ³
0,60	0,48	0,74	0,31	0,88	0,14
0,61	0,47	0,75	0,30	0,89	0,13
0,62	0,46	0,76	0,29	0,90	0,12
0,63	0,44	0,77	0,28	0,91	0,11
0,64	0,43	0,78	0,26	0,92	0,10
0,65	0,42	0,79	0,25	0,93	0,08
0,66	0,41	0,80	0,24	0,94	0,07
0,67	0,40	0,81	0,23	0,95	0,06
0,68	0,38	0,82	0,22	0,96	0,05
0,69	0,37	0,83	0,20	0,97	0,04
0,70	0,36	0,84	0,19	0,98	0,02
0,71	0,35	0,85	0,18	0,99	0,01
0,72	0,34	0,86	0,17	-	-
0,73	0,32	0,87	0,16	-	-

Примечания

1. Поправки рассчитаны для стандартной плотности воздуха 1,222 кг/м³ при температуре 15,56 °С и давлении 101,3 кПа.
2. Поправки можно применять для плотности воздуха от 1,1 до 1,3 кг/м³.

Приложение Б

Указания по безопасности и эксплуатации пробоотборников трансформаторного масла ELCHROM

С целью обеспечения сохранности и работоспособности пробоотборников, а также безопасных условий работы с ними, необходимо применять все меры предосторожности работы со стеклянными изделиями:

- перед использованием пробоотборник проверить на отсутствие трещин и сколов на корпусе и поршне;
- укладывать пробоотборники на поверхность, покрытую салфеткой из неворсистого материала;
- не допускается производить перемещения поршня пробоотборника в цилиндре «сухом» состоянии, с целью предотвращения истирания шлифованной поверхности;
- поршни пробоотборников не являются взаимозаменяемыми. Не допускайте замены поршней.

Пробоотборники устойчивы к многократной обработке, состоящей из:

- разборки на конструктивные элементы: трехходовой краник, корпус, поршень, узел герметизации с уплотнительным кольцом;
- мойки в мыльном или другом моющем растворе при помощи ерша;
- тщательного ополаскивания сначала проточной водой в течение (1-2) мин, а потом дистиллированной водой;
- сушки при температуре не выше 100 °С;
- обработки трехходовых краников аналогичным образом, за исключением температуры сушки, которая не должна превышать 55 °С. В противном случае может быть нарушена герметичность трехходовых краников;
- перед сборкой пробоотборника тщательно проследите за отсутствием ворсинок на поверхности поршня или в корпусе.

Запрещается использовать пробоотборники в случае, если поршень или корпус пробоотборника имеют механические повреждения или загрязнены.

ВНИМАНИЕ! Из-за минимизированного зазора между поршнем и корпусом пробоотборника, попадание даже небольшого количества пыли или любых других мелких твердых частиц может привести к образованию царапин, что изменит характеристику газоплотности пробоотборника. После мытья и сушки пробоотборник необходимо хранить в собранном виде, чтобы предотвратить попадание твердых загрязнений на поршень.

ELCHROM



ООО «Инжиниринговый Центр ЭЛХРОМ»

Адрес: 107023, Москва, Барабанный пер. 4, оф. IXa
www.elchrom.ru

Е-mail: elchrom@elchrom.ru; elchrom@mail.ru

Тел.: +7 (926) 221-98-39
+7 (993) 333-55-35