

ПО «Кристалл»

**Руководство по
эксплуатации**

ООО «Остек-Электро»
www.ostec-electro.ru

2022 г.

Оглавление

1. Введение.....	2
2. Системные требования	3
3. Настройка подключения.....	4
4. Выбор и создание проекта.....	5
5. Описание графического интерфейса пользователя.....	8
6. Проведение измерений	11
7. Формирование отчета	14
8. Официальная информация	15

1. Введение

Программное обеспечение (далее ПО) «Кристалл» предназначено для автоматического расчета удельного и поверхностного сопротивления с учетом размеров образца согласно стандарту ASTM F84-99 путем задания режима измерений (карта сопротивлений или непрерывный режим).

ПО «Кристалл» необходимо для управления измерительным прибором. В ходе работы ПО происходит передача команд от ПК к прибору и получение данных о проведенных измерениях.

ПО «Кристалл» разработано компанией ООО «Остек-Электро».



ООО «Остек-Электро» (Группа компаний Остек)
121467, Россия, г. Москва, ул. Молдавская, д. 5, стр. 2,
Тел.: (495) 788-44-44
Факс: (495) 788-44-42
www.ostec-electro.ru, www.ostec-group.ru

2. Системные требования

Программа предназначена для работы на ПК под управлением операционной системы Windows.

Для запуска и бесперебойного функционирования ПО необходим ПК с конфигурацией, не хуже следующей:

- центральный процессор с тактовой частотой не ниже 1,2 ГГц;
- объём оперативной памяти не менее 2 ГБ;
- 100 МБ свободного места на жёстком диске;
- операционная система Windows 7 или выше.

Предварительно на компьютере должны быть установлены компоненты IOLibSuite, IviSharedComponents, драйверы для работы с приборами Keithley, и драйвер для работы с COM-портом.

Для установки ПО запустите исполняемый файл и следуйте инструкциям. Для доступа ко всем функциям ПО необходим файл лицензии, который генерируется при помощи генератора лицензий, устанавливаемого одновременно с ПО, и ключа, предоставляемого компанией разработчиком. При работе без файла лицензии доступен демонстрационный режим работы ПО.

Для просмотра файлов отчётов необходимо стороннее программное обеспечение для просмотра файлов формата *.xlsx или *.htm (в зависимости от выбранного формата отчёта).

3. Настройка подключения

Выберите подключаемое устройство и тип соединения для подключения к прибору (измерителю). При подключении источника измерителя Keithley 2450 доступно подключение через LAN (Рис.1а). Введите в поле IP адрес, который указан в источнике-измерителе.

При использовании микроомметра Е6-42 доступно соединение через COM-порт (Рис.1б), прибор при этом подключается через USB-кабель.

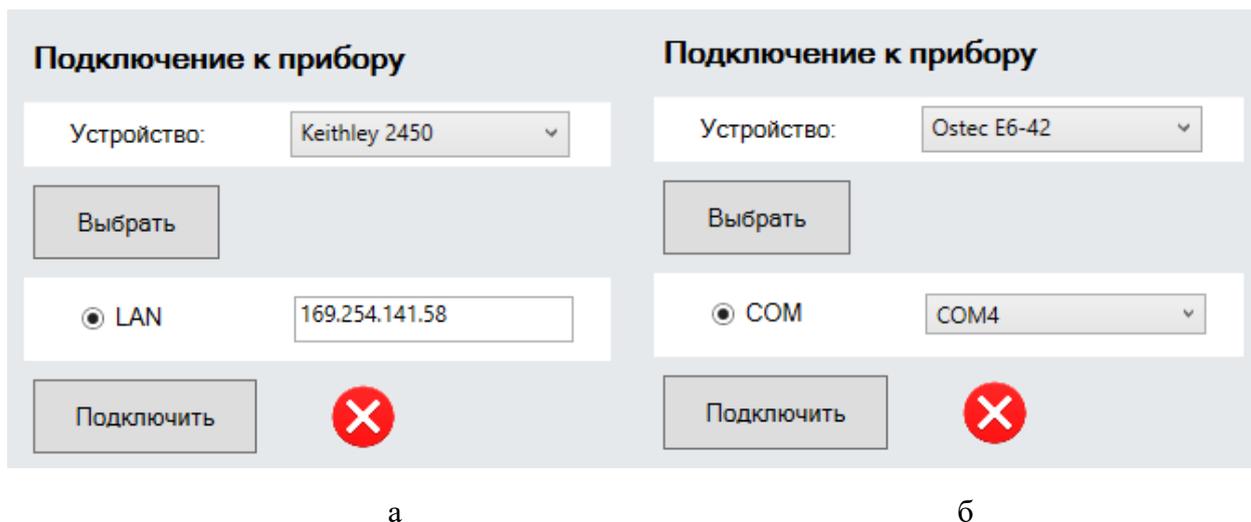
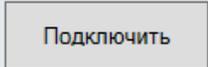
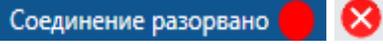
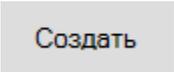


Рис.1

При необходимости работы в демонстрационном режиме выбрать тип соединения не требуется.

Нажмите кнопку «Подключить» . При этом, если индикаторы, расположенные в правом углу окна программы  и в поле «Подключение к прибору» , загорелись зеленым цветом, прибор готов к измерению и подключение с прибором установлено. В противном случае индикаторы загорятся красным цветом. 

4. Выбор и создание проекта

Нажмите кнопку «Создать»  для создания нового проекта. При этом активируется поле «Параметры пластины» (Рис.2).

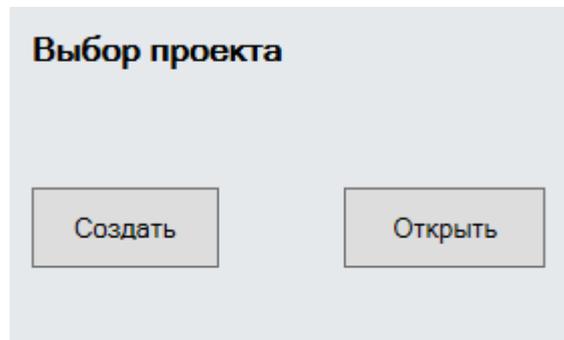
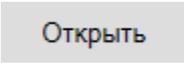


Рис. 2

Нажмите кнопку «Открыть» , если у Вас уже есть готовый проект. Выберите нужный проект из списка в открывшемся окне (Рис.3).

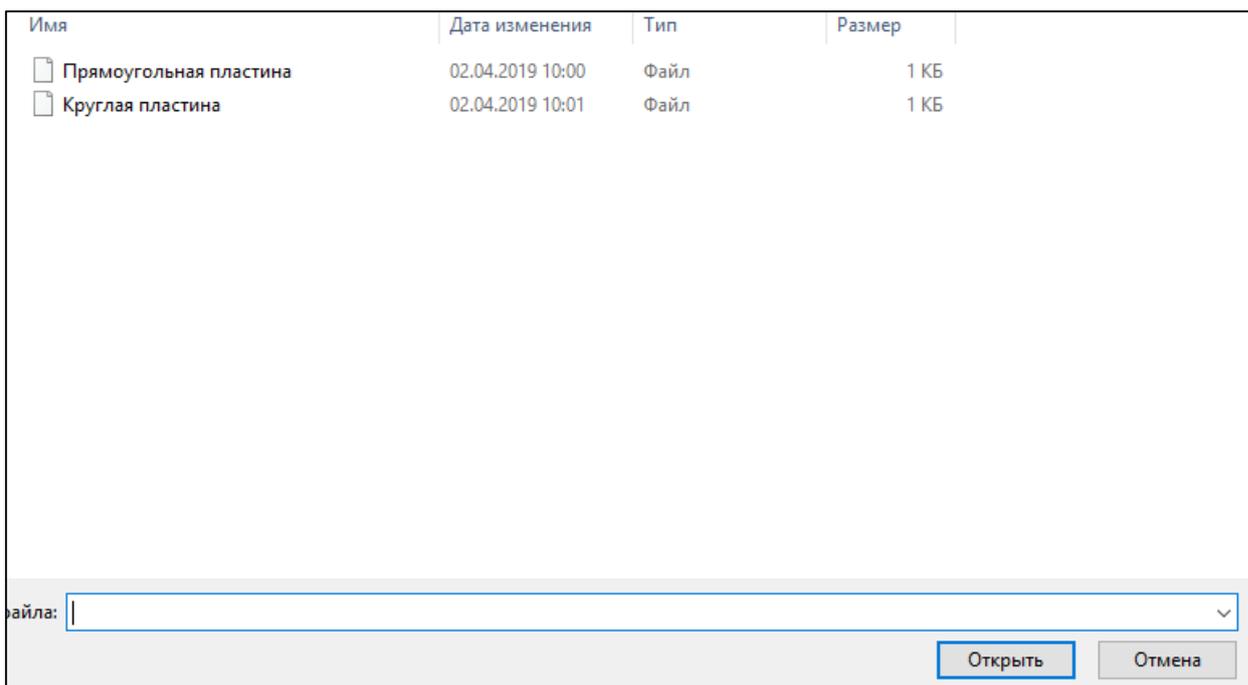


Рис.3

При создании нового проекта необходимо выбрать (Рис.4):
«Тип пластины»:

- Прямоугольная форма Прямоугольная форма
- Круглая форма Круглая форма

Параметры проекта

Тип и параметры пластины

Прямоугольная форма Круглая форма

Длина пластины, мм

Ширина пластины, мм

Толщина слоя, мкм

Параметры зонда

Расстояние между иглами, мм

Данные оператора

Имя оператора

Рис.4

Введите «Параметры пластины»:

- Длина пластины, мм (для прямоугольной формы);
- Ширина пластины, мм (для прямоугольной формы) Рис.5а;
- Диаметр пластины, мм (для круглой формы) Рис.5б;
- Толщина слоя*, мкм.

* металлический, изолированный от проводящих подложек р-п переходом или диэлектриком, диффузионный, эпитаксиальный и т.д.

Длина пластины, мм

Ширина пластины, мм

Толщина слоя, мкм

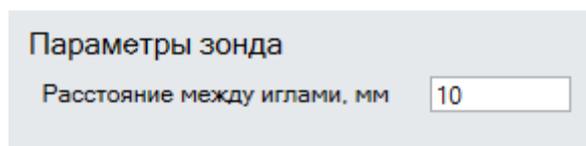
Рис.5а

Диаметр пластины, мм

Толщина слоя, мкм

Рис.5б

В «*Параметры зонда*» введите расстояние между иглами, мм (*Рис.6*).

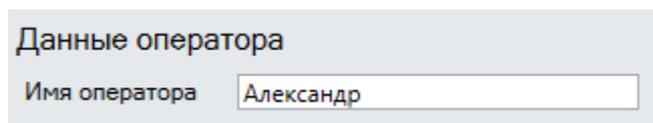


Параметры зонда
Расстояние между иглами, мм 10

Рис. 6

При выборе готового проекта поля заполнятся автоматически.

В «*Данные оператора*» введите имя оператора (*Рис.7*).



Данные оператора
Имя оператора Александр

Рис.7

Нажмите «*Ок*»



ОК

Отобразится графический интерфейс ПО (*Рис.8*)

5. Описание графического интерфейса пользователя

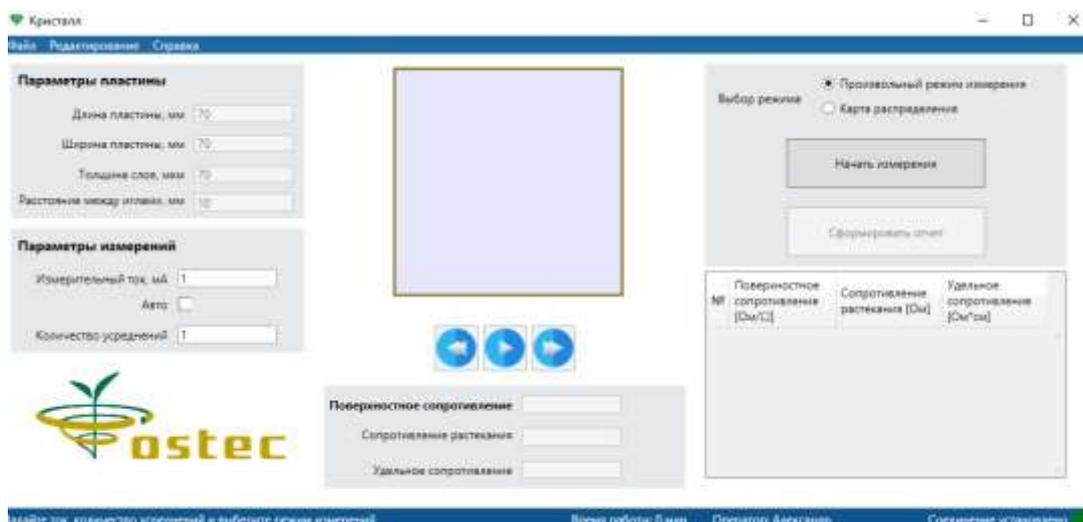


Рис.8

Вкладка **Файл** содержит следующие команды:

- *Создать* – создание нового проекта. Оператору необходимо будет выбрать тип пластины и ввести ее параметры в новом окне.
- *Открыть* – открыть сохраненный проект. Все параметры объекта заполняются из сохраненного файла в папке *Samples*, которая находится в корневой папке ПО.
- *Сохранить* – сохранить текущий проект для последующей работы.
- *Печать* – печать текущего окна программы.
- *Выход* – закрытие и выход программы.

Вкладка **Редактирование** содержит команды:

- *Изменить параметры объекта* – возможность изменить параметры объекта (длина, ширина, толщина, диаметр), параметры зонда (расстояние между иглами), данные оператора (имя оператора) в текущем проекте (Рис.9).

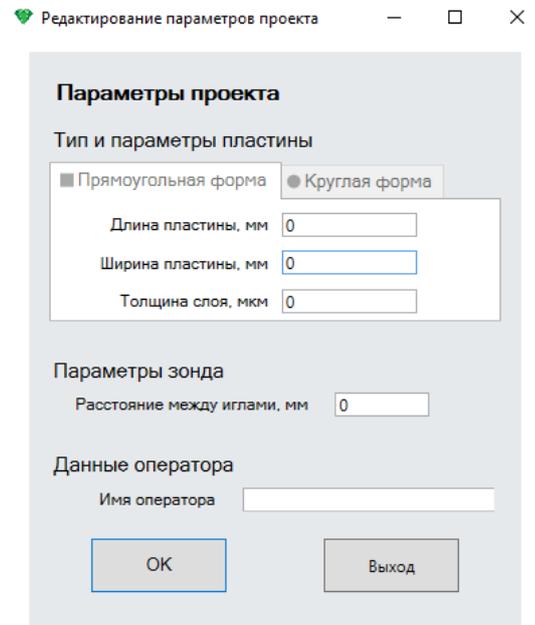


Рис.9

- *Коррекция поправочных коэффициентов* – возможность корректировать постоянные коэффициенты F и F_2 (Рис.10). Для активации окна введите пароль: 0000.

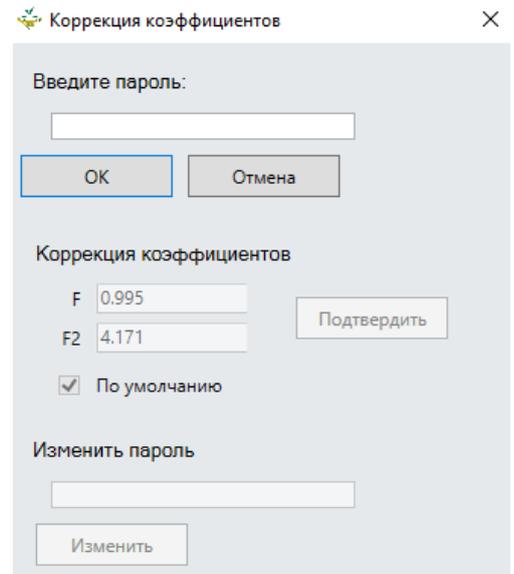


Рис.10

$F = F_2 * w * F(w/S)$ – безразмерный коэффициент, который входит в формулу при расчете удельного сопротивления:

- $\rho = 2\pi S \bar{R}$ (в случае полубесконечного образца)
- $\rho = F * \bar{R}$ (в случае тонкого образца)

$F(w/S) = 1.3863 S/(wD)$ – поправочный коэффициент, который зависит от толщины образца w и расстояния между иглами S , где

$D = 1 + 2 \sum_{n=1}^M \{ [\frac{1}{4} + (nw/\bar{S})^2]^{-1/2} - [1 + (nw/\bar{S})^2]^{-1/2} \} + \sum_{n=M+1}^N [3/4(\bar{S}/nw)^3 - -45/64(\bar{S}/nw)^5 + 315/512(\bar{S}/nw)^7]$, где M = целое число от $(2S/w) + 1$, а N – наименьшее значение n , при котором инкремент во втором суммировании меньше 10^{-5} .

F_2 – поправочный коэффициент отношения, который зависит от соотношения расстояния между иглами S и диаметром (наименьшей стороной) исследуемого образца D . Значение коэффициента F_2 берется путем линейной экстраполяции из таблицы 1. Коэффициент F_2 при расчете поверхностного сопротивления изменяется в зависимости от расположения точки на исследуемом объекте.

Таблица 1. Зависимость поправочного коэффициента F_2 от отношения расстояния между иглами S и диаметром образца D

S/D	F_2	S/D	F_2	S/D	F_2
0	4.532	0.035	4.485	0.070	4.348
0.005	4.531	0.040	4.470	0.075	4.322
0.010	4.528	0.045	4.454	0.080	4.294
0.015	4.524	0.050	4.436	0.085	4.265
0.020	4.517	0.055	4.417	0.090	4.235
0.025	4.508	0.060	4.395	0.095	4.204
0.030	4.497	0.065	4.372	0.100	4.171

В поле *Изменить пароль* введите новый пароль, если это необходимо.

- *Формат отчета* – возможность сформировать отчет в формате:
 - Excel;
 - HTML (выбран по умолчанию).

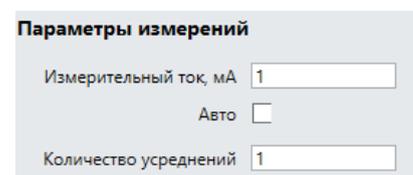
Вкладка **Справка** содержит команды:

- *О программе* – версия программы и информация о компании разработчике.
- *Справка* – информация по работе с программным продуктом.

6. Проведение измерений

Выбор конфигурации источника-измерителя

Введите конкретное значение «Измерительный ток», мА (Рис.11)



Параметры измерений

Измерительный ток, мА

Авто

Количество усреднений

Рис.11

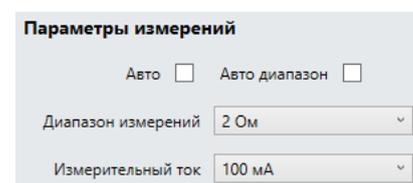
В каждой точке происходит два измерения при прямом и обратном токе (I_F и I_R). Кроме этого у пользователя есть возможность задать количество усреднений (повторений) измерений для данной точки. Например, если задано 3 повторения, то происходит 6 измерений (3 с прямым током и 3 с обратным). На основе массива полученных данных (U_{F1} , I_{F1} , U_{R1} , I_{R1} , U_{F2} , I_{F2} и т.д.) рассчитывается массив значений сопротивления растекания $R_{F1} = U_{F1} / I_{F1}$ [Ом], $R_{R1} = U_{R1} / I_{R1}$ [Ом], после чего вычисляется среднее значение сопротивления $\bar{R} = \frac{1}{2N} \sum_{i=0}^N (R_{Fi} + R_{Ri})$ [Ом], где N – количество повторений.

В режиме «Авто» измеритель определяет оптимальное значение измерительного тока, чтобы падение напряжения на измерительных иглах было порядка 10 мВ. При этом измерительный ток не должен превышать 100 мА, так как происходит разогрев образца и искажение результатов измерений.

Введите «Количество усреднений» (количество повторений).

Выбор конфигурации омметра

Выберите необходимый диапазон измерений и измерительный ток, доступный для выбранного диапазона (Рис.12). При изменении режима измерения необходимо повторно указывать данные параметры, если они необходимы при выбранном режиме.



Параметры измерений

Авто Авто диапазон

Диапазон измерений

Измерительный ток

Рис.12

В каждой точке происходит два измерения при прямом и обратном токе (I_F и I_R), после чего рассчитываются сопротивления растекания $R_F = U_F / I_F$ [Ом], $R_R = U_R / I_R$ [Ом], после чего вычисляется среднее значение сопротивления $\bar{R} = (R_F + R_R) / 2$ [Ом].

В режиме «Авто диапазон» необходимо выбрать только величину измерительного тока. В режиме «Авто» как диапазон измерений, так и величина измерительного тока будут подобраны в автоматическом режиме.

Выберите режим (Рис.13):

- *Произвольный режим измерения.* Выберите этот режим непрерывного измерения без привязки к реальным координатам объекта;
- *Карта распределения.* Выберите этот режим для проведения измерений строго в соответствии с порядком, установленным в Окне отображения исследуемого образца (необходимо для привязки результатов измерений в ПО к реальным координатам исследуемого объекта). Текущая точка подсвечивается желтым цветом, измеренные точки – зеленым, неизмеренные – красным.

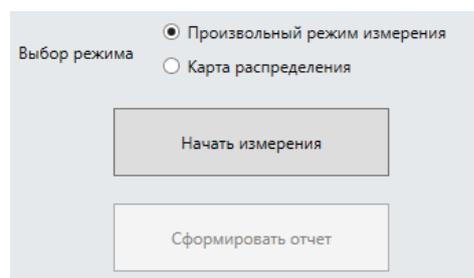
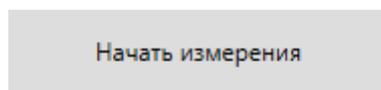


Рис.13

В каждом из случаев активируются следующие кнопки: *Предыдущая точка* , *Измерить* , *Следующая точка* .



Нажмите кнопку «Начать измерения», после того как расположили измерительную голову на объекте и кнопку *Измерить*. В результате этого производится измерения в данной точке.

В окне «Измеренные параметры» отобразятся результаты измерений в виде таблицы 2.

Таблица 2

№	Поверхностное сопротивление [Ом/□]	Сопротивление растекания [Ом]	Удельное сопротивление [Ом*см]

В таблице указаны параметры:

- Поверхностное сопротивление $R_s = \rho / d$ [Ом/□], где ρ - удельное сопротивление, d – толщина слоя.

- Сопротивление растекания $R_A = V_{23} / I$ [Ом], где V_{23} - напряжение между зондами 2 и 3 и I , протекающий через зонды 1 и 4.
- Удельное сопротивление ρ [Ом•см]

Нажмите кнопку «*Стоп*», чтобы завершить измерения.

7. Формирование отчета

Нажмите кнопку «Сформировать отчет» (доступно в режиме *Карта распределения*), чтобы обеспечить экспорт измеренных данных в Excel или HTML файл (Рис. 14). По умолчанию отчет сохраняется в папке Reports, которая находится в корневой папке ПО. Отчет формируется только в режиме Карта распределения. В отчете представлены следующие данные:

- изображение исследуемого образца с расставленными точками тестирования;
- параметры исследуемого образца;
- измерительный ток;
- статистика по пластине включающая среднее значение, стандартную ошибку, медиану, стандартное отклонение, дисперсию.

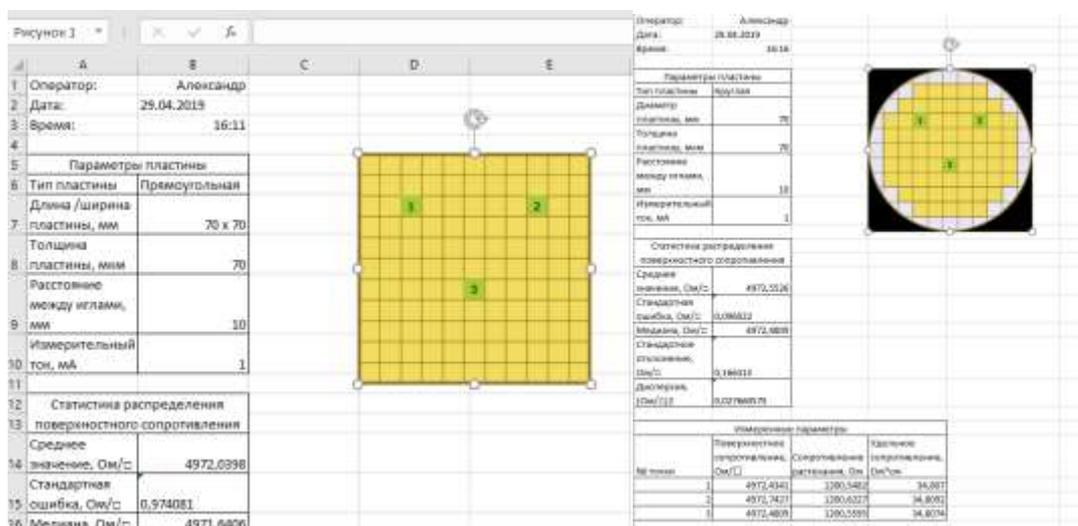


Рис. 14

8. Официальная информация

Данное руководство публикуется компанией ООО «Остек-Электро» без каких-либо обязательств. Компания «Остек-Электро» оставляет за собой право без предварительного уведомления вносить в данный документ изменения, связанные с улучшением программного обеспечения, а также при выявлении опечаток и неточностей. Все подобные изменения вносятся в новую редакцию руководства. Все иллюстрации приведены в качестве примера и могут отличаться от реального внешнего вида ПО.

Все претензии и предложения по устранению обнаруженных неисправностей при работе с ПО отправлять на адрес электронной почты сервисного центра компании «Остек-Электро» service@ostec-group.ru, ли по телефонам +7 495 788-44-44, 8 800 700-39-39 или через личный кабинет на сайте компании <https://ostec-electro.ru/for-clients/personal/requests/>. Также у специалистов сервисного центра можно получить информацию об актуальной версии ПО и копию установочного файла с исправлениями и улучшениями.