



Усилитель тока BS-150  
SmartStat®

Руководство по эксплуатации

2024

[www.smart-stat.ru](http://www.smart-stat.ru)



Уважаемый пользователь! Мы благодарим Вас за приобретение и использование научного оборудования SmartStat. В этом руководстве приведены подробные характеристики усилителя тока BS-150, рекомендации по работе с ними, а также другая полезная информация.

Усилитель тока SmartStat BS-150 (бустер) является дополнительным модулем для потенциостатов SmartStat, имеющих специализированный интерфейс для его подключения и предназначен для увеличения их рабочего тока до 15 А. На 2024 год такой интерфейс имеется только у потенциостата PS-65 высоковольтной серии.



Усилитель тока BS-150 не предназначен для самостоятельной работы без управляющего потенциостата.

Усилитель подключается к потенциостату при помощи специального кабеля. При включении потенциостат распознает усилитель и функционирует как единая установка. При этом токовые провода используются от усилителя, а потенциальные от потенциостата. Потенциостат совместно с усилителем для пользователя выглядят в управляющем программном обеспечении SmartSoft как единый прибор, имеющий три диапазона тока – один новый 15 А от усилителя, и два старших от потенциостата. Также, у потенциостата оказываются ограничены усилителем максимальное поляризующее напряжение до 11 В, и максимальный диапазон потенциала до 9 В. Во всем остальном потенциостат имеет те же характеристики и возможности, что и без усилителя, например:

- Можно пользоваться всеми рабочими режимами включая стационарные, развертки, хроно, все импульсные и импедансные техники;
- Доступен программатор, планировщик и весь их функционал;
- Полностью функционален компонентный интерфейс потенциостата как по цифровому интерфейсу управления внешними модулями, так и по оцифровке аналоговых сигналов внешних устройств;
- Автоматические диапазоны тока (3 штуки);
- Полностью функциональны 4 потенциальных Aux входа потенциостата (8-ми электродная схема).

Усилитель совместно с потенциостатом может быть использован для самых разных задач, в которых требуются токи до 15 А в одной или обеих полярностях: исследование и испытание химических источников тока и их компонентов, электролиз, электроосаждение или экстракция металлов, испытание высокопроводящих материалов и многие другие.

Настоящее руководство не описывает работу с программным обеспечением SmartSoft, для этого предусмотрен отдельный документ.

Уважаемый коллега! Если у Вас возникли вопросы или Вы не нашли, как решить Вашу задачу с использованием потенциостата SmarStat или одного из его модулей, напишите нам. Может оказаться, что задача решается уже имеющимися возможностями прибора. Возможно, она будет решена в ближайшем обновлении прибора или SmartSoft, или ожидает своего воплощения. Также мы готовы рассмотреть объективные, то есть востребованные и детализованные пожелания заказчика. Платформа SmartStat является перспективной и в ней будет еще много программных и аппаратурных обновлений и дополнений, значительно расширяющих функциональность.

## Содержание

1.	Базовые возможности всех потенциостатов SmartStat	5
2.	Характеристики потенциостат SmartStat PS-65 при подключенном усилителя BS-150	7
3.	Характеристики усилителя BS-150	8
4.	Комплектность поставки	9
5.	Рекомендуемые условия работы	10
6.	Устройство, принцип работы и подключение усилителя	11
7.	Гарантийные обязательства	15

## 1. Базовые возможности всех потенциостатов SmartStat

Установка на основе потенциостата SmartStat PS-65 и усилителя тока BS-150 без дополнительных модулей обеспечивает следующие возможности:

### Основные

- Регистрация потенциала разомкнутой цепи (измерение потенциала и напряжения)
- Потенциостатический режим работы (контроль-задание потенциала и напряжения)
- Гальваностатический режим работы (контроль-задание тока)
- Линейная и циклическая развертка потенциала (потенциодинамика)
- Линейная и циклическая развертка тока (гальванодинамика)
- Хроноамперометрия, хронопотенциометрия, хронокулонометрия
- Потенциостатический и гальваностатический сигналы произвольной формы

### Импеданс

- Регистрация спектров импеданса от 50 кГц до 10 мГц (модуль FRA неактивен с подключенным усилителем)
- Режим развертки частоты (EIS)
- Развертка потенциала или тока (PDEIS), от времени, для заданной частоты (координаты Мотта-Шоттки и другие)

### Импульсные методы

- Импульсный (осциллографический) режим развертки потенциала и тока
- Импульсный потенциостатический и гальваностатический сигналы произвольной формы
- Стандартные импульсные электроаналитические методы: СВА, НИВА, ДИВА, КВВА
- Профессиональные электроаналитические методы: 1-5 ступеней любой амплитуды с приращением или без, с разверткой или без, с выбором математики регистрации, потенциостатический и гальваностатический режимы
- Потенциостатическое и гальваностатическое прерывистое титрование (PITT и GITT) с расширенным выбором получаемых результатов

### Программатор

- Режим пошагового циклического программатора из 50 шагов
- Возможность не закликивать несколько первых шагов программатора
- Возможность увеличивать или умножать на заданное значение один из параметров, через заданное количество циклов программатора
- Режим планировщика для автоматического запуска подряд нескольких файлов программатора
- Циклический заряд - разряд ХИТ (программатор)

### Расширенная автоматика

- 9 гибких критериев остановки эксперимента, текущего шага или цикла с 6-ю способами реагирования в каждом из них
- Пользовательская защита по току и потенциалу, а также характеристики образца
- Настраиваемая функция отслеживания разрыва цепи электрода сравнения
- Автоматические диапазоны тока в потенциостате, автозагрубление диапазона потенциала в гальваностате
- Автоматическое (с настройками) измерение омического сопротивления импульсно и импедансом
- Функции калибровки усилителя на установленном в усилитель тока эквиваленте

### **Аппаратные возможности**

- 2, 3 4-электродные схемы подключения (два токовых и два потенциальных электрода + экран)
- Старший диапазон потенциала 9 В
- Дифференциальные электрометры с возможностью работы при абсолютных потенциалах, близких к максимальному поляризирующему напряжению прибора
- Компонентный аналогово-цифровой интерфейс для подключения внешних приборов и устройств
- Встроенная энергонезависимая память экспериментальных данных
- Продолжение работы при отключении управляющего ПК
- АЦП разрядностью 20 бит с разрешением по потенциалу до 10 мкВ, быстродействием 250 кГц
- 2 аналоговых Auxiliary входа, синхронных с данными тока и потенциала, входы которых выведены на специальный разъем прибора
- ЦАП разрядностью 20 бит для синтеза линейной развертки потенциала с ультранизкой высотой ступени 10 мкВ
- Аналоговый интерфейс с выходами сигналов тока и потенциала, а также со входом внешнего задатчика
- Два дополнительных встроенных дифференциальных высоковольтных электрометра в виде 2+2 потенциальных электродов (расширение до 8-миэлектродной схемы)

Для получения большей информации о возможностях программного обеспечения SmartSoft, обратитесь, пожалуйста, к его руководству эксплуатации (pdf файл в папке документации на установочном диске или в загрузках на сайте производителя).

## 2. Характеристики потенциостат SmartStat PS-65 при подключенном усилителя BS-150

Ниже приведены основные характеристики потенциостата PS-65 с подключенным усилителем тока BS-150 (большая часть параметров, наследуемых от самого потенциостата без изменений, не отражена и присутствует в руководстве эксплуатации на сам потенциостат).

Характеристика	Значения
Количество каналов	1
Максимальное напряжение	±11 В
Максимальный ток	±15 А
Диапазоны потенциала	9 В 5 В
Диапазоны тока	3 диапазона: 15 А (усилителя), 2 А и 200 мА (потенциостата)
Минимальный рабочий ток	1 мА
Максимальная поляризующая мощность	135 Вт
Максимальная нагрузочная мощность	130 Вт
Импеданс	50 кГц – 10 мкГц (FRA неактивен с усилителем)
Максимальная амплитуда переменного сигнала при измерении импеданса в гальваностатическом режиме	Диапазон 15 А: 1.4 А; Диапазон 2 А: 150 мА; Диапазон 200 мА: 15 мА
Подключение ячейки	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 электродов
Разрядность АЦП / ЦАП	4x20 бит / 20 бит
Максимальная скорость регистрации	2 кГц (250 кГц импульсно)
Аналого-цифровой интерфейс	2 аналоговых входа АЦП, синхронных с током и потенциалом. Цифровой выход для управления внешними модулями SmartStat
IR-компенсация ПОС	Нет
Аналоговые входы-выходы	Есть

Установка на основе потенциостата PS-65 и усилителя тока BS-150 поддерживает следующие методы работы, также возможны их комбинации в программаторе и планировщике:

- Стационарные: OCP, POT, BE, CP, CC, CA
- Вольтамперометрия: LSV, CV, ASV, CSV, AdSV, RCP, LRP, DGP, CPP, LRP
- Импульсные: AD, PAD, MA, CSCP, CSCA, VSTEP, ISTEP
- Импеданс: EIS-POT, EIS-GAL, IMP, IMPT, PDEIS, EIS-MOTT, IMPE
- Аналитические: NPV, DPV, SWV, SCV
- Специальные: DPSCA, CSCP, SWSV, DPSV, DPA, DDPA, TPA, IPAD
- Источники тока: CCD, GCD, PCD, ESR, CC, CV, EIS, CC-CV, PITT, GITT

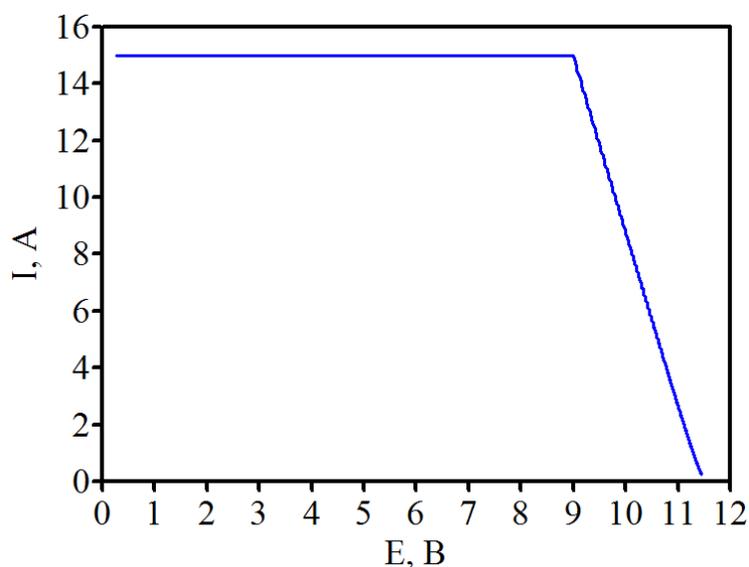


Рис. 1. Зависимость максимального выходного тока от выходного напряжения для усилителя тока BS-150.

### 3. Характеристики усилителя BS-150

Ниже приведены собственные характеристики усилителя тока BS-150.

Характеристика	Значения
Максимальное напряжение	$\pm 11$ В
Максимальный ток	$\pm 15$ А
Диапазоны потенциала	9 В 5 В
Диапазоны тока	3 диапазона 15 А (усилителя), 2 А и 200 мА (потенциостата)
Точность старшего диапазона тока 15 А	Не хуже 1 % от максимума (с калибровкой) Не хуже 2 % от максимума (без калибровки)
Габаритные размеры ГхШхВ	436x261x143 мм
Масса без упаковки	10.7 кг
Максимальная потребляемая мощность от сети переменного тока	600 Вт
Подключение к потенциостату	Кабель DSUB-25-MF в разъем на передней панели

#### 4. Комплектность поставки

Ниже приведена комплектность поставки усилителя тока BS-150.

Наименование	Количество
Усилитель BS-150, основной блок	1
Сетевой шнур питания	1
Силовой кабель SmartTwist для подключения обоих токовых электродов	1
Крепежные винты с гайками для подключения измерительного кабеля	2
Кабель DSUB-25	1
Руководство по эксплуатации	1
Коробка упаковочная	1

Комплектность поставки и внешний вид прибора могут быть изменены производителем и не отражены в настоящем руководстве.

Длина измерительных кабелей составляет 50 см. При необходимости в более длинных кабелях, пожалуйста обращайтесь в отдел продаж производителя.

## 5. Рекомендуемые условия работы

Приборы предназначены для работы от сети переменного тока с напряжением (220±10) В и частотой 50-60 Гц при нормальных климатических условиях эксплуатации:

Температура окружающего воздуха	20 ± 5 °С
Относительная влажность окружающего воздуха	45-80 %
Атмосферное давление	86-106 кПа (645 – 795 мм рт. ст.)

Не рекомендуется постоянно эксплуатировать усилитель на пределе его возможностей. Рекомендуется ограничиваться токовыми и мощностными параметрами на уровне 80% от максимально допустимых для Вашего прибора. Такой подход не сильно снизит эксплуатационные возможности установки, однако значительно продлит срок ее службы. Максимальные характеристики в общем случае рассчитаны прежде всего на недолговременные режимы работы.

Также необходимо внимательное обращение с низкоомными образцами (с омическим сопротивлением менее 20 мОм) при работе с ними в каком-либо потенциостатическом режиме. В таких случаях настоятельно рекомендуется использовать гальваностатические режимы. Если в Вашем эксперименте требуется работа в потенциостатическом режиме на низкоомном образце – оставляйте запас по току. В противном случае велика вероятность срабатывания защиты прибора по максимальному току с принудительной остановкой эксперимента. Также это правило справедливо и для гальваностатических режимов, если они выполняются чередованием с потенциостатическими и в работе планируются переключения из гальваностатических режимов в потенциостатические.

Корпус и шасси прибора электрически соединены с его измерительной землей и соединены с силовым заземлением розетки 220В.

Используйте разделение (разнесение) в пространстве измерительных кабелей прибора, силовых проводов питания, а также кабелей USB интерфейса для минимизации аналоговых помех в ЭХ ячейке, а также сбоев в работе USB-интерфейса прибора.

## 6. Устройство, принцип работы и подключение усилителя

Усилитель тока BS-150 обеспечивает протекание через электрохимическую ячейку рабочего тока до 15 А. Он также осуществляет включение ячейки (вспомогательного электрода Counter). Управляющий потенциостат обеспечивает контроль усилителя, переключение диапазонов тока, генерирует для него управляющие сигналы, считывает его состояние и сигнал тока старшего диапазона тока 15 А. Для пользователя упрощенно схема всей установки выглядит следующим образом:

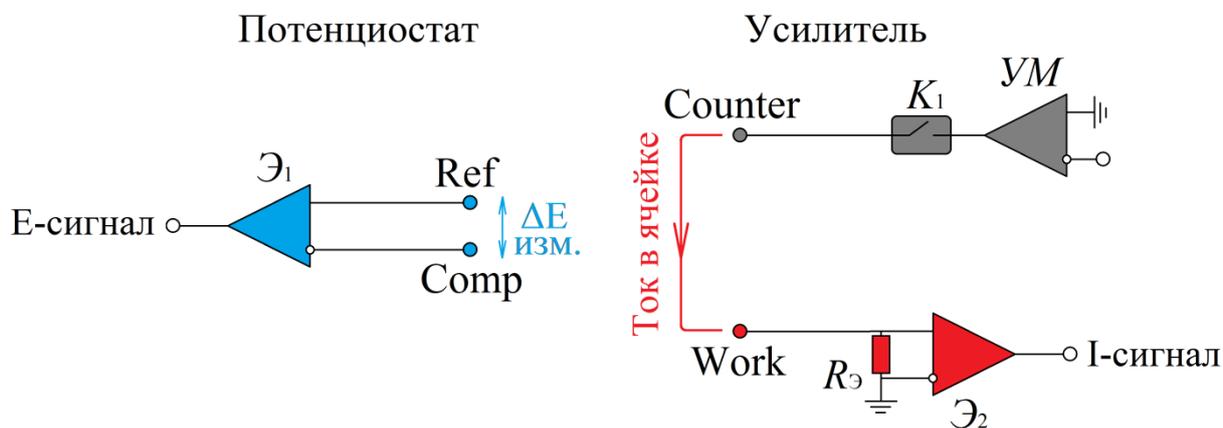


Рис. 2. Упрощенная блок-схема потенциостата PS-65 с усилителем тока BS-150. Дополнительные Aux входы потенциостата, а также компонентный интерфейс не показаны (приведены в инструкции к потенциостату).

Для подключения усилителя к потенциостату пользователю необходимо выполнить следующие действия в приведенном порядке:

- 1) Выключить потенциостат и усилитель, если они были включены;
- 2) Установить потенциостат сверху на усилитель;
- 3) Подключить потенциостат к усилителю при помощи межблочного кабеля DSUB-25, обязательно закрутив (только от руки) крепежные винты;
- 4) Подключить к потенциостату потенциальные кабели Ref и Comp, а также при необходимости Aux-кабели;
- 5) Подключить к потенциостату силовой кабель к токовым выходам Counter и Work;
- 6) Подключить к потенциостату кабель USB;
- 7) Подключить к потенциостату и усилителю кабели 220 В;
- 8) Подключить дополнительное оборудование к интерфейсному разъему потенциостата DSUB-9 при необходимости;
- 9) Включить потенциостат и усилитель в любом порядке;
- 10) Выполнить подключение в управляющем ПО SmartSoft.

В центральной части передней панели усилителя выведены два плоских терминала для подключения токовых измерительных кабелей (одного кабеля SmartTwist).

Также в левой части панели выведены 4 терминала для подключения тестового эквивалента, встроенного в усилитель. Он нужен для калибровки усилителя, а также, при необходимости, для выполнения его проверки (автоматическая проверка на встроенном в потенциостат эквиваленте, как это делается с самим потенциостатом, невозможна в случае внешнего усилителя). К терминалам эквивалента пользователь может подключить потенциостат и усилитель (в соответствии с подписями на терминале) и выполнить в управляющем ПО SmartSoft калибровку, если она требуется. Программное обеспечение предупредит пользователя о ее необходимости. Если усилитель приобретается сразу вместе с потенциостатом, то калибровка будет выполнена заранее производителем. Она будет храниться в энергонезависимой памяти потенциостата. Ее необходимо перевыполнить только при смене усилителя, его ремонте, или отдельном приобретении усилителя в дополнение к уже имеющемуся потенциостату. Без необходимости перевыполнять калибровку не нужно.

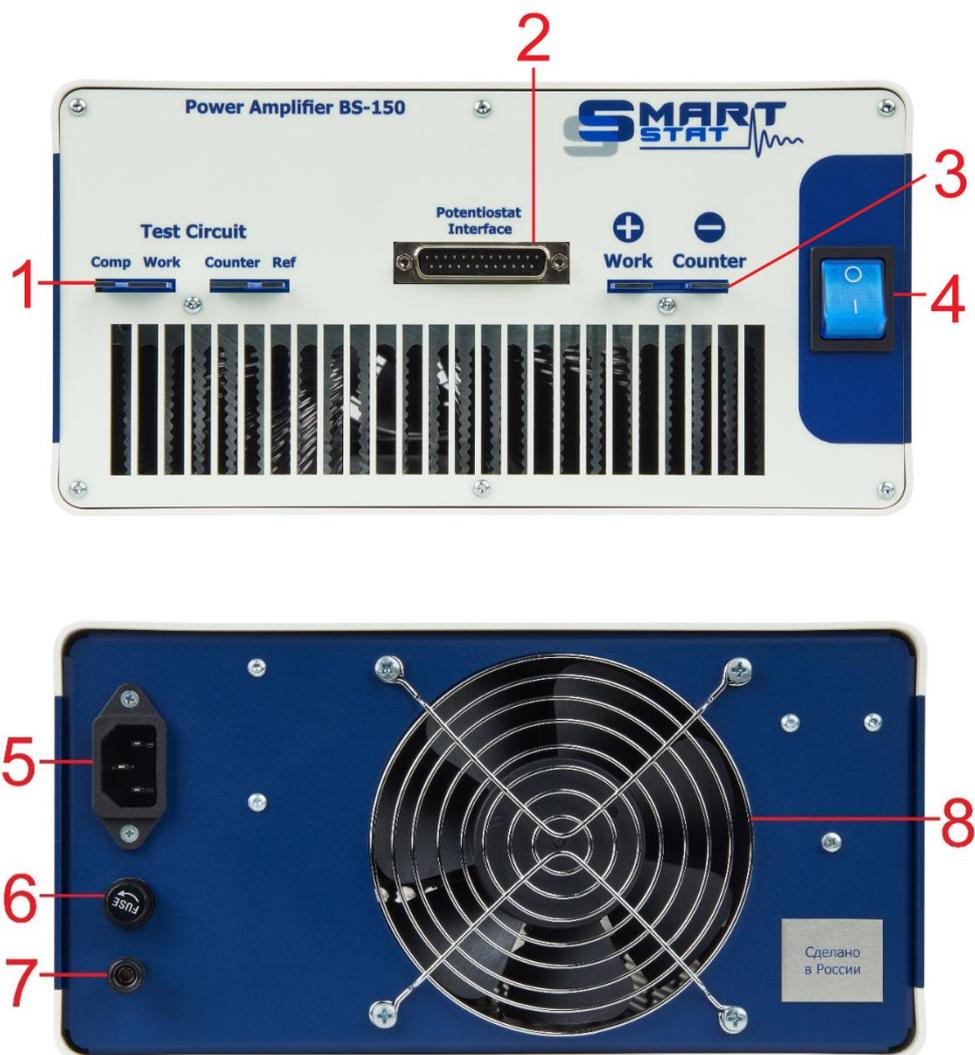


Рис. 3. Внешний вид усилителя тока SmartStat BS-150. 1 – терминалы подключения встроенного эквивалента; 2 – разъем DSUB-25 для подключения к потенциостату межблочным кабелем; 3 – терминалы для подключения силовых измерительных кабелей; 4 – тумблер включения с индикацией питания, 5 – разъем подключения кабеля питания 220 В, 6 – гнездо предохранителя, 7 – гнездо заземления задней панели, 8 – вентилятор охлаждения.

Помимо калибровки, встроенный в усилитель эквивалент может быть использован для проверки потенциостата с усилителем. Эквивалент представляет собой  $RC$ -цепь, и пользователь может измерить ее постоянноточковые характеристики (на низких частотах эквивалент имеет сопротивление 1 Ом). Также, можно измерить спектр его импеданса методом электрохимического импеданса. Тестовый эквивалент представляет собой постоянный резистор сопротивлением 0.33 Ом, последовательно соединенный с параллельной цепью из резистора 0.66 Ом и конденсатора 220 мкФ. Точность компонентов составляет 5%.

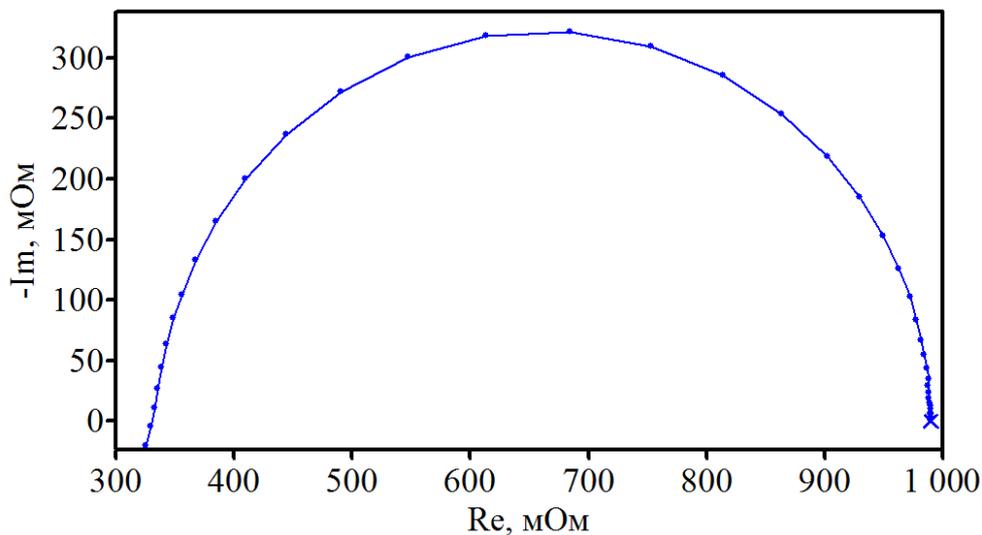


Рис. 4. Годограф импеданса встроенного в усилитель эквивалента. Диапазон частот 50 кГц-1 Гц, автоматический диапазон тока, амплитуда 5 мВ, потенциостатический режим 0 мВ, количество частот 50, быстрое измерение. При фиксированном диапазоне тока 15 А возможно небольшое увеличение разброса в низкочастотной области (формально, измеренные значения импеданса точнее соответствуют диапазону тока 2 А, но с ними максимально точно выполняется калибровка усилителя).

При постоянноточковом тестировании на встроенном эквиваленте нельзя задавать токи и напряжения более 6 А или 6 В, дольше, чем на 10 секунд, чтобы не повредить его. Для проверки постоянноточковых характеристик усилителя с потенциостатом, можно выполнить на тестовом эквиваленте один цикл циклической развертки потенциала со следующими параметрами (в потенциостатическом режиме, в гальваностатическом можно выполнить схожую развертку, но по току для каждого диапазона со своими пределами по току):

- Стартовый потенциал 0 В;
- Размах потенциала от -5 В до +5В;
- Скорость развертки 10 В/с (при больших скоростях проявится гистерезис перезаряда конденсатора эквивалента);
- Количество циклов 1;
- Диапазон тока автоматический;
- Скорость регистрации автоматическая.

По результатам измерения необходимо убедиться в линейности развертки, как для сигнала тока, так и потенциала, а также в выполнении закона Ома – численно значения тока должны совпадать с потенциалом до 5% или лучше, так как тестовое сопротивление составляет 1 Ом.

## 7. Гарантийные обязательства

Изготовитель гарантирует соответствие прибора техническим характеристикам при соблюдении потребителем правил эксплуатации, транспортирования и хранения, установленным в настоящем руководстве по эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации – 24 месяца от даты продажи прибора.

Срок гарантийного ремонта определяется степенью неисправности прибора и может достигать до 20 рабочих дней без учета времени доставки.

Гарантийные обязательства не включают в себя устранение проблем некорректной работы с прибором (несоответствующие требованиям настоящего руководства).

Потребитель лишается права на гарантийное обслуживание и ремонт в следующих случаях:

- при нарушении требований, которые приведены в разделе 6 запрещенных условий работы, в настоящем руководстве;
- при нарушении правил эксплуатации, транспортирования и хранения, мер безопасности работы с прибором;
- при несоблюдении обязательных мер предосторожностей и требований касающихся работы с прибором, приведенных в настоящем руководстве;
- при работе с прибором в недокументированных режимах;
- при неправильной установке или подключении прибора;
- при превышении допустимой рабочей температуры, перегреве и т.п.;
- при наличии внешних и внутренних механических повреждений: царапин, вмятин, повреждений разъемов, следов ударов и других последствий некорректной эксплуатации прибора;
- при нарушении целостности пломб, признаков вскрытия и ремонта прибора неуполномоченными лицами;
- при наличии повреждений, полученных в результате аварий, воздействия огня, влаги, насекомых, пыли или попадания внутрь корпуса посторонних предметов.

Гарантийное и послегарантийное обслуживание прибора осуществляется предприятием изготовителем.

Бесплатное гарантийное обслуживание и ремонт прибора осуществляются только в том случае, если пользователь ознакомился с разделом 6 настоящего руководства о запрещенных условиях работы прибора.



Высокоточное оборудование для электрохимических исследований

SmartStat®

Изготовитель: SmartStat

Россия, Московская область, г. Черноголовка

Телефон: 8(495)720-31-57

Адрес тех. поддержки: [potentiostat@mail.ru](mailto:potentiostat@mail.ru)

[www.smart-stat.ru](http://www.smart-stat.ru)