

ООО "Элинс"

Производство и поставка приборов для электрохимических исследований



**Дополнения к руководству эксплуатации
потенциостатов и электронных нагрузок
«Р-Х», «PL-Х» ("Элинс")**

Черноголовка 2008

www.elins.su

Уважаемый покупатель, настоящий документ содержит дополнения к базовому руководству по эксплуатации Вашего прибора. Настоятельно рекомендуем внимательно его изучить после прочтения базового руководства по эксплуатации.

Настоящий документ постоянно пополняется новой информацией по мере обновления программного обеспечения приборов. Новые версии программного обеспечения и документации, а также другую полезную информацию Вы можете найти на сайте www.elins.su.

1. Способы остановки эксперимента в потенциостатическом и гальваностатическом режимах

Приборы Р-Х производства ООО "Элинс" позволяют работать в гальваностатическом режиме. При этом точность задания тока составляет 0,009% от максимума выбранного диапазона тока при токах менее 100мА. При повышении задаваемого тока точность снижается и составляет 0,1% от максимума при выходном токе более половины от максимального для Вашего прибора.

Обновленный вариант управляющей программы позволяет остановить эксперимент в потенциостатическом режиме по следующим событиям: при достижении заданного времени работы, при достижении заданного значения тока, при достижении заданного значения заряда, пропущенного через исследуемый образец; в гальваностатическом режиме: при достижении заданного времени работы, при достижении заданного значения напряжения/потенциала. Кнопки вызова окон этих установок ("Настроить") находятся правее кнопок "Стоп" в панелях потенциостатического и гальваностатического режима.

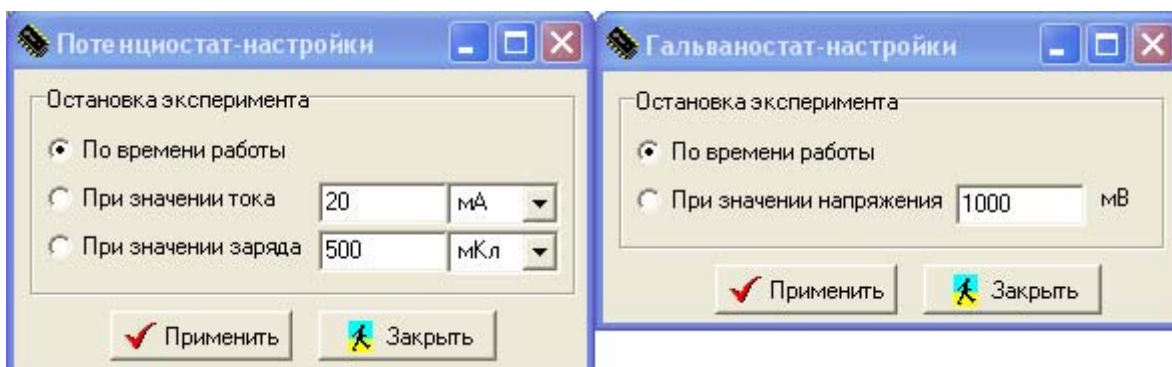


Рис. 1. Внешний вид окон выбора способа остановки потенциостатического и гальваностатического режимов

2. Отключение исследуемого объекта при завершении эксперимента

Программное обеспечение потенциостатов производства ООО "Элинс" позволяет остановить эксперимент с отключением исследуемого объекта или без отключения.

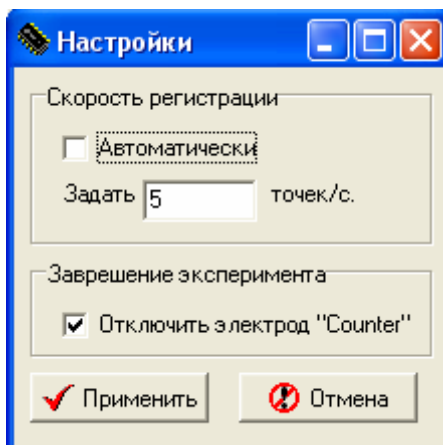


Рис.2. Внешний вид окна настроек

В окне настроек управляющей программы есть поле "Завершение эксперимента" в котором находится опция "Отключить электрод "Counter"". При отмеченной опции прибор после завершения эксперимента отключится от измеряемого объекта. При отсутствии же выбора этой опции отключение электрода "Counter" после завершения эксперимента произведено не будет и исследуемый объект останется под тем же напряжением (потенциалом) при котором он находился непосредственно перед отключением (при последнем текущем значении, выведенном в поле данных управляющей программы).

Этот метод может быть использован, например, для переключения диапазона тока, при наличии большой емкости исследуемого объекта, когда в начальный момент (в потенциостатическом режиме) требуется большой ток заряжения, а затем (после заряжения емкости) требуется более точное измерение малого тока. В этом случае пользователь может задать необходимое выходное напряжение (потенциал) при достаточно грубом диапазоне тока, дождаться установления в системе тока, допустимого для более тонкого диапазона, остановить эксперимент и запустить его заново, но уже при более тонком диапазоне тока.

При таком режиме работы прибор не перейдет в режим перегрузки в начальный момент измерения – заряжения емкости большим током (т.к. будет работать на грубом диапазоне тока), а малые токи, устанавливающиеся после заряжения емкости образца будут точно зарегистрированы на более тонком диапазоне с большим разрешением.

Также этот режим может быть полезен и в ряде других методов работы - для проведения более тонких электрохимических исследований, например, быстрый переход к измерению релаксации ЭДС образца после снятия с него нагрузки или другой постояннотоковой поляризации прибором (так как независимо от предыдущего состояния прибора и эксперимента режим вольтметра отключает измеряемый объект от электрода "Counter").

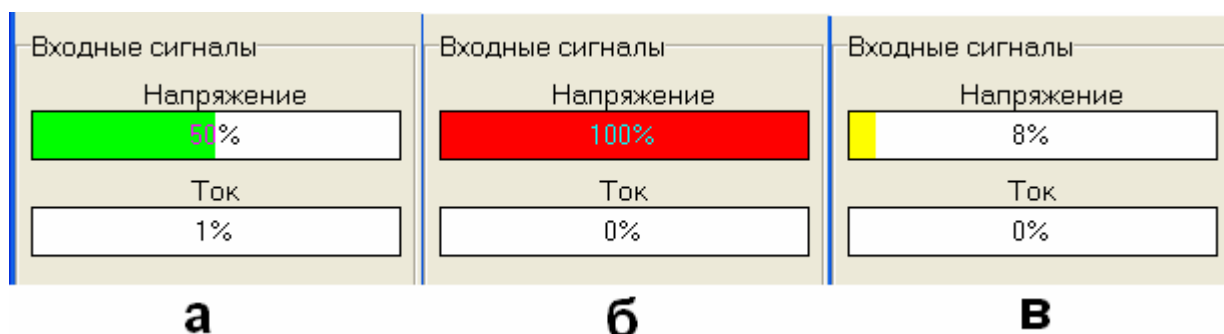
Внимание:

Стоит обратить внимание на то, чтобы последний эксперимент был проведен с отключением электрода "Counter" для отключения исследуемого объекта и подключения другого или смены режима работы. Наиболее просто это сделать запустив измерение ЭДС образца в режиме вольтметра на 2-3 секунды.

Примечание:

Электрод "Counter" является выходным токовым электродом прибора и его отключение приводит к тому, что исследуемый объект остается подключенным лишь к высокоомным входным электродометрам "Ref" и "Comp", что эквивалентно снятию какого либо электрического воздействия прибора на исследуемый образец.

Состояние входных сигналов удобно отслеживать по индикаторам входных сигналов тока и напряжения. Зеленый цвет индикатора соответствует нормальной работе АЦП прибора, красный – перегрузке (и приводит к отключению прибора через секунду после возникновения перегрузки), желтый – недостаточной загрузке АЦП – нормальный режим работы, но по возможности соответствующий сигнал можно переключить на более тонкий диапазон. Методы индикации одинаковы как для тока, так и для напряжения (потенциала).



*Рис. 3. Индикаторы входных сигналов:
а – нормальная регистрация напряжения (потенциала),
б – перегрузка по напряжению (потенциалу),
в – низкая точность регистрации напряжения (потенциала).*

Внимание:

При остановке режима без отключения исследуемого объекта пользователю необходимо следить за тем, чтобы не создать перегрузку прибора, так как программа сама при этом не отслеживает состояние прибора. Запрещается проводить какие либо манипуляции с исследуемым объектом при подключенном электроде "Counter" так как это может нанести вред и исследуемому образцу и прибору. Необходимо проводить подключение/отключение исследуемого образца только при отключенном электроде "Counter".

3. Порядок работы с прибором

Настоятельно рекомендуем следующую последовательность выполнения работы с прибором:

а) подготовить исследуемый образец и проверить его (например, заполнение солевых мостиков и смачиваемых кранов соответствующим электролитом в жидкостных э/х системах, отсутствие замыканий и надежность контактов для твердотельных э/х систем).

б) включить прибор (подключить кабель к ПК, сетевой шнур, включить прибор, убедиться в его работоспособности по индикатору на передней панели и шуму вентиляторов охлаждения, убедиться в том, что последние вращаются).

в) запустить управляющую программу на Вашем ПК и убедиться в том, что прибор определился программой и содержимое ее основного окна соответствует типу Вашего прибора (допустимые диапазоны тока, сопротивления, наличие/отсутствие импульсного режима). Сообщения о подключении при этом выводятся в меню сообщений в левой нижней части программы.

г) ввести значения параметров эксперимента в соответствующие поля программы, выбрать скорость регистрации, тип отображаемого графика.

д) подключить прибор к исследуемому образцу.

е) запустить эксперимент.

Внимание:

Такая последовательность настоятельно рекомендуется разработчиками ввиду того что, в выключенном состоянии входное сопротивление электродов "Ref" и "Comp" составляет около 1 Ком. Во включенном же состоянии оно достигает приведенного в базовом руководстве эксплуатации.

Столь низкое входное сопротивление может повредить образец (например жидкостной электрод сравнения), либо вынудить его работать в недопустимом режиме. В твердотельных же системах это входное сопротивление может являться нагрузкой исследуемого источника питания и может привести к некорректности проводимого эксперимента и повреждению прибора.

Наличие же ключей отключения этих узлов в приборе привело бы к вероятной помехе в момент их включения, что может быть недопустимым для исследуемого образца. Поэтому рекомендуется подсоединять исследуемый образец после включения прибора. При этом следует, однако, иметь ввиду, что входной импеданс электродов прибора весьма высок и чувствителен к электростатическим помехам, которые могут вывести их из строя.

Наличие защиты этих узлов может оказаться недостаточным в случае присутствия значительного электростатического заряда на руках исследователя, что может привести к выходу прибора из строя, поэтому рекомендуем коснуться заземляющего разъема прибора непосредственно

перед коммутацией металлических частей зажимов "крокодил" для того, чтобы снять возможный электростатический заряд. Те же замечания и действия справедливы и для исследуемого образца (электрохимической ячейки).

Все потенциостаты и электронные нагрузки производства ООО "Элинс" комплектуются одним и тем же базовым программным обеспечением "PS-Pack". Свойства программы (содержимое ее основного окна, ограничения на вводимые параметры, содержимое меню выбора диапазонов, наличие/отсутствие некоторых режимов) определяются по конфигурации, считанной из прибора в момент запуска программы. Поэтому, если Вы запустили программу при неподключенном приборе, либо при некорректно-выбранном номере com-порта, рекомендуем закрыть программу, включить прибор, запустить программу заново.

3. Установка программного обеспечения

В комплект поставки потенциостатов производства ООО "Элинс" входит компакт-диск с управляющей программой PS-Pack и документацией по приборам.

Для установки программного обеспечения достаточно скопировать каталог, в котором находится программа PS-Pack с необходимыми ей текстовыми файлами на жесткий диск Вашего ПК. После этого нужно снять опции "только чтение" с этих файлов выделив их и нажав правую кнопку мыши в ос Windows.

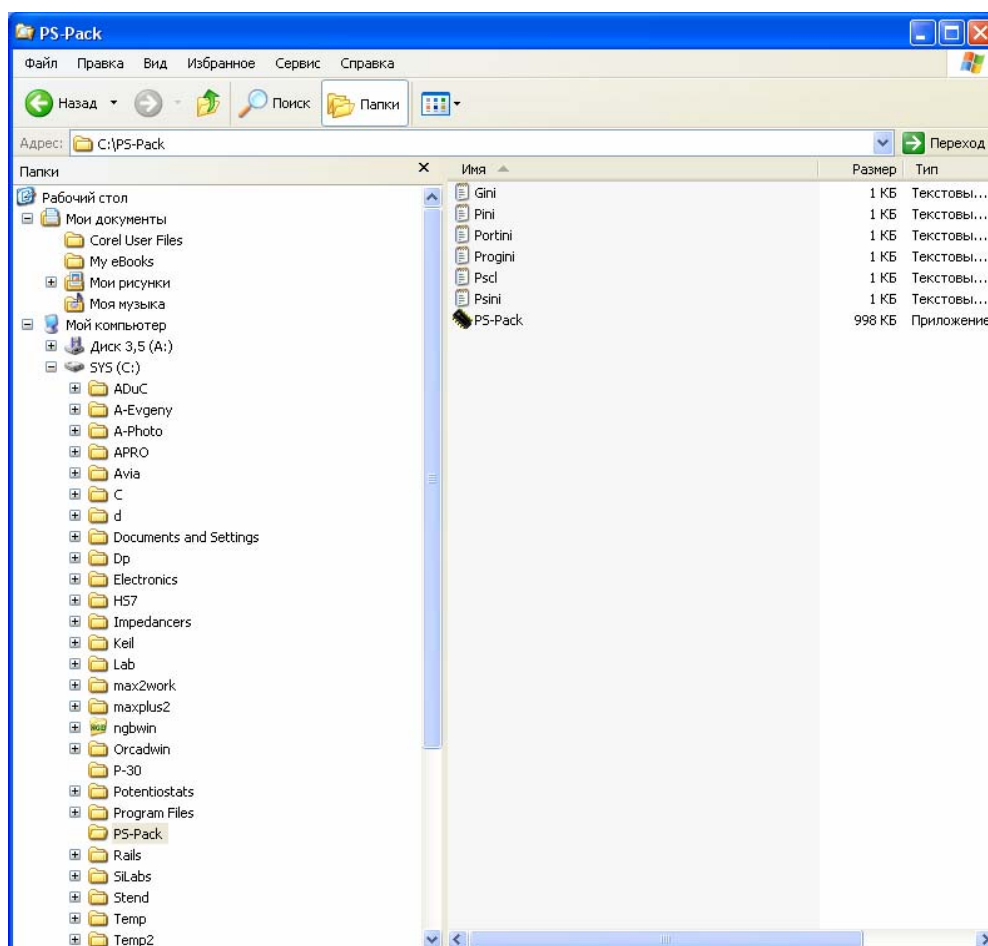


Рис. 4. Внешний вид проводника Windows с каталогом управляющей программы PS-Pack-s.

В тех случаях, когда программа находится в самораспаковывающемся архиве достаточно распаковать содержимое архива в желаемое место на жестком диске Вашего ПК.

После установки и включения прибора можно запустить управляющую программу PS-Pack и начать работу с прибором. Перед этим также может потребоваться выбрать нужный com-порт в установках управляющей программы.

В тех случаях, когда прибор подключается по шине USB необходимо установить драйвера и настроить переходник USB-RS232, поставляемый с прибором. В этом случае в комплект поставки также входит компакт-диск с драйверами для переходника. На этом же диске обычно содержится и информация по их установке. После установки драйверов необходимо произвести настройку переходника: нажатием правой кнопки мыши на ярлыке "Мой компьютер" (обычно он есть на рабочем столе) открыть свойства Вашего ПК. Далее в закладке оборудование

необходимо открыть свойства портов Вашего ПК, найти установленный через переходник USB порт (обычно его номер более 2-х, или его можно обнаружить, выдернув и вставив кабель переходника из разъема USB вашего ПК). Номер этого порта необходимо вписать в меню настроек - выбор порта программы PS-Pack и нажать кнопку "Применить". В случае возникновения неполадок с портом программа выдаст сообщение об ошибке.

На компакт-диске с программой PS-Pack Вы также можете найти документацию по приборам, выпускаемым ООО "Элинс", дополнения к базовым инструкциям, дополнительную информацию (в папке "AN") по работе и испытаниям приборов в различных режимах – на электрохимических и других объектах, на тестовых эквивалентах. Дополнительную информацию – инструкции, различную документацию, последние версии программного обеспечения Вы можете найти на сайте www.elins.su.

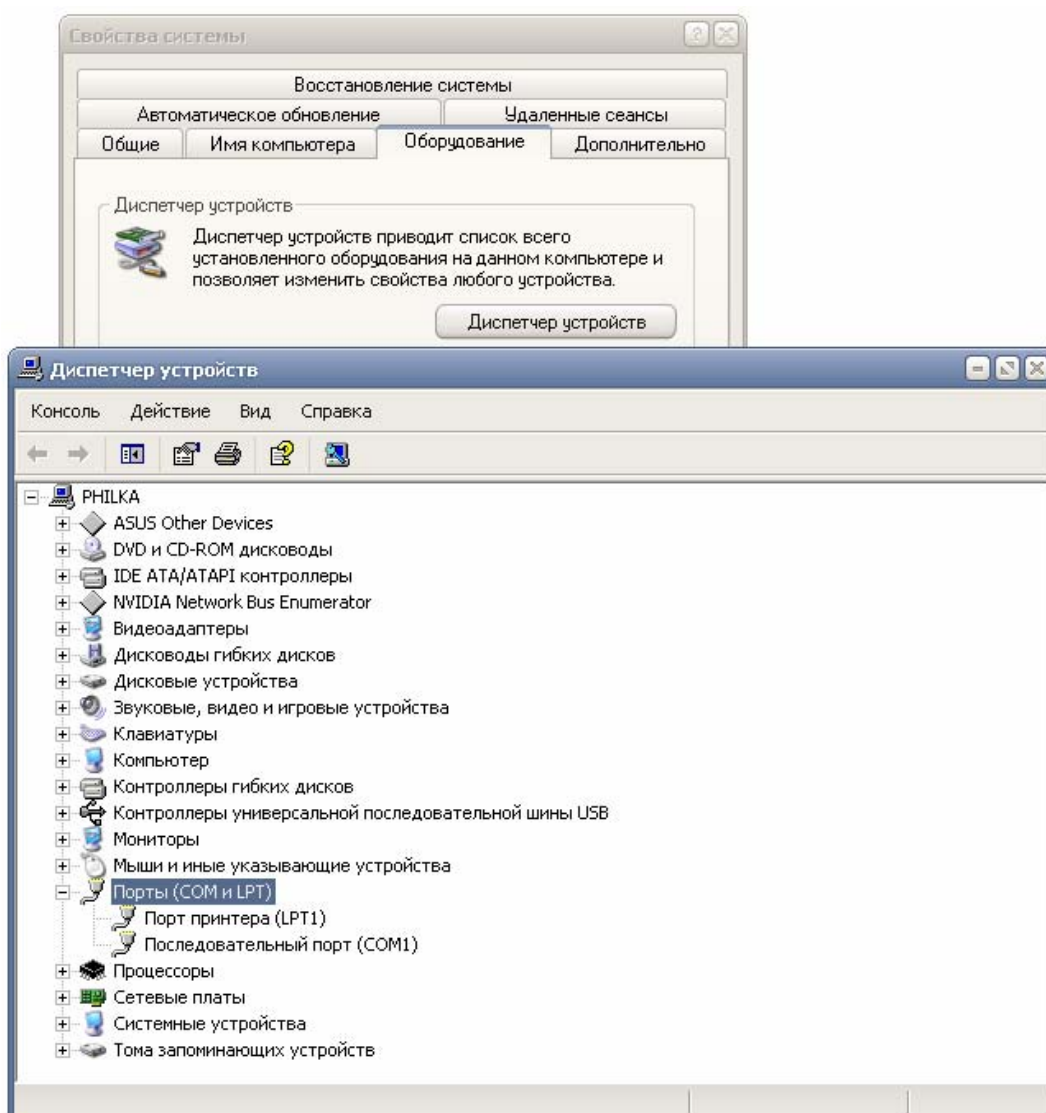


Рис. 46. Внешний вид диспетчера устройств в свойствах "Мой компьютер".

4. Мощностные и токовые характеристики потенциостатов и электронных нагрузок

Электронные нагрузки производства ООО "Элинс" очень похожи по своему устройству на соответствующие потенциостаты. Основное же отличие, помимо технических характеристик и возможностей заключается в том, что электронная нагрузка по своей схематехнике однополярна в отличие от потенциостата (см. инструкцию к электронным нагрузкам). Последнее обстоятельство сделано для снижения рассеиваемой мощности на выходных усилителях прибора при снижении стоимости прибора.

Типы объектов, с которыми работают потенциостаты можно разбить на два типа – активные и пассивные. К первым относятся объекты, с которых в процессе работы прибор снимает мощность (топливные элементы, аккумуляторы, батареи, ионисторы в режиме разряда). Ко вторым относятся режимы в которых протенциостат передает мощность в исследуемый объект (процессы электролиза, электроосаждения, заряда батарей, аккумуляторов или ионисторов).

В случае использования потенциостата с активным объектом, на нем рассеивается мощность примерно в 4 раза превышающая снимаемую с объекта (тогда, как в случае передачи даже большой мощности в объект прибор может практически не рассеивать мощности). Ввиду этого, в случае работы с активным объектом входные токи и мощности потенциостатов снижены, так как при запуске режимов и в некоторых других случаях возможности прибора оказываются на пределе. В электронных же нагрузках ввиду их однополярности рассеиваемая мощность мало отличается от снимаемой с активного исследуемого объекта. Для более четкого понимания возможностей приборов в таблице 1 приведены их мощностные и токовые характеристики в различных режимах.

Долговременные характеристики развиваются во всех режимах и являются безопасными в течение долгого времени.

Максимальные характеристики развиваются прибором, но ограничены программными методами защиты для предотвращения перегрева (программа терпит их в течение времени не более 1 секунды и после этого отключает прибор, если какой либо параметр превышает соответствующие ему номинальное значение). Однако, в определенных случаях на максимальные характеристики можно рассчитывать – для перезаряда больших емкостей двойного слоя в момент запуска режимов или отработки пиков в ЦВА режиме, если время превышения номинальных характеристик не превышает 1 с.

Импульсные характеристики развиваются прибором практически всегда в момент включения практически любого достаточно мощного (долговременные токи объекта близки к номинальным прибора, особенно при высоких, более 10 В, напряжениях) электрохимического объекта. Для приборов стандартного быстродействия эти импульсы оказываются скрыты от экспериментатора ввиду того, что быстродействие АЦП прибора не позволяет их зарегистрировать. В случае использования быстродействующих приборов (с приставкой S) на эти характеристики можно рассчитывать, если время их регистрации или действия не превышает 0,3 мс, то есть, только в импульсном программном режиме.

Пример: при работе с батареей топливных элементов с ЭДС 10В, развивающей стационарный ток 3 А, при напряжении 6 В, с суммарными омическими

потерями 0.5 Ом импульсный ток в момент запуска измерения на нагрузочном напряжении 6 В составит $(10В-6В) / 0,5Ом = 8 А$, тогда как стационарный ток составляет 3 А. При коротком же замыкании, то есть приложении импульса напряжения 0 В импульсный ток составит $(10В- 0В) / 0,5Ом = 20 А$. Таким образом для первого расчета пригодна любая электронная нагрузка или мощный потенциостат, для второго же расчета только мощная электронная нагрузка или потенциостат (однако, в режиме короткого замыкания стационарный ток составит вероятно величину около 5 А, и для этой задачи подойдет только мощная электронная нагрузка).

В любом случае прибор всегда следует выбирать с некоторым запасом по мощности и току. Все приборы производства ООО "Элинс" имеют достаточно много степеней программных и аппаратных защит, которые прибор не станет применять без необходимости, а активирует их в том случае, если какой либо из перегрузочных параметров действительно окажется небезопасным.

Таблица 1. Мощностные и токовые характеристики приборов.

Прибор	Номинальный (долговременный) выходной ток (А) / мощность (Вт)	Номинальный (долговременный) входной ток (А) / мощность (Вт)	Максимальный (1 с.) выходной ток (А) / мощность (Вт)	Максимальный (1 с.) входной ток (А) / мощность (Вт)	Импульсный (0,3 мс.) выходной ток (А) / мощность (Вт)	Импульсный (0,3 мс.) выходной ток (А) / мощность (Вт)
P-8 (S)	0.5 А / 4 Вт	0.5 А / 4 Вт	0.65 А / 8 Вт	0.65 А / 8 Вт	0.65 А / 10 Вт	0.65 А / 10 Вт
P-30 (S)	2 А / 30 Вт	1 А / 15 Вт	2,3 А / 30 Вт	2,3 А / 30 Вт	2,5 А / 37 Вт	2,5 А / 37 Вт
P-30M (SM)	1 А / 30 Вт	0,5 А / 15 Вт	1,1 А / 30 Вт	1,1 А / 30 Вт	1,2 А / 45 Вт	1,2 А / 45 Вт
P-150 (S)	8 А / 100 Вт	4 А / 40 Вт	10 А / 150 Вт	10 А / 150 Вт	27 А / 400 Вт*	27 А / 400 Вт
PL-50	-	5 А / 25 Вт	-	10 А / 50 Вт	-	11 А / 160 Вт
PL-150 (S)	-	12 А / 100 Вт	-	20 А / 150 Вт	-	27 А / 400 Вт

5. Развертка тока в гальваностатическом режиме

Потенциостаты и электронный нагрузки производства ООО "Элинс", работающие с управляющей программой Ps_Pack_s обеспечивают развертку не только потенциала, но и тока (программа Ps_Pack_s от 17,03,2008).

The image shows two side-by-side software panels, labeled 'А' and 'Б'. Panel 'А' is titled 'Развертка потенциала' (Potential ramping) and panel 'Б' is titled 'Развертка тока' (Current ramping). Both panels have a similar layout of controls:

- Start potential/current:** 0 мВ / 0 мА
- Max. potential/current:** 3329 мВ / 3329 мА
- Min. potential/current:** -3329 мВ / -3329 мА
- Speed of ramping:** 3329,25 мВ/с. / 3329,25 мА/с.
- Direction:** - (dropdown menu)
- Number of cycles:** 2
- Galvanostatic mode:** for potential, for current.
- Buttons:** Start (▶) and Stop (■).

Below the main controls, there is a section for 'Специальная развертка' (Special ramping):

- Number of 'stop' passes:** 2
- Final potential/current ('stop'):** -50 мВ / -50 мА
- Buttons:** Start (▶) and Stop (■).

Рис. 5. Внешний вид панели разверток в режиме развертки напряжения/потенциал (А) и тока (Б).

Для выбора гальваностатического режима развертки необходимо выставить флаг "Гальваностатический режим" в панели разверток (рис. 5), при этом режим обычной и специальной развертки переходят в режим развертки тока.

Управление разверткой тока осуществляется точно так же, как и в случае потенциала, но все параметры напряжения/потенциала заменены соответствующими токовыми. Максимальные скорости развертки тока зависят от типа прибора и рабочего диапазона (как и в случае развертки потенциала).

Как и в случае потенциала развертка осуществляется при помощи ЦАП-а, максимальный шаг инкрементирования которого составляет 1/32000 от максимума выбранного диапазона тока, при этом также осуществляется последующее сглаживание аналогового сигнала.

Список потенциостатов и электронных нагрузок, позволяющих работать в режиме развертки тока:

P-05

P-8

P-30

P-30M

P-150

P-150I

PL-50

PL-150

P-8S

P-30S

P-30SM

P-150S

P-150IL

P-30I

P-30IM

Потенциостаты с индексом I работают с USB-версией управляющей программы PS_Pack_s.

6. Ступенчатые потенциостатический и гальваностатический режимы

Потенциостаты и электронные нагрузки производства ООО "Элинс" позволяют проводить стационарные измерения в ступенчатом потенциостатическом и гальваностатическом режимах (программа Ps_Pack_s от 19,03,2008). В дополнение к предыдущему варианту, в котором была предусмотрена возможность задавать и держать постоянным только одно значение потенциала или тока в одном цикле работы, ступенчатый режим позволяет задать несколько последовательно задаваемых значений потенциала или тока с определенным шагом и их количество в одном цикле работы.

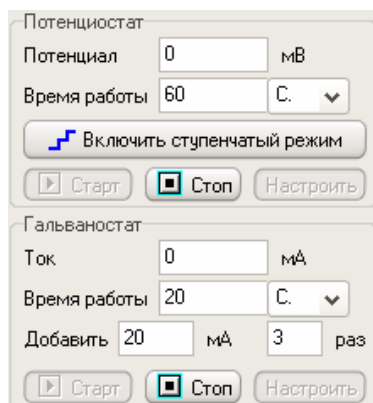


Рис. 6. Внешний вид панелей потенциостатического и гальваностатического режима. Потенциостатический режим показан с закрытой опцией ступенчатого режима, гальваностатический с открытой.

При запуске программы опции ступенчатого режима закрыты, для их активации необходимо нажать кнопку "Включить ступенчатый режим" для потенциостатического или гальваностатического режима в соответствующей панели "Потенциостат" или "Гальваностат". При этом появятся два новых параметра: добавляемая к основному значению величина и число раз добавления. Суммарное время работы при этом разбивается на введенное количество ступеней. В качестве примера на рис. 6 приведены внешние виды зависимостей тока и потенциала от времени для программы с параметрами, соответствующими рис. 6.

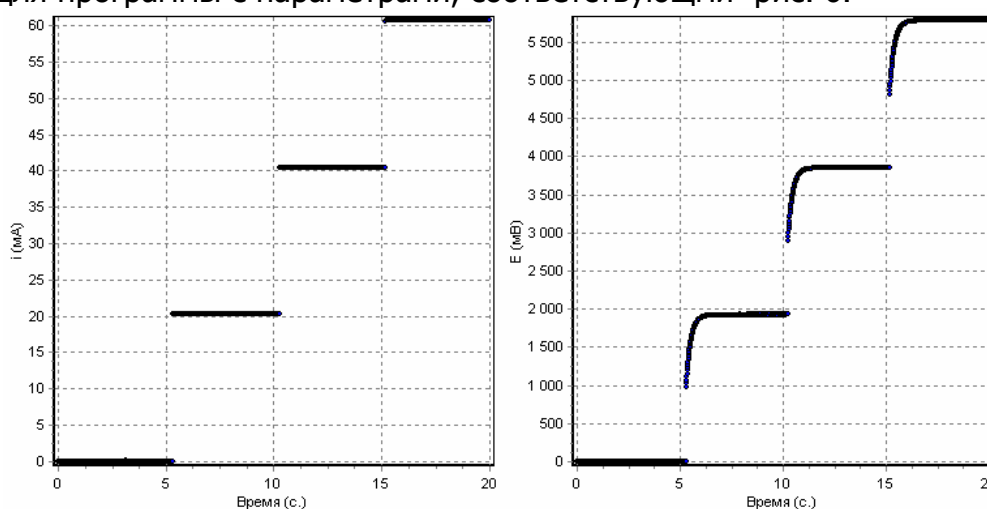


Рис. 7. Внешний вид зависимостей тока и потенциала от времени для гальваностатического режима программы, представленной на рис. 6. Тестовая цепь – резистор сопротивлением 100 Ом параллельно с конденсатором 2200 мкФ.

В приведенном примере программа задала стартовый ток 0 мА в гальваностатическом режиме, а также последовательно еще три значения тока, каждый больше предыдущего на 20 мА (всего получается 4 значения рабочих токов, приложенные последовательно один за другим). Время выдержки каждой ступени тока при этом одинаково для всех значений токов и суммарно для всех ступеней равно введенному времени работы. Значение добавляемого тока или потенциала может быть как положительным, так и отрицательным.

Такой режим может быть полезен для автоматизации регистрации стационарных токов электрохимических процессов, когда заранее известно время, за которое ток выходит на стационарное значение и рабочие диапазоны тока и потенциала. Также ступенчатый потенциостатический режим может использоваться как хронопотенциометрия или для реализации других электрохимических методов. Удобство использования ступенчатого режима заключается в том, что в одном цикле работы может быть, например зарегистрирована вся стационарная поляризационная кривая исследуемого процесса, при этом прибор будет переходить от одного потенциала к другому без выключения ячейки, а значит в системе будут отсутствовать переходные процессы.

Другие параметры (скорость регистрации, диапазоны тока или потенциала, опции отключения ячейки после измерения) задаются также как и в единичном стационарном режиме. В случае достижения условий дополнительных методов остановки эксперимента (настройки потенциостатического и гальваностатического режимов) программа будет остановлена независимо от номера выполняемой ступени также как и в случае обычного стационарного измерения. Для отключения ступенчатого режима можно перезапустить управляющую программу или ввести количество раз добавлений равным нулю независимо от добавляемой величины.

7. Обработка экспериментальных данных – фильтрация, усреднение и компрессия

Управляющая программа Ps_Pack_s позволяет проводить некоторые несложные, но полезные операции обработки экспериментальных данных после измерения (программа Ps_Pack_s от 21,03,2008). Кнопки управления этими операциями находятся в верхней части окна диаграмм и доступны только после запуска любого рабочего режима. Программа позволяет в любой момент вернуться к предыдущему состоянию обработки данных нажатием кнопки "Отменить" (только на **один** шаг назад). Далее для наглядности приведены примеры обработки заведомо очень зашумленных и искаженных данных (один и тот же массив обработан различными методами).

- 1) **Фильтрация.** Осуществляется методом вейвлет-преобразований заданной степени (степень вводится пользователем в появившемся после нажатия кнопки "Фильтрация" окне). На рис. 8 приведены примеры фильтрации данных по степени 3. Максимальная степень фильтрации составляет 10, минимальная 1.

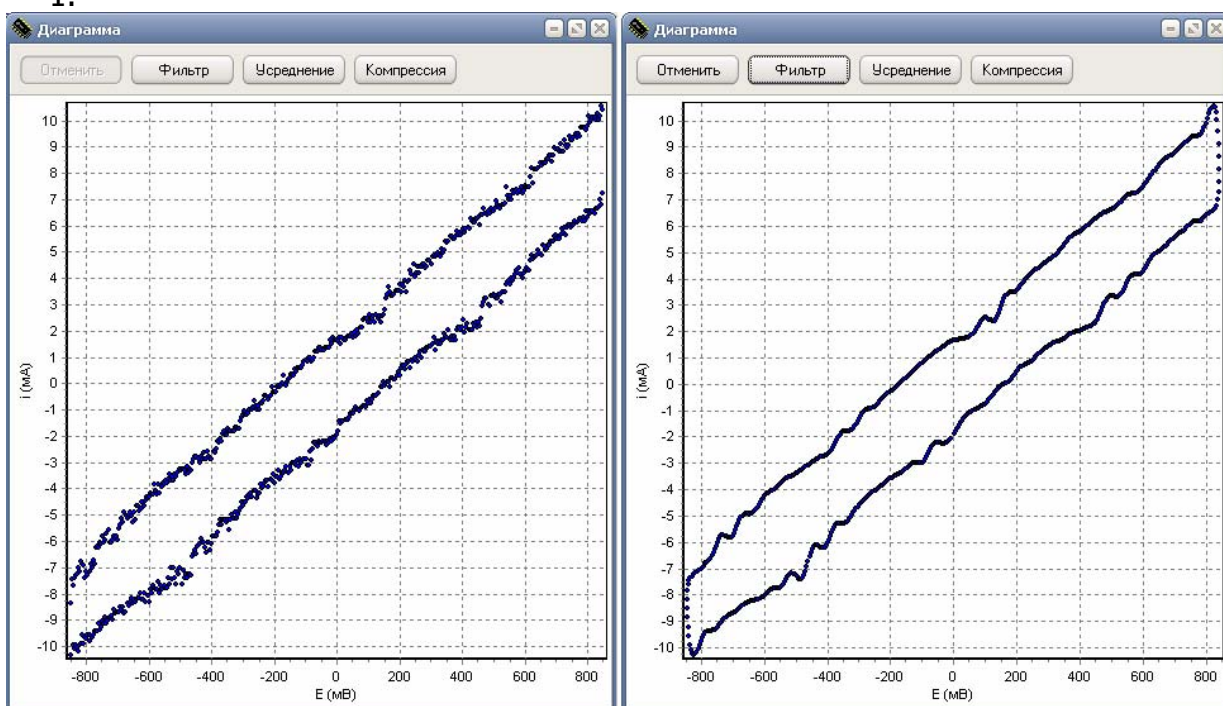


Рис. 8. Диаграмма до и после фильтрации данных по степени 3.

- 2) **Усреднение.** Производит усреднение каждой точки по заданному числу соседних точек (количество усредняемых точек вводится пользователем в появившемся после нажатия кнопки "Усреднение" окне), количество зарегистрированных точек при этом не снижается. На рис. 9 приведены примеры усреднения данных по 10 точкам. Максимальная степень усреднения составляет 100, минимальная 2 (значение 1 не дает изменений).

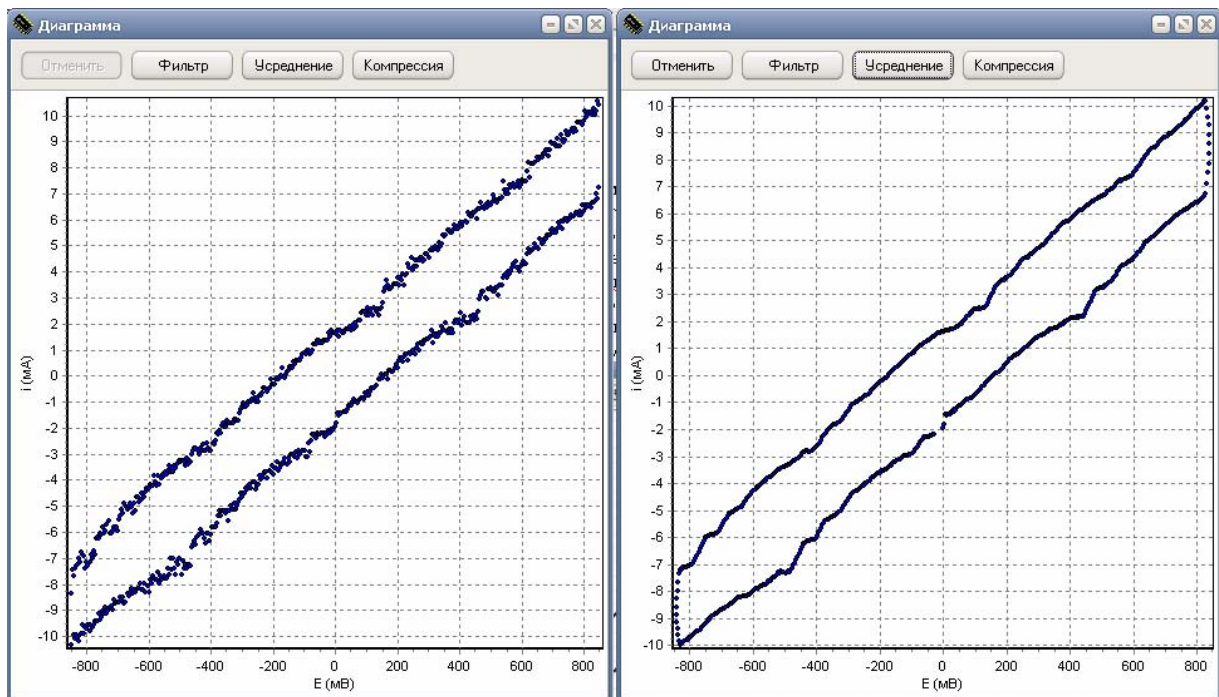


Рис. 9. Диаграмма после усреднения данных по степени 10.

- 3) **Компрессия.** Производит усреднение данных со сжатием массива данных (количество усредняемых точек вводится пользователем в появившемся после нажатия кнопки "Компрессия" окне), количество зарегистрированных точек снижается в число раз равное степени усреднения. На рис. 10 приведены примеры усреднения данных по 10 точкам. Максимальная степень компрессии составляет 100, минимальная 2 (значение 1 не дает изменений). Метод аналогичен снижению скорости регистрации прибора до измерения, поэтому на практике может использоваться также для снижения объема зарегистрированных данных, а не только для снижения видимого шума. Как и в других методах обработки данных следует обращать внимание на изменения вносимые тем или иным методом обработки в рабочий массив данных (так как при этом, на циклических вольтамперограммах, например, могут пропасть или сгладиться определенные электрохимические особенности, характеризующие изучаемую электрохимическую систему, поэтому не следует выбирать слишком высокие степени обработки).

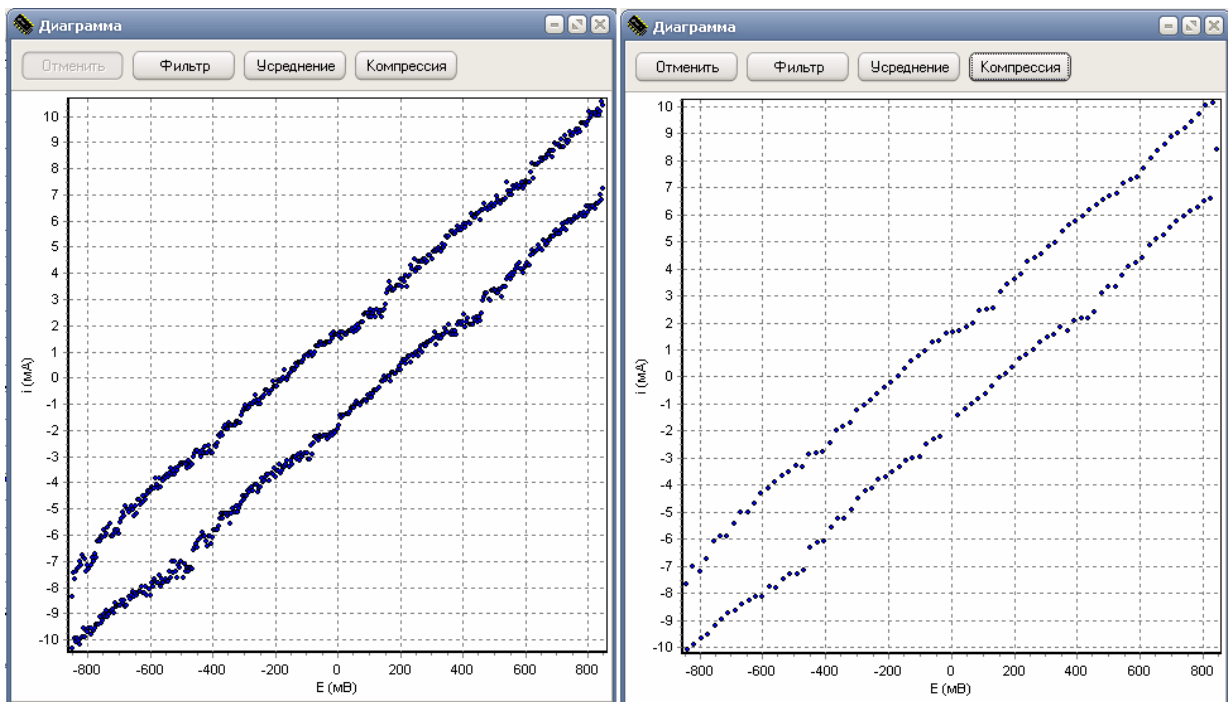


Рис. 10. Диаграмма после компрессии данных по степени 5.

В состав методов обработки включено три различных метода для того, чтобы пользователь мог самостоятельно выбрать тип и степень необходимой обработки в соответствии с типом исследуемого объекта и методом его исследования. Возможна любая последовательность обработки данных различными методами поочередно одного и того же массива зарегистрированных данных. К сохранению в основном окне программы будет доступен тот же вариант, что отображается на графике. Обработка ведется одновременно по току и по потенциалу.

7. Режим заряд-разряд при постоянных токе или потенциале до достижения пределов потенциала или тока.

В состав управляющей программы PS-Pack-U введен также режим, который позволяет например, многократно циклически заряжать и разряжать аккумуляторы или суперконденсаторы (ионисторы) и другие подобные устройства в заданном пользователем режиме (или, например, просто подавать на исследуемый образец ступенчато-меняющийся ток или потенциал). На рис. 11. приведен внешний вид управляющей программы с этим режимом (здесь выделен красной рамкой).

В панели рассматриваемого режима находятся два поля – потенциал 1 и потенциал 2 (для потенциостатического режима) или ток 1 и ток 2 для (гальваностатического режима, выбор режима осуществляется в этой же панели). В них задаются, например, ток заряда аккумулятора (ток 1) и ток его разряда (ток 2) для гальваностатического режима. Так же для каждого из токов заряда есть свой предел, при достижении которого (например, предела по потенциалу для тока заряда), произойдет переход к току разряда. В меню количество циклов задается число повторов циклов заряд-разряд (то есть прохождения стадий 1 и 2). Также для кадного режима (например, заряда током 1) существует таймаут, то есть предел по времени, при достижении которого также произойдет переход к следующему режиму (например, к разряду после истечения таймаута заряда, или остановке эксперимента по достижению выполненного числа циклов).

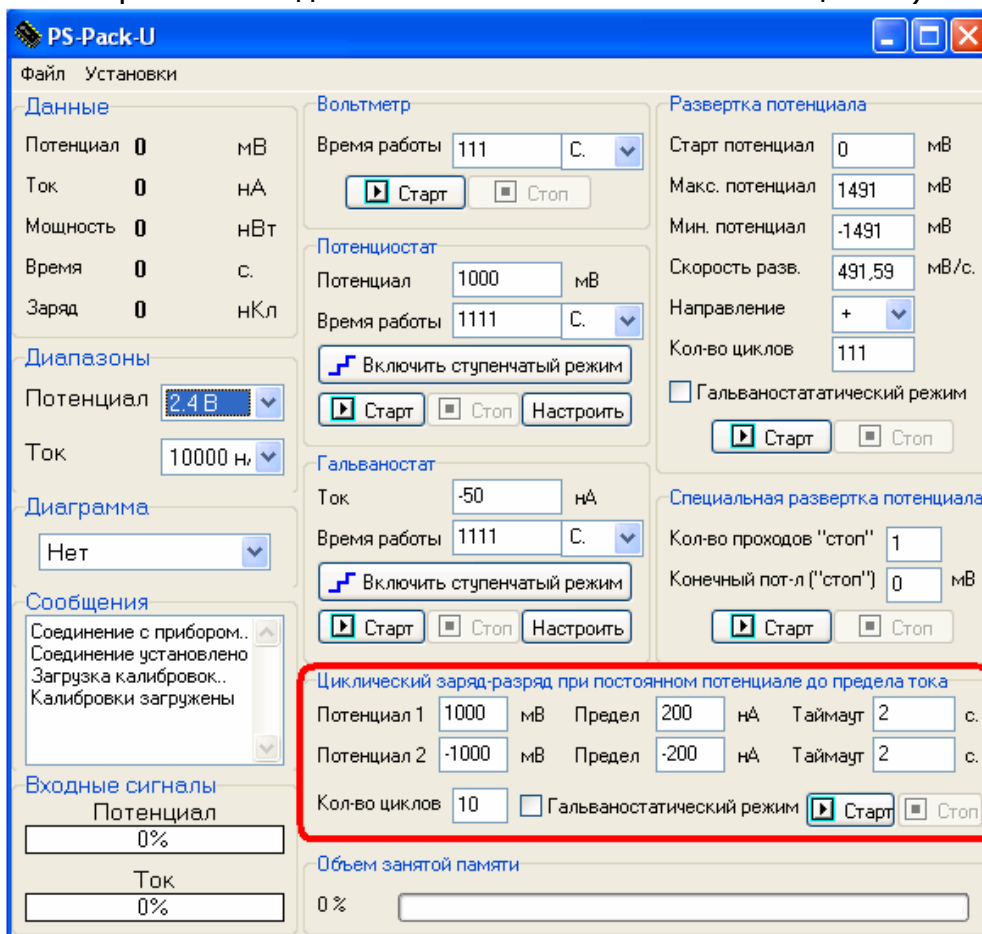


Рис. 11. Внешний вид управляющей программы PS-Pack-U с режимом циклический заряд-разряд (в режиме потенциостата).

В качестве примера на рис. 13 приведены внешние виды диаграмм ток от времени и потенциал от времени, являющиеся результатом работы с параметрами программы, приведенными на рис. 12. В качестве объекта при этом использовался электролитический конденсатор емкостью 1000 мкФ (2 встречно включенных типа К-50-35 на 16 В для исключения влияния поляризации электролита). Конденсатор был предварительно разряжен в режиме потенциостата до потенциала 0 мВ. Двухэлектродная схема включения. Таймауты выбраны намеренно с запасом, чтобы переключение происходило по достижению заданного предела потенциала, а не по времени.

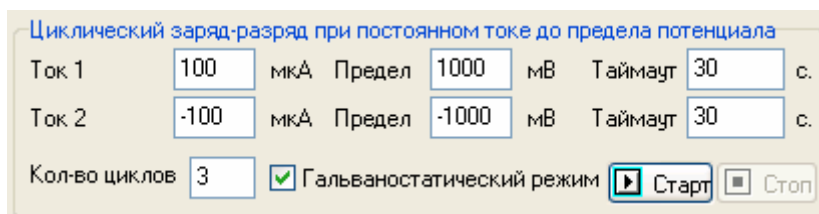


Рис. 12. внешний вид панели циклического заряд-разряда при эксперименте с конденсатором (гальваностатический режим).

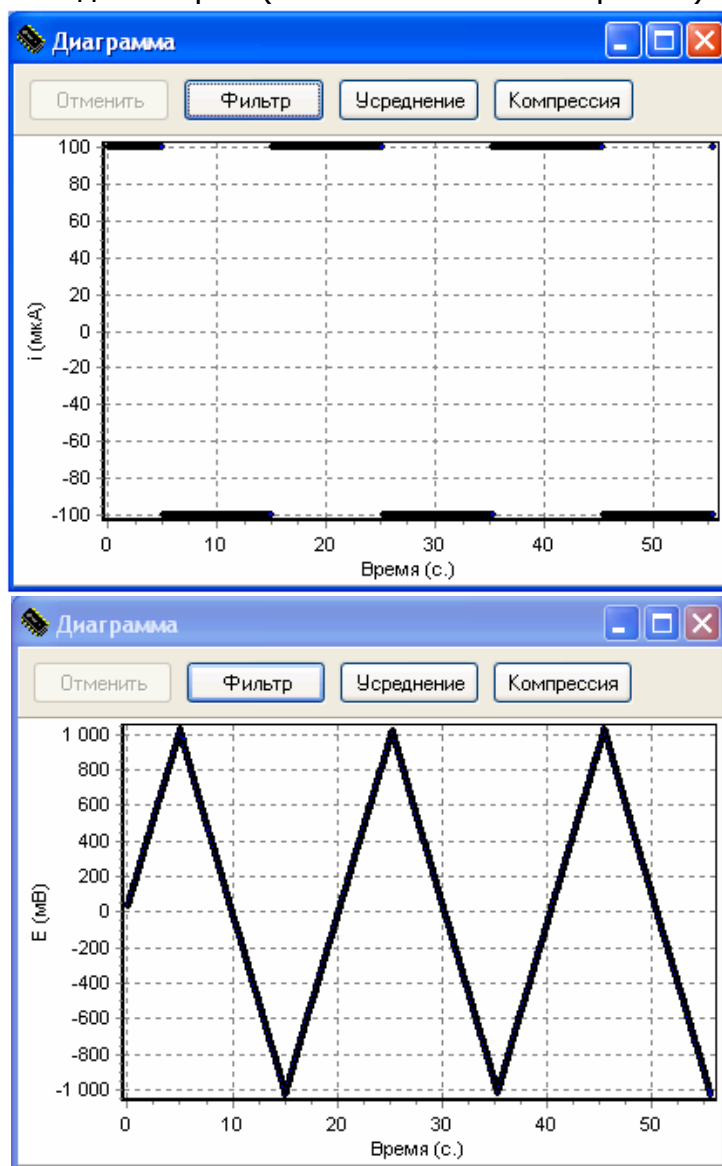


Рис. 13. Внешние виды диаграмм ток от времени и потенциал от времени в эксперименте с конденсатором.

Рекомендации и особенности режима:

В ходе работы переходы к следующей стадии (заряду после разряда, смене номера цикла и т.п.) сопровождаются соответствующими сообщениями в поле сообщений управляющей программы.

Каждый из таймаутов объединен с соответствующим ему пределом по логике "ИЛИ", то есть, которое из событий будет достигнуто первым (достижение предела по времени или по току/потенциалу соответственно для режимов потенциостат/гальваностат), то и приведет к переключению к следующей стадии цикла или переходу к новому циклу, или завершению эксперимента (по истечении всех циклов).

Минимальное количество циклов составляет 1, максимальное 1000.

Данные сохраняются и отображаются на графиках последовательно, без разбиений по циклам.

Для задания в качестве выходного сигнала прямоугольных импульсов следует ввести в качестве пределов значения, которые не могут быть достигнуты в данном эксперименте в принципе, а в качестве продолжительности верхней и нижней частей прямоугольных импульсов таймауты. При этом переключения будут происходить только по таймаутам. Частота или продолжительность импульсов определяются маркой-быстродействием прибора. Переключение от одного тока или потенциала к другому занимает 300-350 мс в добавок к периоду регистрации данных. В это время данные не регистрируются и происходит смена режима (пересылка новых команд в прибор). Само же переключение от одного тока к другому (например, от заряда к разряду или аналогично с потенциалами) происходит согласно быстродействию прибора (полосе пропускания или скорости нарастания выходного напряжения), то есть достаточно быстро.

В случае использования автоматической скорости регистрации последняя выбирается исходя из суммарного времени работы считая его по сумме обоих таймаутов, умноженной на количество циклов, поэтому следует вводить осмысленные значения, с запасом по предполагаемому времени в полтора-три раза, но не более, или использовать ручное задание скорости регистрации (чтобы данные регистрировались с разумной скоростью).

Количество регистрируемых точек в этом режиме на все циклы увеличено от 40 тыс до 200 тыс (могут возникать проблемы с "торможением" перерисовки графики при большом объеме зарегистрированных данных на ПК с частотой процессора ниже 1 ГГц). Объем занятой памяти для всех режимов отображается в нижней части программы (ту ее часть, которая занята от максимально возможного количества точек в массиве: 40 или 200 тыс.).

Следует учитывать, что во всех режимах программа прореживает точки (отображает не все) по мере увеличения объема зарегистрированных данных с целью снижения вероятности "торможения" ПК. Сохраняются же при этом все точки (без прореживания).