



**МЕТОД ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ АККУМУЛЯТОРОВ  
ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
В СИСТЕМАХ АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
И ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**2023г.**

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Проблема диагностирования состояния АКБ в режиме постоянного подзаряда не является частной для России.

**ЕС «Горизонт 2020»** (Функции глубокого зондирования для интеллектуальных химий аккумуляторных батарей):

### **Задача:**

разработка концепции для создания успешной технологии зондирования, способной контролировать изменения параметров в батарее при различных условиях и режимах эксплуатации.

### **Ожидаемый эффект:**

- получение информации о факторах, влияющих на характеристики АКБ
- улучшение идентификации дефектных аккумуляторов
- полный контроль за состоянием батарей,
- увеличение надёжности и безопасности эксплуатации,
- увеличение срока службы.

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЯ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АКБ

### Косвенная процедура оценки текущего состояния

- контроль параметров каждого аккумулятора в АБ не реже 1 раза в месяц

Возможны ошибки при проведении замеров – **«человеческий фактор»**.

### Фактическая оценка состояния аккумуляторных батарей:

- для стационарных - один раз в два года по разрядной ёмкости батареи

- для стартерных - один раз в год проверка запуска АДГ.

Успешное проведение контрольного разряда обеспечивает эксплуатационную готовность АБ, но **не гарантирует её работоспособность в процессе последующей эксплуатации.**

## МЕТОД ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Основан на физико-химической модели и математической зависимости процессов, протекающих на поверхности отрицательного электрода свинцового аккумулятора.

**Измерения электрических параметров проводятся:**

- **в равновесном состоянии** электрохимической системы;
- **в режиме постоянного подзаряда** без вывода батарей из эксплуатации.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОЗВОЛЯЕТ:

**а) с гарантированной точностью проводить расчёт основных эксплуатационных параметров аккумулятора:**

- внутреннего сопротивления;
- разрядной ёмкости в номинальном режиме разряда;
- разрядной ёмкости, продолжительности разряда в коротком (заданном эксплуатирующей организацией) режиме разряда;
- пускового тока:  $I_{кз}$ ,  $I_{пик}$ ,  $I_{хп}$ ;
- плотности электролита.

**б) осуществлять прогноз остаточного срока службы и наработки до отказа;**

**в) выявлять отстающие и неисправные аккумуляторы в батарее по критерию нахождения контролируемого параметра в заданных границах.**

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДА

Основные уравнения рассматриваемой модели:

а) **Результирующая плотность тока** к электроду или от электрода определяется плотностью тока обмена ( $j_0$ ) и отклонением разности потенциалов от равновесного состояния и описывается уравнением Батлера-Фольмера:

$$j(\rightarrow M, \text{результ.}) = j_0 \left[ e\left(-\frac{z_+ \alpha \eta F}{RT}\right) - e\left(\frac{z_+ (1-\alpha) \eta F}{RT}\right) \right]$$

$$j(\leftarrow M, \text{результ.}) = -j(\rightarrow M, \text{результ.})$$

**б) Плотность тока обмена** определяется плотностью заряда на поверхности электрода ( $\sigma^+$ ) и разностью потенциала на поверхности раздела электрод-электролит в равновесном состоянии ( $\Delta\varphi(M, S)$ ) и описывается уравнением:

$$j_0 = z_+ e k_0 \sigma^+ (\text{внутри}) \left[ e^{\left( \frac{z_+ (1-\alpha) \Delta\varphi(M, S) F}{RT} \right)} \right]$$

В) **Рабочее напряжение на выводах аккумуляторов** при разряде в момент времени  $t$  в общем виде описывается уравнением:

$$U_{\text{раз}}(t) = U_0(t) - \eta_{\text{эХ}}(t) - \eta_{\text{конц}}(t) - \eta_R(t),$$

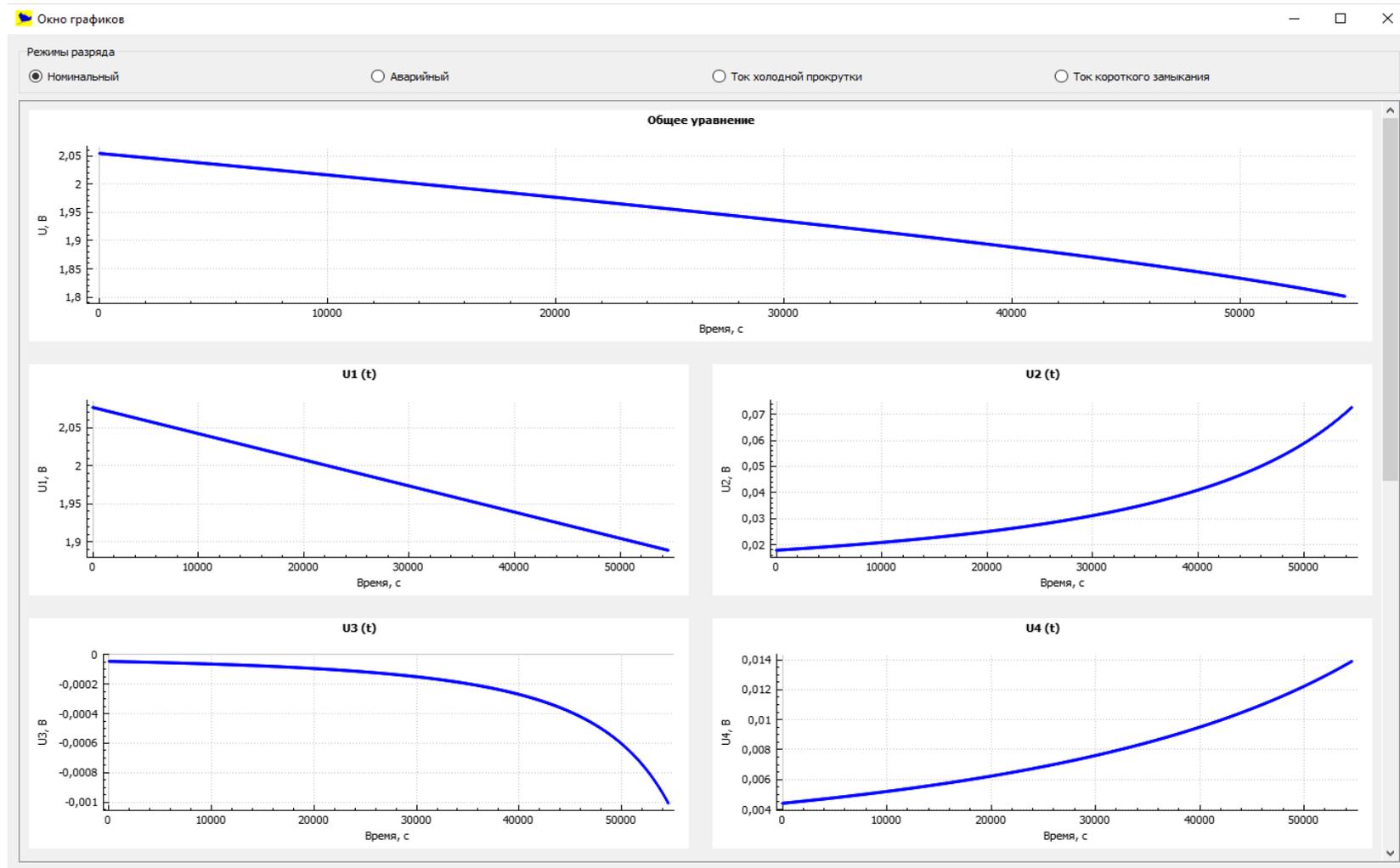
где:

- $U_0^{T_{\text{изм}}}(t)$  – **напряжение разомкнутой цепи аккумулятора** в равновесном состоянии электрохимической системы в момент времени  $t$
- $\eta_{\text{эХ}}(t)$  - **отклонение потенциалов** на электродах от равновесного значения в двойном электрическом слое электрод – электролит при прохождении электрического тока
- $\eta_{\text{конц}}(t)$  – **отклонение потенциалов** электродов от равновесного значения в электролите при прохождении электрического тока
- $\eta_R(t)$  - **отклонением напряжения** на выводах аккумулятора при прохождении электрического тока через компоненты аккумулятора, ведущие себя как омическое сопротивление

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## Рабочее напряжение на выводах аккумуляторов при разряде (графическое решение уравнения)



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

Первые опытные образцы оборудования ООО «АК Бустер» были представленные на 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEAD-ACID BATTERIES LABAT'2014 10-13 June 2014, Albena, BULGARI.

Системы «экспресс диагностики свинцовых батарей»



Фото 1. Анализатор «ЭДА», КП-Рв-2В-200Ач

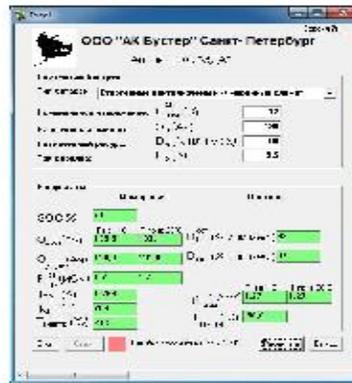


Фото 3. Диалоговое окно на ПК Анализаторов «ЭДА»



Фото 2. Анализатор «ЭДА», КП-Рв-12В-200Ач



Фото 4. Анализатор «ЭДА», КП-Рв-12В-200Ач интегрируемый в системы Заказчика  
Шифр - «Интеграл-2»

**Параметры тестового сигнала**

Амплитуда тестового сигнала  $I A=0.0136 Cn/1ч$

**Частоты сигнала:**

- 200 Гц, 100 Гц, 50 Гц, 20 Гц, 10 Гц -  
длительность 1 сек.

- 5 Гц, 2 Гц - длительность 5 сек.

- 1 Гц, 0,5 Гц, 0,2 Гц, 0,1 Гц - длительность 10 сек.

**Метод измерения сопротивления - по постоянному току.**

**Скорость измерений 2000 измерений в секунду.**

## **ИСПЫТАНИЕ СИСТЕМЫ НА СПОСОБНОСТЬ ВЫЯВЛЯТЬ НАЛИЧИЕ НЕИСПРАВНЫХ АКБ НА ОБЪЕКТАХ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»**

**Место проведения испытаний** – ООО «ТД «АЛЬФА-ЭЛЕКТРОТЕХТОРГ», г. Москва

**Дата проведения испытаний**

Начало испытаний – «17» апреля 2019 г.

Окончание испытаний – «18» апреля 2019 г.

**Цели предварительных испытаний**

**Испытание макета** системы «*Мониторинг ИБП АЭС*», интегрированного в имитатор силовой части оборудования СТС-2П-115-630 УХЛ4 (далее – СТС)

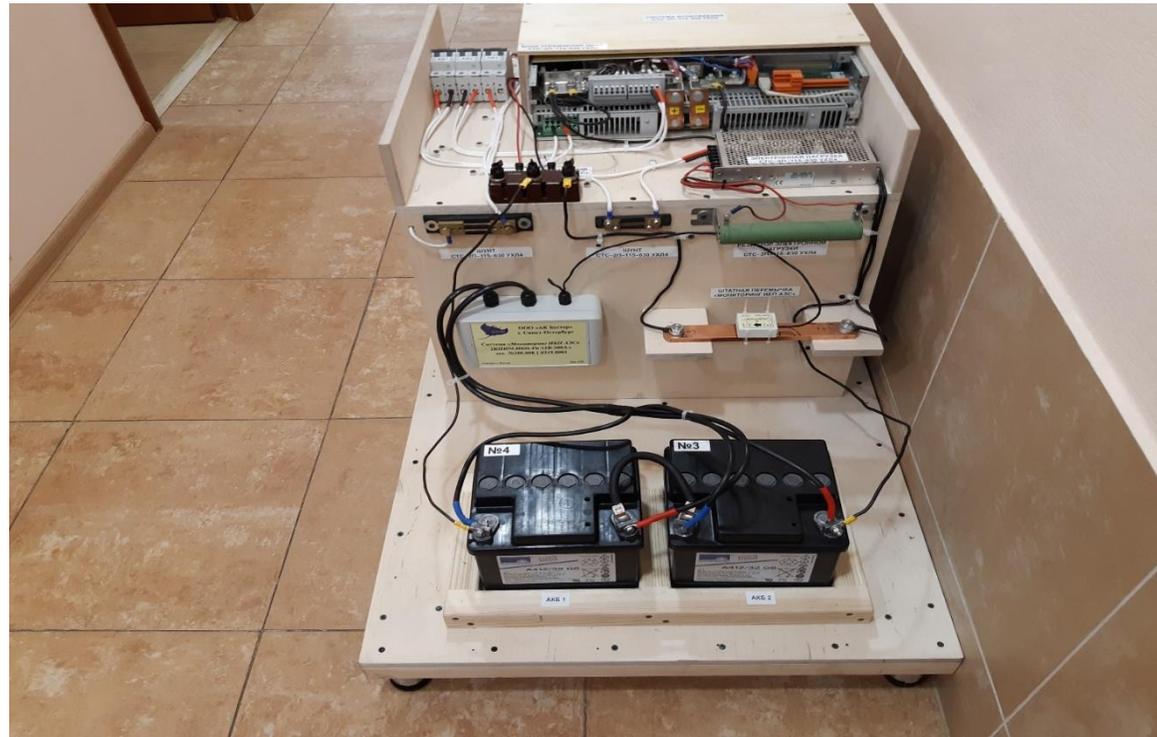
**Оценка способности системы выявлять наличие неисправных АКБ, входящих в состав Батареи СТС.**

**Батарея** – две последовательно соединённые АКБ.

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ НА СПОСОБНОСТЬ ВЫЯВЛЯТЬ НАЛИЧИЕ НЕИСПРАВНЫХ АКБ

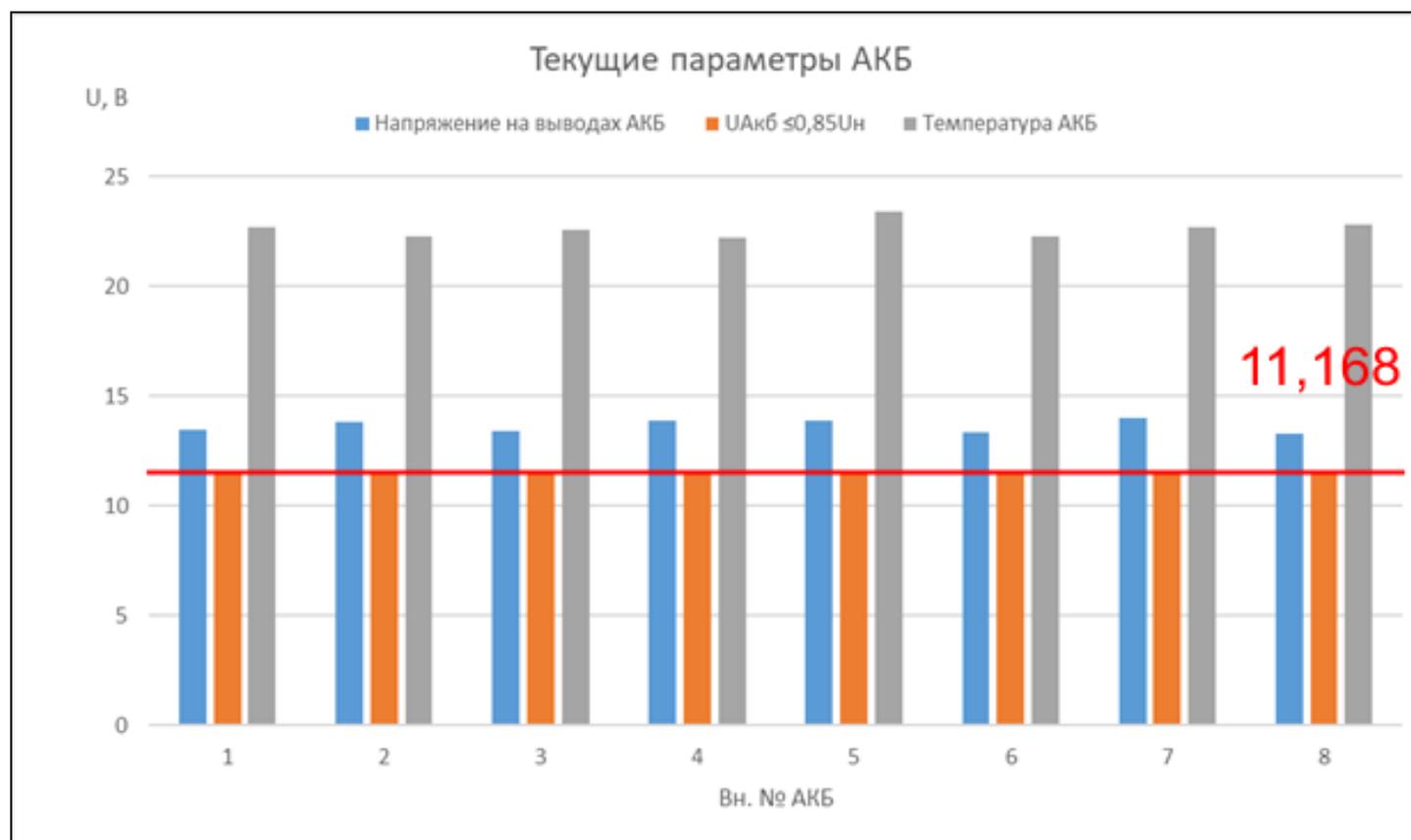


Имитатор силовой части оборудования СТС-2П-115-630 УХЛ4

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## ТЕКУЩИЕ ПАРАМЕТРЫ АКБ



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

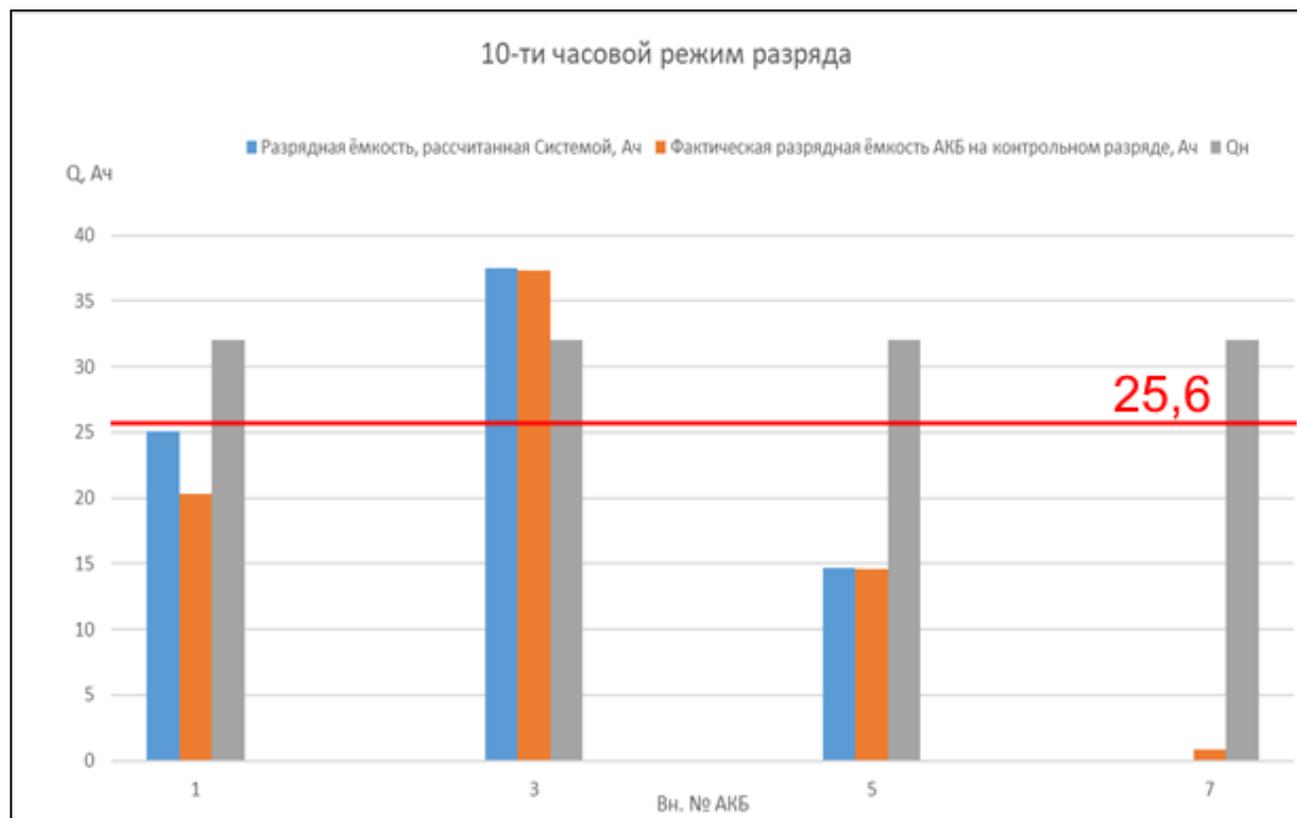
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ И КОНТРОЛЬНОГО РАЗРЯДА АКБ

Номер Батарей	АКБ						Рассчитанная разрядная ёмкость, Системой, Ач		Фактическая разрядная ёмкость, Ач		Приведённая погрешность измерений, %
	Вн. №АКБ	Q <sub>н</sub> , Ач	Q <sub>АР</sub> , Ач	U <sub>Батар.</sub> , В	U <sub>АКБ1</sub> , В	T <sub>АКБ2</sub> , °С	10-ти час разряд	АР	10-ти час разряд	АР	10-ти час разряд
1	1	32	4,2	27,35	13,51	22,7	25,1		20,3		15,0
	2	32	4,2		13,84	22,3					
2	3	32	4,2	27,31	13,43	22,6	37,5		37,3		0,6
	4	32	4,2		13,88	22,2					
3	5	40	4,2	27,26	13,90	23,4	14,7		14,6		0,2
	6	40	4,2		13,36	22,3					
4	7	31	4,2	27,33	14,01	22,7	0,0		0,8		2,6
	8	31	4,2		13,32	22,8					

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

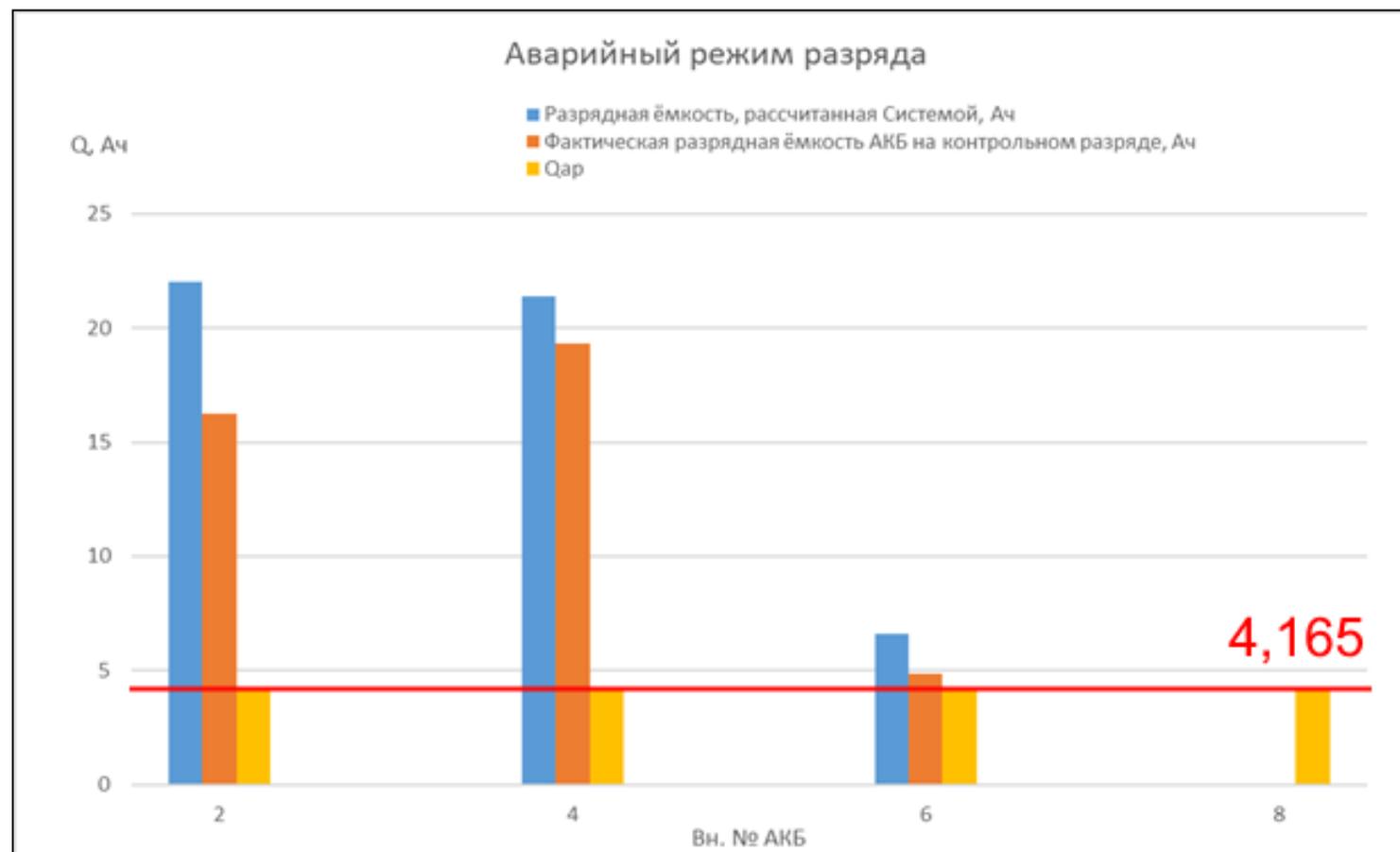
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПРИ 10-ЧАСОВОМ РЕЖИМЕ РАЗРЯДА



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ РАЗРЯДА



## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ НА СПОСОБНОСТЬ ВЫЯВЛЯТЬ НАЛИЧИЕ НЕИСПРАВНЫХ АКБ**

**Результаты предварительных испытаний – положительные (АКТ №01/19 от 18 апреля 2019 г.)**

**Заключение – Оборудование способно выявлять наличие неисправных АКБ, входящих в состав Батареи СТС.**

**Рекомендации – продолжить работу по интеграции серийного образца системы в КД и ТД СТС-2П-115-630 УХЛ.**

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## **ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

**Заявка на патент – № 2022110876/28 (022965).**

**Название изобретения – Способ оперативной диагностики эксплуатационных параметров свинцово-кислотной аккумуляторной батареи.**

**Результат формальной экспертизы заявки на изобретение – положительный.**

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ



МИНИСТЕРСТВО  
ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пресненская вилла, д. 10, стр. 2, Москва, 125039  
Справочная: +7 (495) 771-8000  
10.12.2020 № П111-1-03-200-36472

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

О рассмотрении заявления № 183517

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации сообщает, что 18 ноября 2020 года состоялось заочное заседание Экспертного совета по программному обеспечению при Минцифры России, в ходе которого большинством голосов членов Экспертного совета было принято решение, в том числе, о включении сведений о программном обеспечении «Система оперативной диагностики и мониторинга эксплуатационных параметров свинцовых аккумуляторов, батарей «Мониторинг-1» в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных (далее - Реестр) с присвоением класса (классов), определенного (определенных) членом Экспертного совета (протокол № 670 пр от 18 ноября 2020 года, приложение № 2).

Минцифры России как уполномоченный федеральным органом исполнительной власти по формированию и ведению Реестра утвержден соответствующий приказ от 30 ноября 2020 года № 634.

С приказом можно ознакомиться на официальном сайте оператора Реестра в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: <https://reestr.digital.gov.ru>.

Заместитель директора  
Департамента развития отрасли ИТ

И.В. Новоженов



ООО «АК Бустер»

ул. Дала, 10, Санкт-Петербург,  
197376

ruzhnikov.v@buster-spb.ru

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019617107

Управляющая программа опроса генераторов тестовых  
сигналов

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью  
«АК Бустер» (RU)*

Автор: *Ружников Владимир Олегович (RU)*

Заявка № 2019615857

Дата поступления 22 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ 03 июня 2019 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Изяев* Г.П. Изяев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019660229

Отображение результатов опроса генераторов тестовых  
сигналов

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью  
«АК Бустер» (RU)*

Автор: *Макаренко Алексей Николаевич (RU)*

Заявка № 2019618858

Дата поступления 18 июля 2019 г.

Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ 02 августа 2019 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Изяев* Г.П. Изяев



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»



Программы внесены в ЕДИНЫЙ РЕСТР РОССИЙСКИХ ПРОГРАММ  
для электронных вычислительных машин и баз данных (Реестр)  
с присвоением класса 04.15

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ  
И МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ  
СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И БАТАРЕЙ**

## Система «Мониторинг- 1»

### ВОЗМОЖНОСТИ И ДОСТОИНСТВА СИСТЕМЫ:

- **технический контроль состояния аккумуляторных батарей в режиме реального времени без вывода их из эксплуатации;**
- **выявление отстающих и неисправных аккумуляторов в батареях;**
- **своевременное информирование оперативного персонала о состоянии АКБ;**
- **предиктивный анализ (анализ скорости изменения) технических параметров батареи в процессе эксплуатации.**

## Система «Мониторинг- 1»

### СИСТЕМА СПОСОБНА ВЫЯВЛЯТЬ:

- **потенциальные производственные дефекты** в аккумуляторах при вводе их в эксплуатацию;
- **неисправности, возникающие в аккумуляторах** в процессе эксплуатации:
  - нарушение установленных правил и (или) условий эксплуатации;
  - процессы старения, износа, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм, изготовления и эксплуатации;
  - отстающие аккумуляторы в батарее;
  - отработка назначенного срока службы;
  - проявления скрытых отказов.

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И БАТАРЕЙ (Система «Мониторинг-1»)

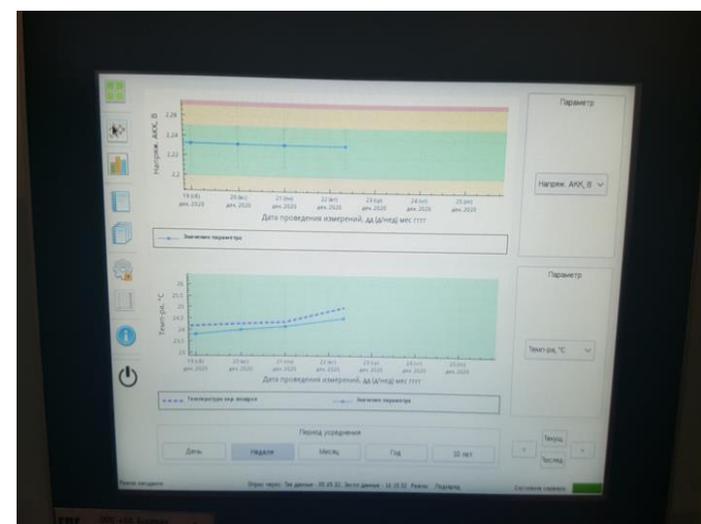
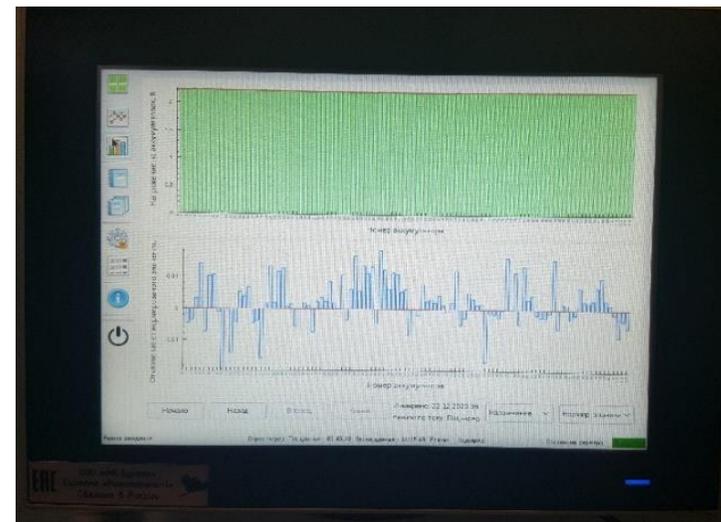
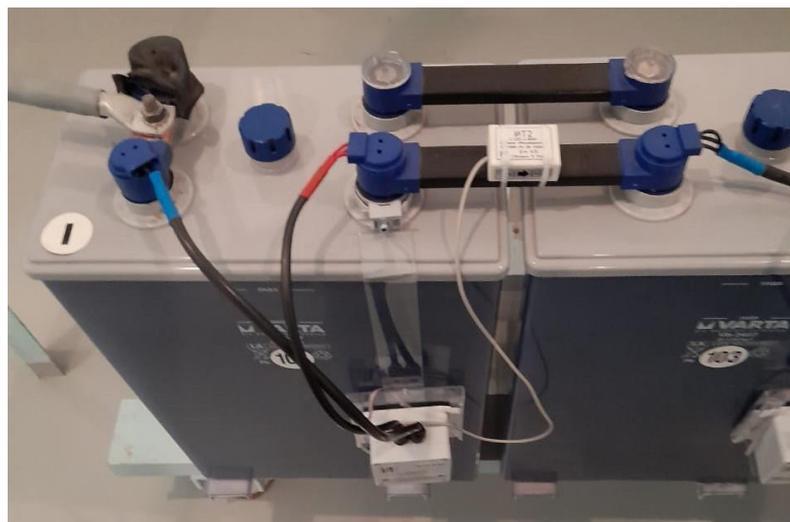
В ноябре 2020 года проведены монтаж, пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию на Смоленской АЭС (АКТ №295рем от 26.12.2020 г.).



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## Система «Мониторинг-1»



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## АНАЛИЗАТОР СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ КПИМ-РВ-12В-300А·ч «МОНИТОРИНГ-АКОМ»

В декабре 2022 года проведены монтаж, пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию анализатора на «Аккумуляторном заводе им. Н.М. Игнатъева - АКОМ» (АКТ от 05.12.2022 г.).



### НАЗНАЧЕНИЕ:

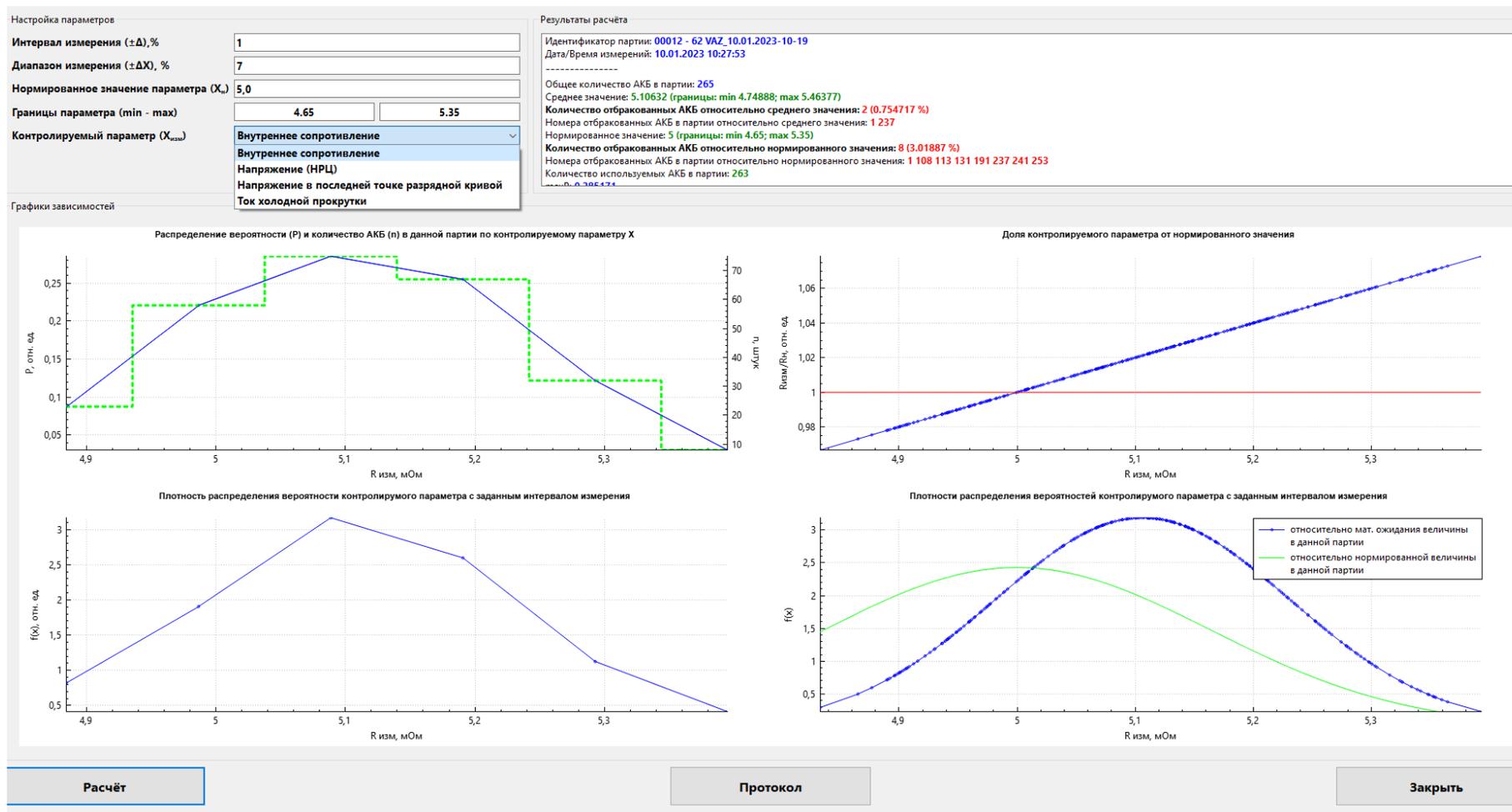
- а) **контроль качества** выпускаемой продукции по:
  - критерию нахождения контролируемого параметра в заданном диапазоне с допустимой погрешностью;
  - статистическому контролю выпускаемой продукции:
- в) **снижение процента неявного технологического брака продукции** за счёт:
  - уменьшения границ диапазона измеряемого параметра;
  - анализа статистических параметров их изменения от партии к партии.

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

# АНАЛИЗАТОР СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ КПИМ-РВ-12В-300А·ч «МОНИТОРИНГ-АКОМ»

## Результаты статистического анализа партии АКБ при выходном контроле



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КПИМ-АКБ-РВ-110В-450АЧ (КТС)

**Назначение:** мониторинг модулей АКБ в подвижных составах РЖД.

2021 год - опытная эксплуатация на 10 пассажирских вагонах РЖД – результат положительный. По результатам опытной эксплуатации произведена доработка КТС.

2022 год по настоящее время - 10 доработанных комплектов КТС проходят опытную эксплуатацию в вагонах РЖД.



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## АНАЛИЗАТОР «ЭДА»

**Назначение:** оперативная оценка электрических параметров и состояния свинцово-кислотных АКБ с номинальной ёмкостью от 7 Ач до 1500 Ач и номинальным напряжением 2; 12; 24 В



**Анализатор "ЭДА"** 98%

ООО "АК Бустер" 20.02.2019  
 Зав. № 300.001.0219.0001 09:38

Состояние: Подготовка

$U_{\text{АКБ}}$ : ---

$T_{\text{АКБ}}$ : ---

Тип АКБ: 6СТ7; 7 Ач

№ батареи: 1

Тест АКБ
Тест авто генератора
Настройки

В настоящее время эксплуатируется в подразделениях АО «Транснефть» и на аккумуляторных заводах РФ.

## BLUETOOTH АНАЛИЗАТОР (В РАЗРАБОТКЕ)

### Назначение:

- оперативная оценка электрических параметров и состояния свинцово-кислотных АКБ;
- анализ работы системы стартер – батарея во время пуска;
- анализ работы генератора автомобиля (напряжение заряда, пульсации, исправность выпрямителя генератора).



**Управление и вывод результатов** осуществляются на смартфон. (ОС Android).

Связь между анализатором и смартфоном - Bluetooth.

По команде со смартфона анализатор формирует серию тестовых импульсов тока.

После предварительной обработки данные передаются в смартфон.

Вычисления эксплуатационных параметров осуществляются в смартфоне.

Результаты диагностики по команде отправляются на электронную почту или принтер.

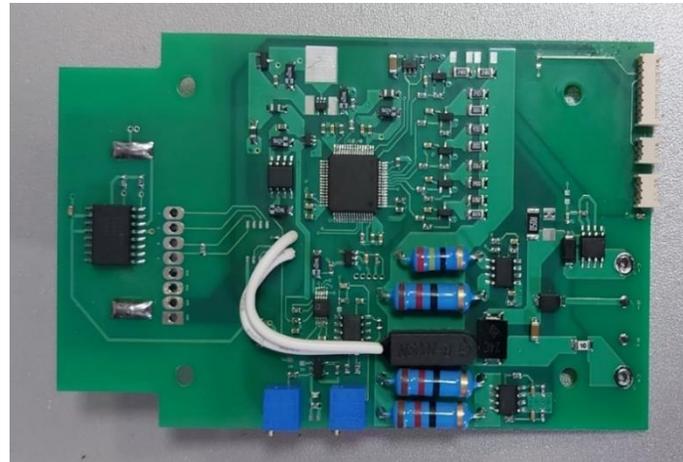
10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## АНАЛИЗАТОР ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА (АНАЛИЗАТОР ТС) интегрируется в электрооборудование транспортного средства

### Назначение:

- оперативная оценка электрических параметров и состояния АКБ транспортного средства;
- анализ работы системы стартер – АКБ во время пуска двигателя;
- анализ работы генератора автомобиля (напряжение заряда, пульсации, исправность выпрямителя генератора).



**Управление и вывод результатов** - с использованием штатного компьютера транспортного средства.  
(программное обеспечение для операционной системы Windows или Linux)

Дополнительно может включать:

- балансир 24 В батареи;
- адаптер (блок питания) системы «ГЛОНАСС» ТС.



10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

## ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ПОДДЕРЖАНИЮ В ОПЕРАТИВНОЙ ГОТОВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА (ТК ПОГ-ТС)

**Предназначен** для поддержания в оперативной готовности транспортного средства силовых структур непосредственно на машино-месте.



Состоит из:

- ▶ гаражных (размещаемых стационарно в пожарном депо/гараже) компонентов:
- ▶ автомобильных (размещаемых на транспортном средстве) компонентов.

10 апреля 2023

Международная специализированная выставка «Автономные источники тока»

За создание системы **ТК ПОГ-ТС** компании «АК Бустер» присуждена **золотая медаль на «Дне передовых технологий и инноваций в системе МЧС РОССИИ 2014 г.»**



**Внедрение Систем позволит:**

- **автоматизировать процедуру** технического контроля состояния АБ;
- **исключить единичные ошибки персонала** при проведении осмотра АБ;
- **выявлять наличие неисправных аккумуляторов** в АБ;
- **регистрировать и своевременно обнаруживать отклонения** эксплуатационных параметров АБ от установленных граничных условий;
- **предупреждать о преждевременном старении, износе аккумулятора** в процессе эксплуатации;
- **оценивать техническое состояние аккумулятора** по совокупности измеренных и рассчитанных эксплуатационных параметров;
- **обеспечить надежность и безотказность эксплуатации АБ** в системах гарантированного электропитания;
- **документировать и архивировать результаты мониторинга и оперативной диагностики.**

## **Прямой экономический эффект в виде:**

- снижения затрат на обслуживание;
- сокращения числа отказов;
- снижения общего времени простоев из-за неисправностей;
- увеличение полезного срока использования;
- рост производительности труда;
- снижение потерь на ликвидацию неблагоприятных последствий.

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ (ПУБЛИКАЦИИ)

По теме оперативной диагностики химических источников тока сотрудниками ООО «АК Бустер» опубликовано 6 статей, более 20 докладов включая международные конференции в России и за рубежом.

Готовится к публикации книга СВИНЦОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ. Диагностика. Прогнозирование. Восстановление.

А.И. Русин, Ю.И. Бубнов, А.А. Алёшкин, В.М. Ягнятинский, А.А. Кудрявцев (под редакцией профессора А.И. Русина).

## СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

### Контактная информация:

**ООО «АК Бустер»**, г. Санкт-Петербург, ул. Даля 10:

- Телефон: +7 (812) 380-74-38, e-mail: [ak@buster-spb.ru](mailto:ak@buster-spb.ru)
- **Генеральный директор** – Бубнов Юрий Иванович
- **Заместитель Генерального директора по научной работе** – Алёшкин Андрей Александрович
- Телефон: +7 (911) 724-50-28, e-mail: [aleshkin@buster-spb.ru](mailto:aleshkin@buster-spb.ru)