

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДНЫХ И РАЗРЯДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ НАТУРНЫХ ДАННЫХ

Андреева Ксения Александровна

Инженер-исследователь лаборатории «СУ СДК» НИУ «МЭИ»

г. Москва ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова» 21 ноября 2024

г.

# Проблематика и цель работы



г. Верхоянск



п. Кулун-Елбют



п. Улахан-Кюель

**Цель работы** – повышение точности расчета уровня заряда/разряда системы накопления энергии (СНЭ) в конце расчетного периода времени при прогнозировании режима работы комплекса путем получения уравнений по определению скоростей заряда и разряда СНЭ.

# Материальная база



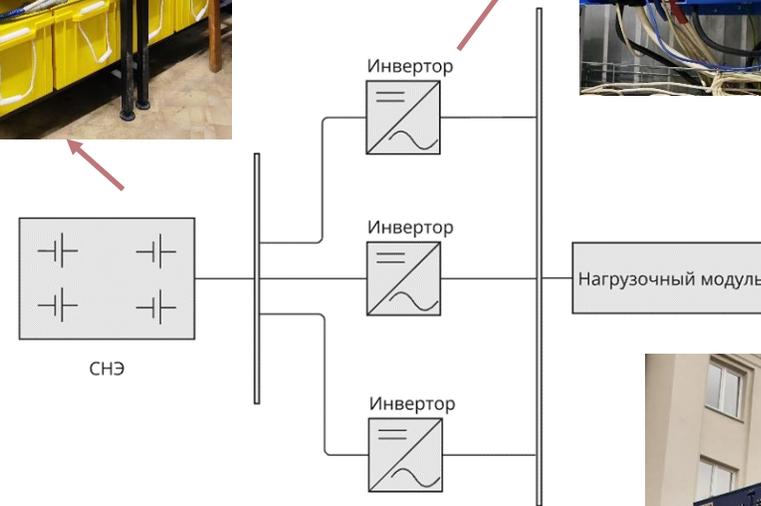
Макет солнечно-дизельного комплекса НИУ «МЭИ»



Yellow battery  
GB 12-200



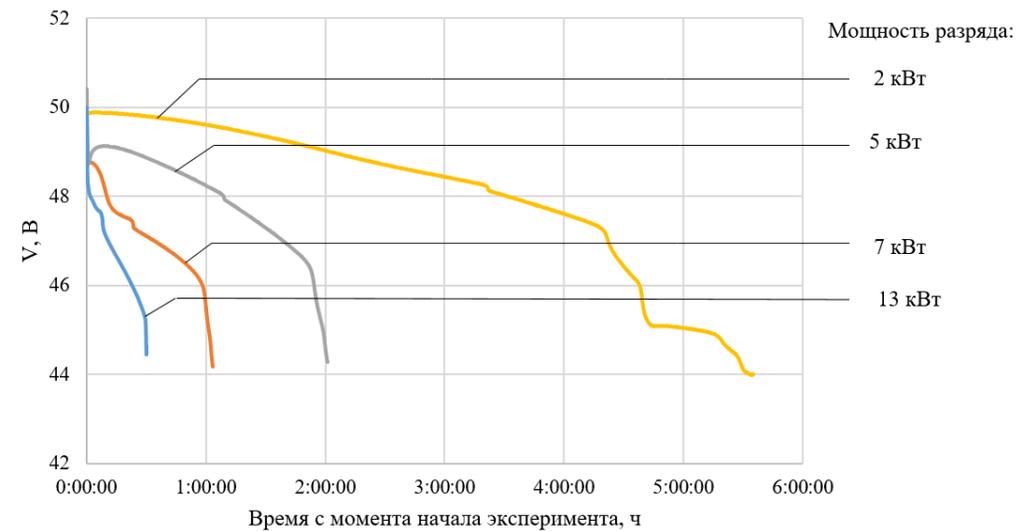
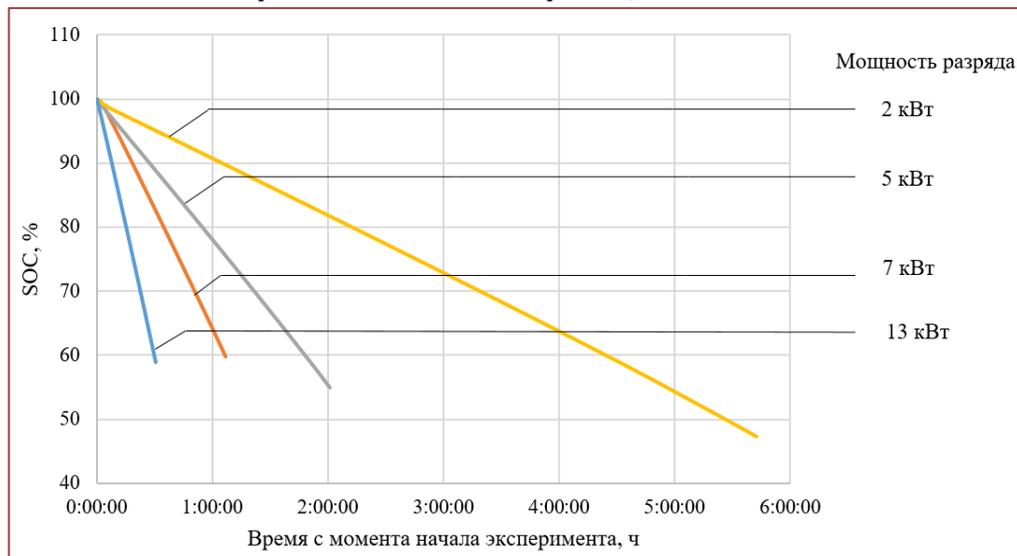
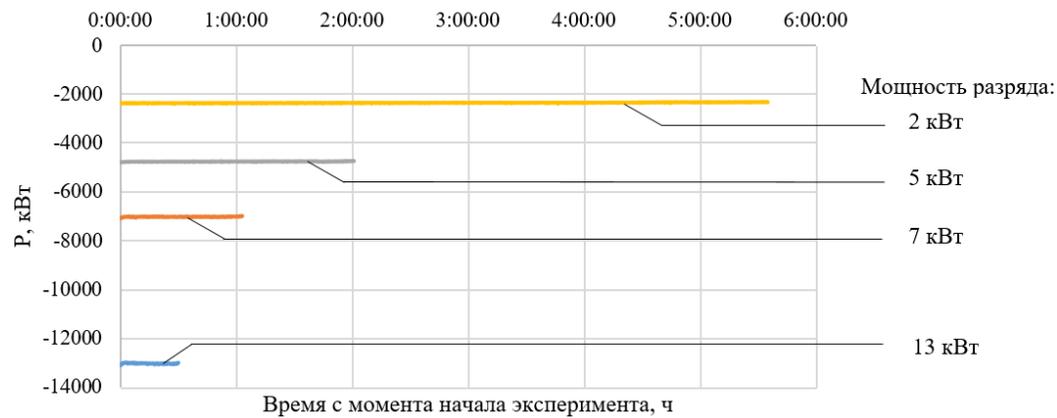
Victron Energy  
Quattro 10000



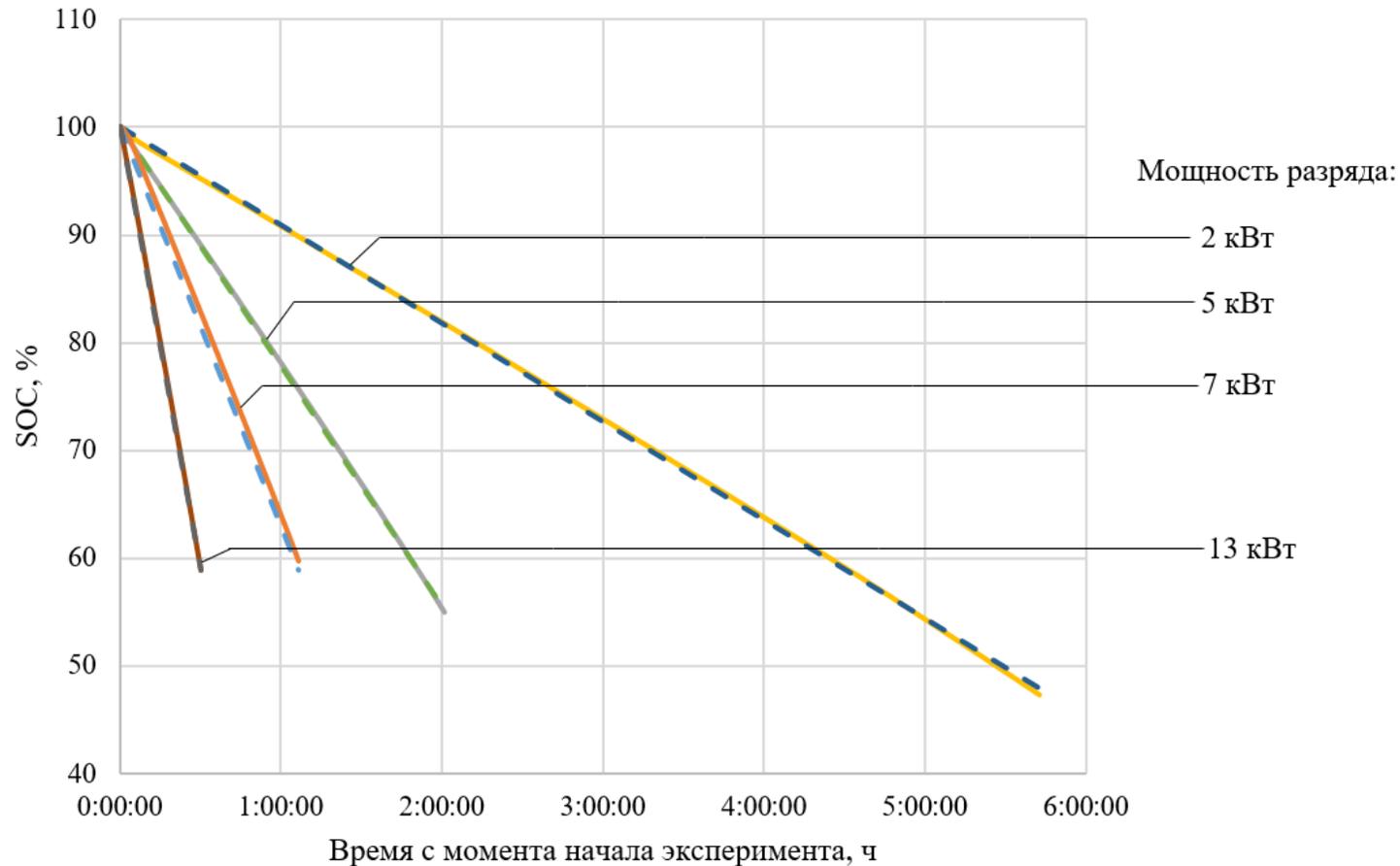
Нагрузочный модуль  
HM-50-T400-K2



# Характеристики разряда, полученные опытным путем

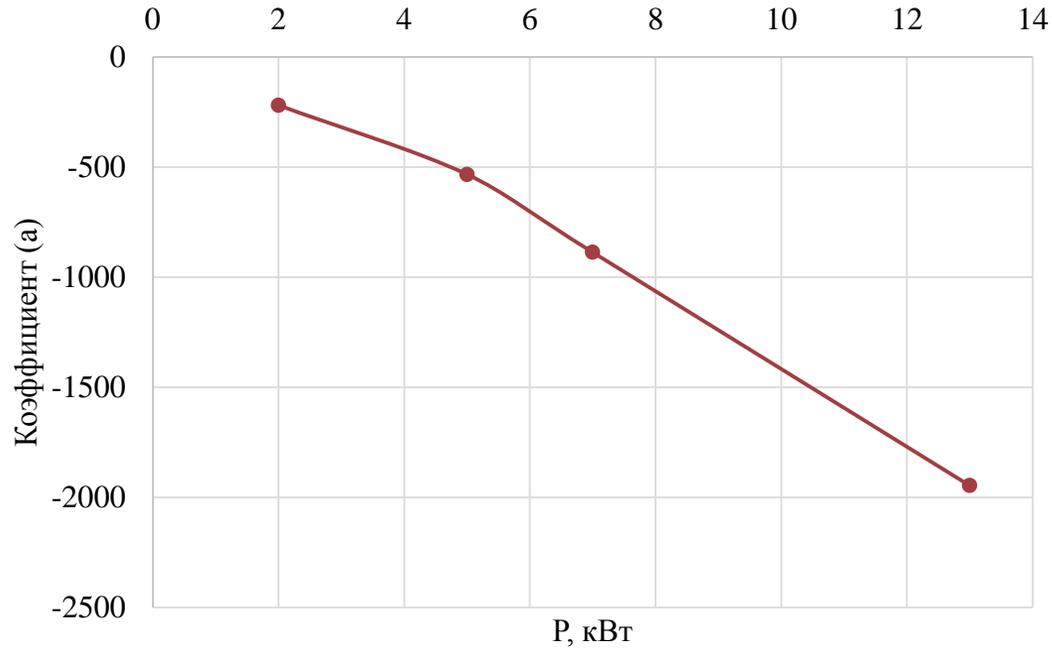


# Определение уравнений прямых



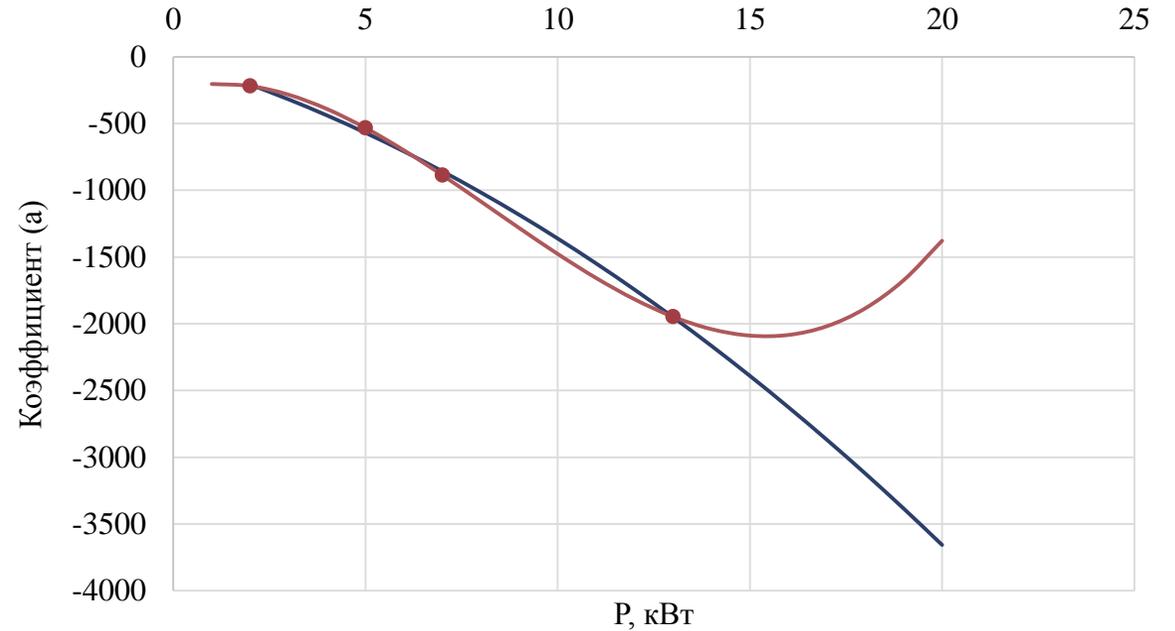
Разрядная мощность	Уравнение прямой
2 кВт	$\Delta SOC = -218,8 \cdot \Delta t + SOC_0$
5 кВт	$\Delta SOC = -532,91 \cdot \Delta t + SOC_0$
7 кВт	$\Delta SOC = -886,99 \cdot \Delta t + SOC_0$
13 кВт	$\Delta SOC = -1946,9 \cdot \Delta t + SOC_0$

# Зависимость углового коэффициента прямой от мощности разряда СНЭ



Уравнения разряда СНЭ

$$\begin{cases} SOC_i = \Delta SOC + SOC_{i-1} \\ \Delta SOC = a \cdot \Delta t \\ a = -4,7421 \cdot P^2 - 87,238 \cdot P - 14,723 \end{cases}$$



—  $a = -4,7421 \cdot P^2 - 87,238 \cdot P - 14,723$

—  $a = 1,3196 \cdot P^3 - 32,942 \cdot P^2 + 74,426 \cdot P - 246,44$

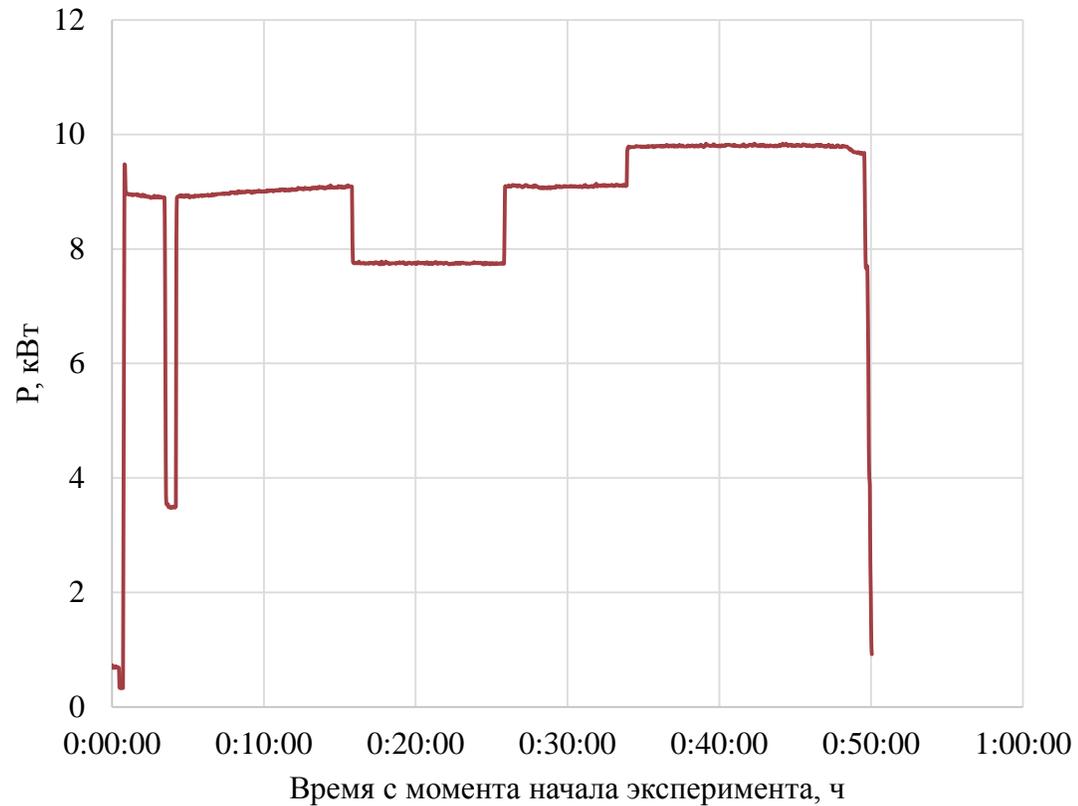
• Коэффициент, полученный по экспериментальным данным



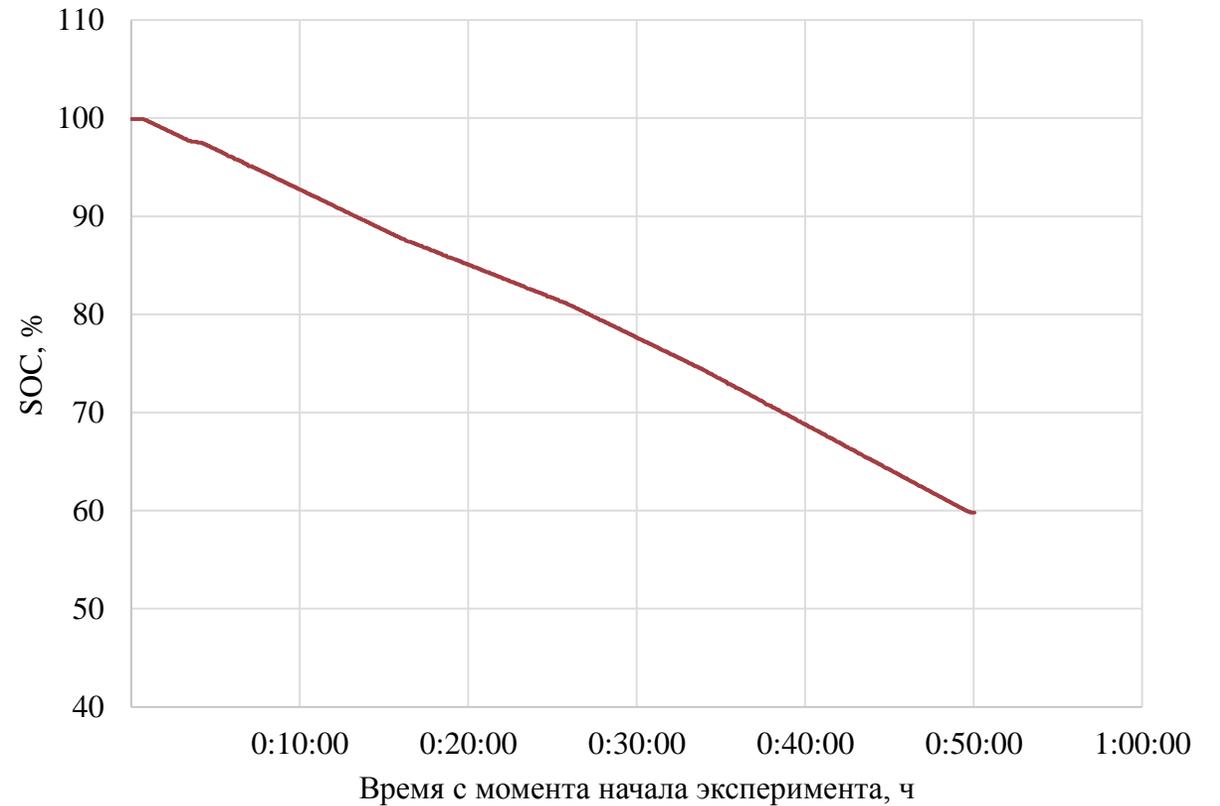
# Верификация математической модели разряда СНЭ



Мощность, выдаваемая СНЭ



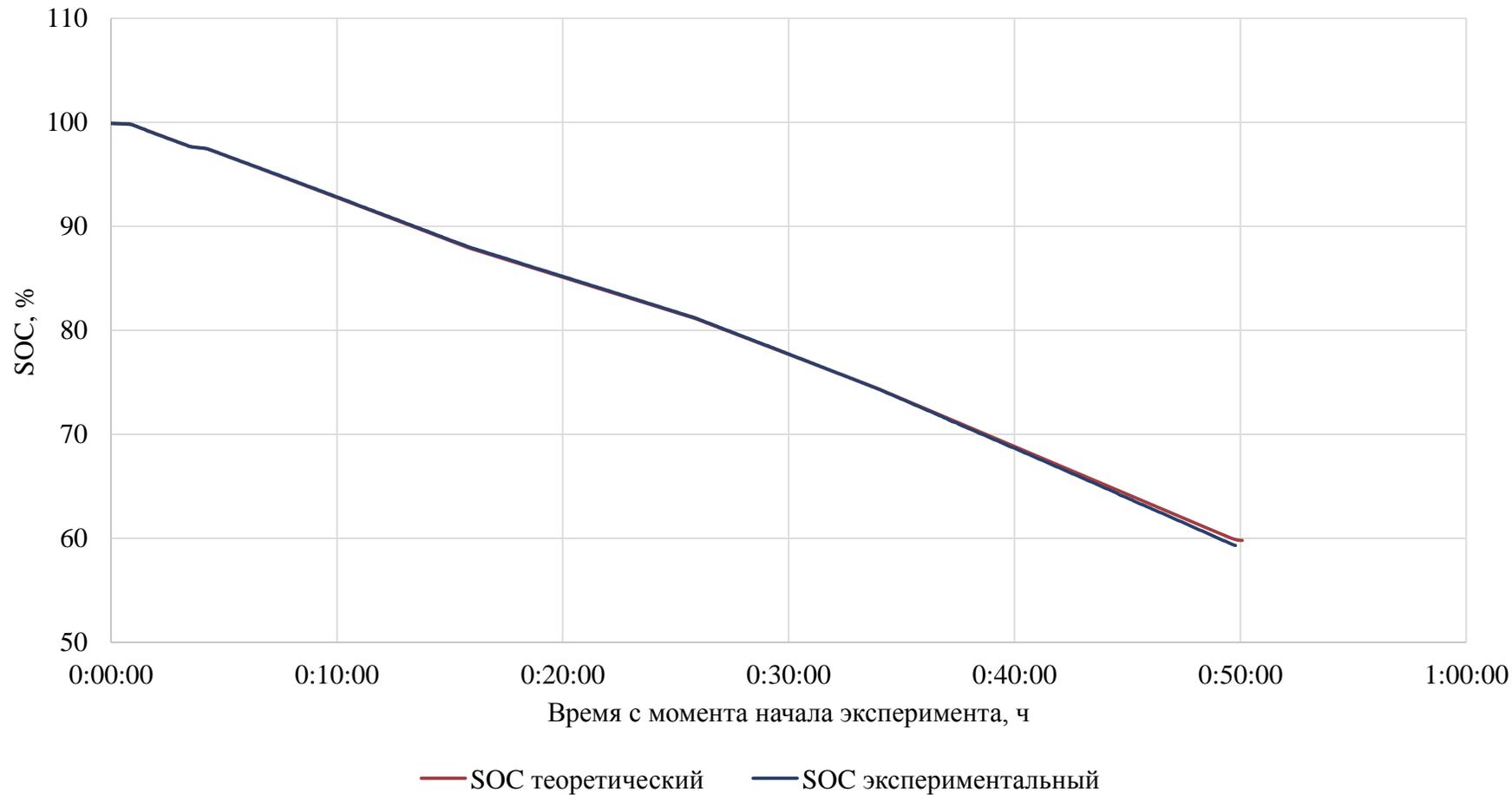
Уровень заряда, полученный экспериментально



# Результаты верификации

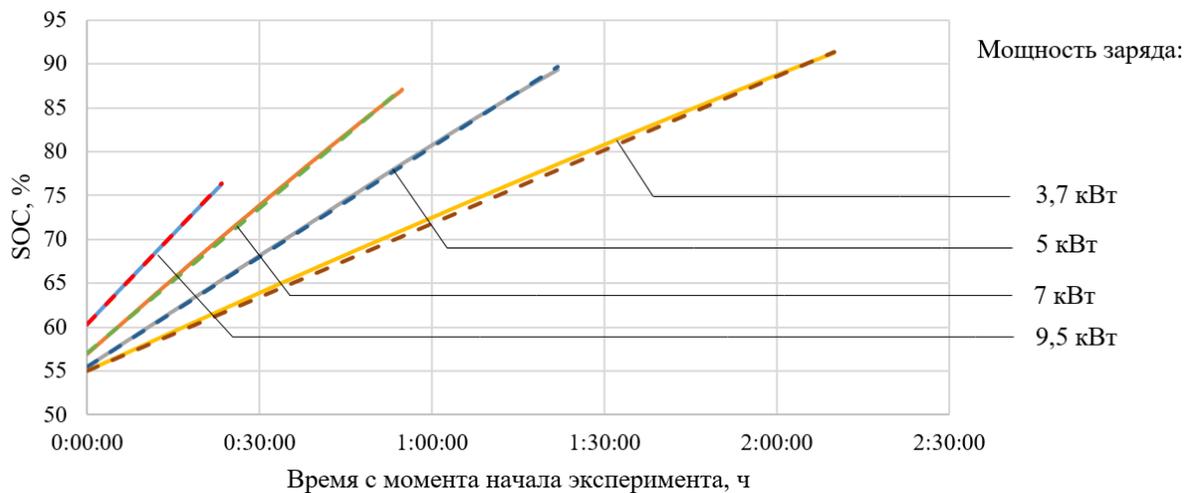
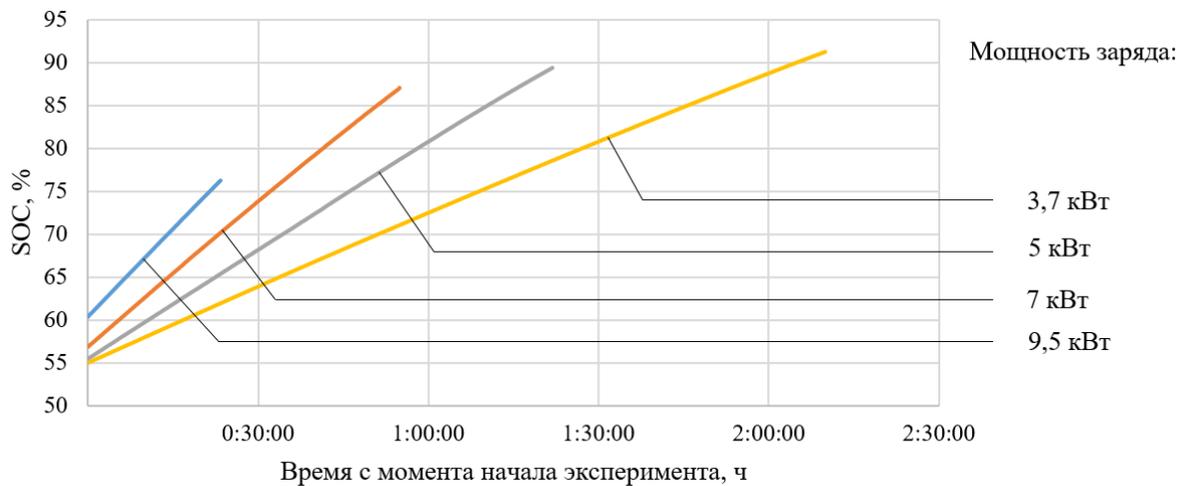


Сравнение уровня заряда, полученного теоретически и экспериментально



Максимальное отклонение от опытных данных составило **0,6%**, среднеквадратичное отклонение **0,18%**.

# Определение скорости заряда СНЭ



Зарядная мощность      Уравнение прямой

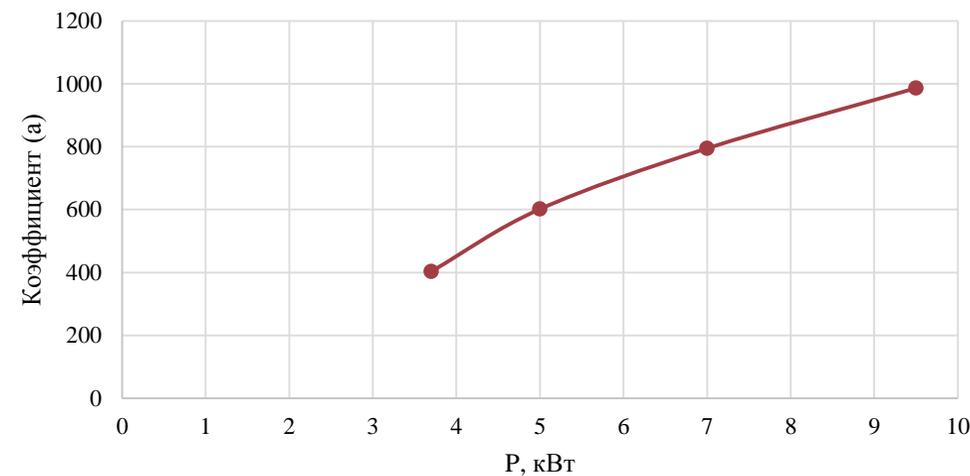
3,7 кВт       $\Delta SOC = 403,42 \cdot \Delta t + SOC_0$

5 кВт       $\Delta SOC = 601,56 \cdot \Delta t + SOC_0$

7 кВт       $\Delta SOC = 794,56 \cdot \Delta t + SOC_0$

9,5 кВт       $\Delta SOC = 986,13 \cdot \Delta t + SOC_0$

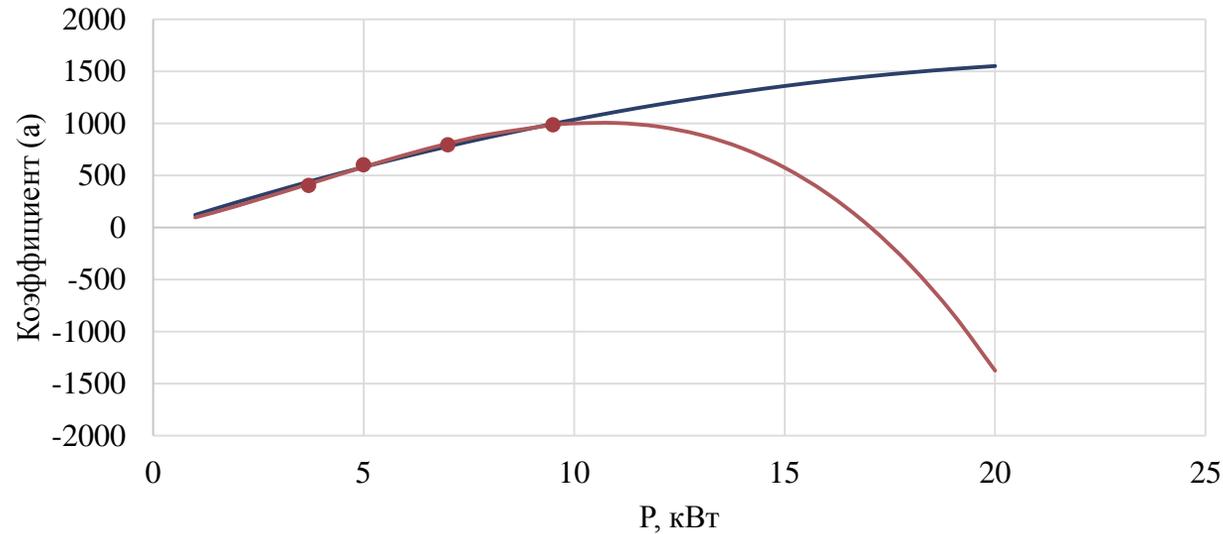
Зависимость углового коэффициента от мощности заряда



# Определение скорости заряда СНЭ



Зависимость углового коэффициента от мощности заряда



—  $a = -2.6382 \cdot P^2 + 130.67 \cdot P - 7.5352$

—  $a = -0.9094 \cdot P^3 + 10.402 \cdot P^2 + 86.953 \cdot P - 1.0196$

- Коэффициент, полученный по экспериментальным данным

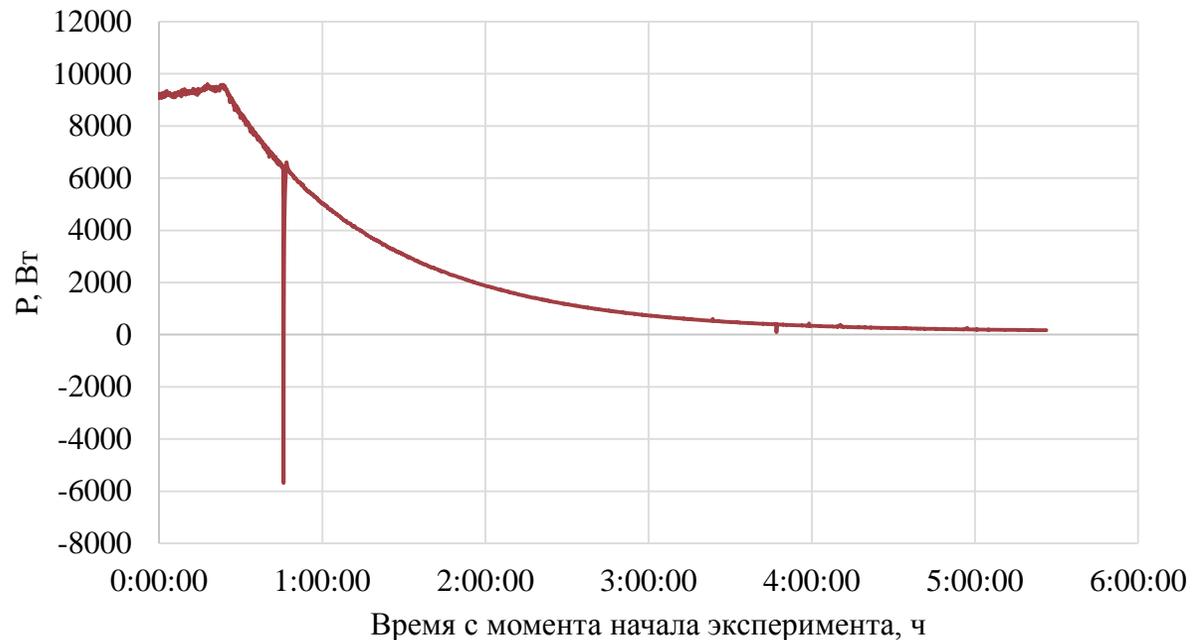
Уравнения заряда СНЭ

$$\begin{cases} SOC_i = \Delta SOC + SOC_{i-1} \\ \Delta SOC = a \cdot \Delta t \\ a = -2,6382 \cdot P^2 + 130,67 \cdot P - 7,5352 \end{cases}$$

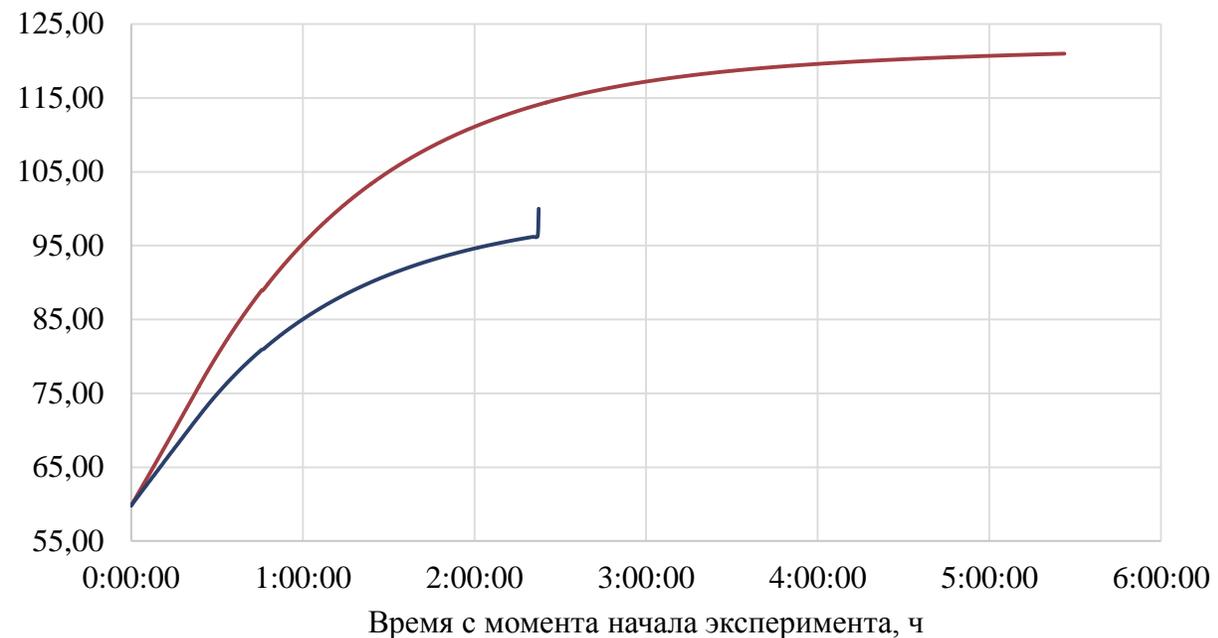
# Верификация математической модели заряда СНЭ



## Мощность, подводимая к СНЭ



## Уровень заряда, полученный теоретически

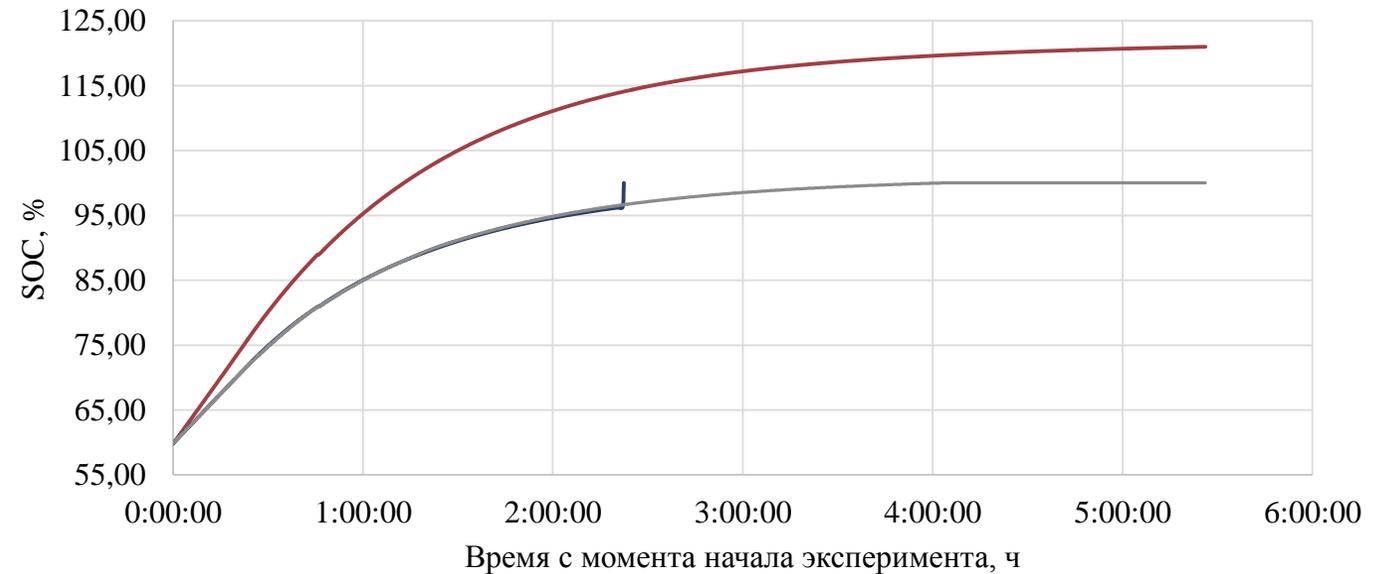


- SOC, полученный на основе математической модели
- SOC, полученный экспериментальным путем

# Поправочный коэффициент

Уровень заряда АКБ	Поправочный коэффициент
50-60 %	1
60-70 %	0,75
70-80 %	0,7
80-90 %	0,65
90-100 %	0,6

Сравнение уровня заряда, полученного теоретически и экспериментально

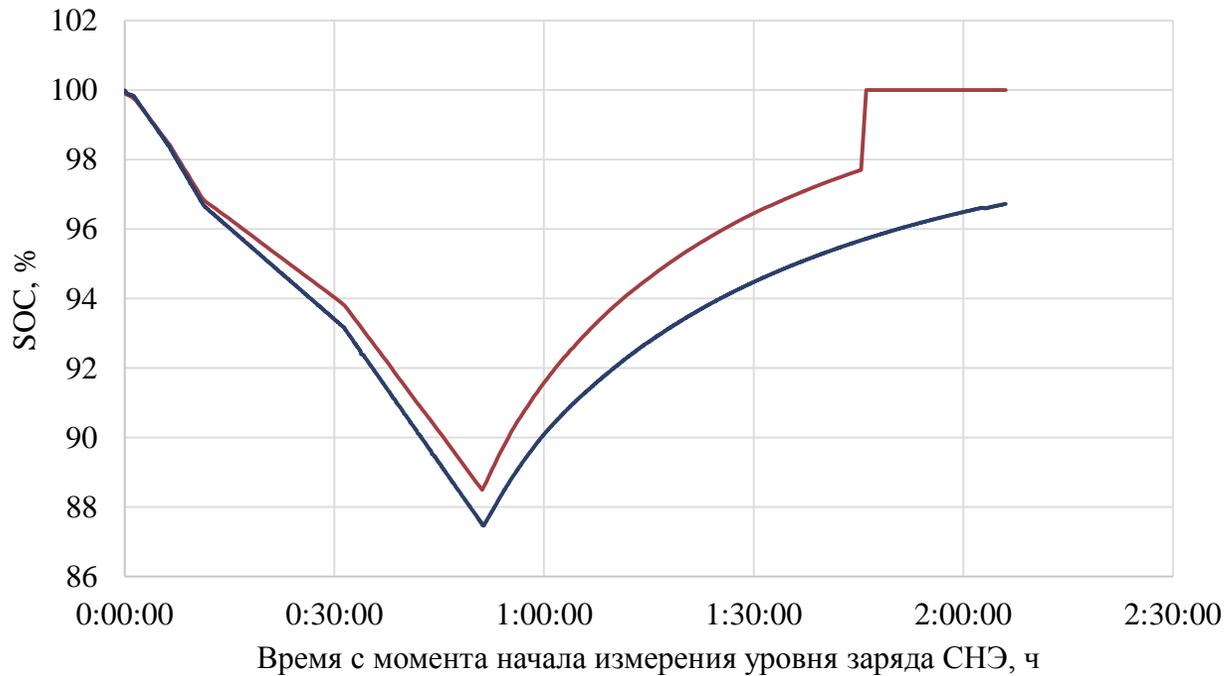


- SOC, полученный на основе математической модели
- SOC, полученный экспериментальным путем
- SOC, приведенный к экспериментальным данным

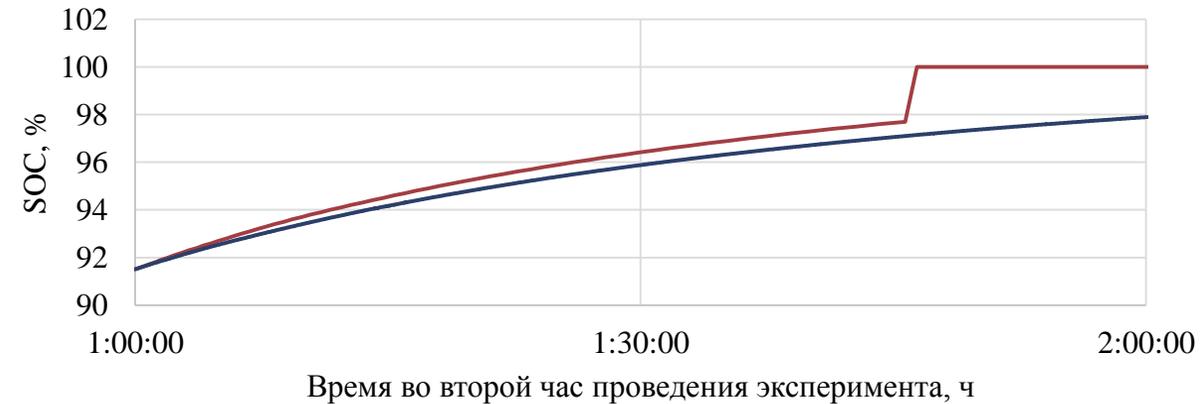
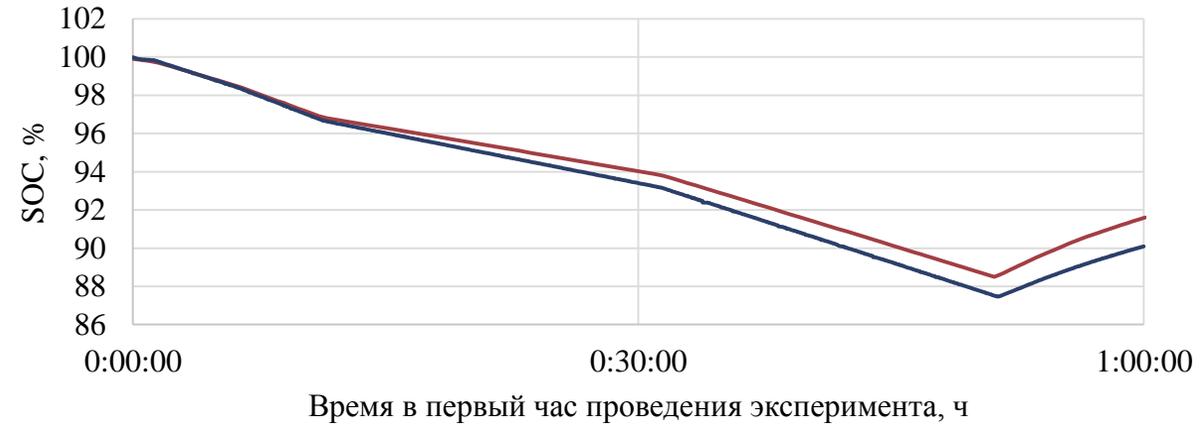
# Учет прогнозирования в расчете уровня заряда СНЭ



## Сравнение уровня заряда, полученного теоретически и экспериментально



- Данные, полученные в ходе эксперимента
- Данные, полученные по расчетным формулам



- Данные, полученные в ходе эксперимента
- Данные, полученные по экспериментальным формулам

## Уравнения разряда СНЭ

$$\begin{cases} SOC_i = \Delta SOC + SOC_{i-1} \\ \Delta SOC = a \cdot \Delta t \\ a = -4,7421 \cdot P^2 - 87,238 \cdot P - 14,723 \end{cases}$$

## Уравнения заряда СНЭ

$$\begin{cases} SOC_i = \Delta SOC + SOC_{i-1} \\ \Delta SOC = a \cdot \Delta t \\ a = -2,6382 \cdot P^2 + 130,67 \cdot P - 7,5352 \end{cases}$$

Погрешности, полученные по формулам, достаточно малы, соответственно, формулы могут использоваться для конкретных целей краткосрочного прогнозирования

Уровень заряда АКБ	Поправочный коэффициент
50-60 %	1
60-70 %	0,75
70-80 %	0,7
80-90 %	0,65
90-100 %	0,6

Максимальное отклонение от опытных данных при прогнозировании более чем на час составило **2%**.

При условии, что прогноз выполняется каждый час, максимальное отклонение варьируется от **0,6** до **1,5%**.



**Благодарю за внимание**

AndreevaXA@mpei.ru