



НПО ЦЕНТРОТЕХ
РОСАТОМ

Применение аккумуляторных батарей на основе литий-железо-фосфатных аккумуляторов в системе оперативного постоянного тока главной понизительной подстанции ГПП-4 АО «УЭХК».

Преимущества использования ЛИАБ в СОПТ 1/2

Традиционно в СОПТ используются малообслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторные батареи открытого типа. Как показал анализ, использование ЛИА в составе аккумуляторной батареи СОПТ имеет ряд преимуществ:

Безопасность и экологичность



Устойчивость к длительному внешнему металлическому короткому замыканию (до полного разряда аккумулятора).



Литий-железо-фосфатные аккумуляторы относятся к изделиям горючим трудновоспламеняемым, то есть имеют лучший класс пожаробезопасности по сравнению с СКА.



В процессе изготовления ЛИА используются только экологически чистые материалы. ЛИА относятся к четвертому классу отходов (малоопасные или твердые бытовые отходы).

Преимущества использования ЛИАБ в СОПТ 2/2

Размещение ЛИАБ

ЛИАБ могут размещаться в обычных шкафах промышленного исполнения и располагаться в электротехнических помещениях общего назначения в непосредственной близости от остального оборудования.

Герметичны, и в процессе их эксплуатации не выделяется газов.



Размещение СКАБ

СКАБ необходимо размещать в специализированных аккумуляторных помещениях класса В-1а. Это требует создания сложной инженерной инфраструктуры, что требует существенных дополнительных затрат при сооружении подстанций.

В процессе работы свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в некоторых режимах выделяется водород.



Условия эксплуатации



ЛИА способны работать в широком интервале температур - от минус 25 до плюс 65 °С. Рекомендуемая температура на клеммах аккумулятора при эксплуатации составляет от 0 до плюс 45 °С при заряде, и от минус 25 до плюс 65 °С при разряде.

Оптимальная температура для эксплуатации аккумулятора плюс (20±5) °С. Более высокие температуры могут привести к снижению срока службы аккумулятора. Более низкие температуры не сокращают срок службы, но уменьшают емкость.

- Значение максимально допустимого длительного тока разряда в среднем для ЛИА составляет 3С.
- Рекомендуемый режим заряда аккумуляторов – двухступенчатый с профилем IU.
- Рекомендуемый ток заряда – 0,5С.
- Для увеличения срока службы не рекомендуется заряжать аккумулятор выше 90% и разряжать его ниже 10% от его емкости.

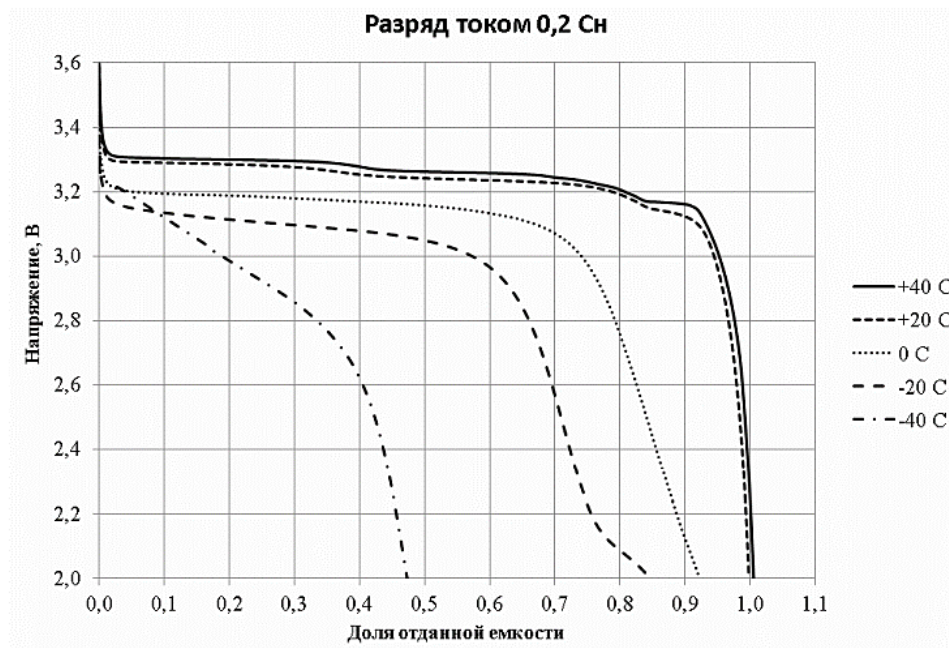


График зависимости снимаемого с ЛИА заряда в зависимости от температуры окружающей среды

Сравнительные характеристики ЛИАБ и СКАБ 1/2



Применение накопителей энергии на литий-ионных аккумуляторах или других типов аккумуляторов с похожими или лучшими показателями энергоёмкости, безопасности и надёжности позволит значительно улучшить эксплуатационные и экономические показатели тяговых подстанций. Рассмотрим основные преимущества накопителя энергии на ЛИА по сравнению с традиционно используемыми в СОПТ свинцово-кислотными:

	СКАБ	ЛИАБ	Дополнительные возможности
Время заряда, (часы)	8 – 10	от 2 и более	Значительное сокращение времени готовности к работе после полного (частичного) разряда
Глубина разряда (DoD)	60%	80%	При одинаковой номинальной ёмкости, ЛИАБ может выдать больше энергии
Мощностные характеристики, длительный ток разряда (С)	(0,5-1,0) С. Т.е. при ёмкости СКАБ 100 А*ч, максимальный длительный ток – (50-100) А.	3 С. Т.е. при ёмкости 100 А*ч, максимально длительный ток 300 А.	Данное преимущество, вкпе с предыдущим пунктом, позволяет значительно уменьшить номинальную ёмкость ЛИАБ по сравнению с СКАБ для обеспечения одной и той же нагрузки.
Уровень саморазряда (% в месяц)	до 15%	до 3%	ЛИА более длительный период сохраняет заряд без подзаряда, не требуется режим постоянного подзаряда, что может обеспечить БОльшую энергоэффективность СОПТ
Удельная плотность энергии по массе (Вт*ч/кг)	15 – 20	100 - 200	Это позволяет разместить накопитель энергии на ЛИА для СОПТ в меньшем по объему помещении на подстанции.
Вид разрядной характеристики	Пологая, напряжение батареи серьёзно зависит от уровня заряда.	В интервале от 100% до 20% заряда имеет вид практически горизонтальной прямой.	В системах, требовательных к ширине диапазона питания по напряжению, позволяет уменьшить или исключить устройства стабилизации напряжения

Сравнительные характеристики ЛИА и СКАБ 2/2



	СКАБ	ЛИАБ	Дополнительные возможности
Безопасность эксплуатации	В ходе заряда выделяется водород, поэтому для их установки требуются отдельные помещения и вентиляционная инфраструктура.	Герметичны, в ходе правильной эксплуатации отсутствуют какие либо выделения водорода.	Отсутствует необходимость отдельных помещений, вентиляции, регистрации ОПО, специальных «быстроразрушающихся» стен или окон.
Необходимость обслуживания	Требуют обслуживания с определённым интервалом	Интервалы обслуживания больше, обслуживание проще чем для СКА	Можно получить экономию на операциях обслуживания (ниже эксплуатационные расходы)
Наличие системы управления и контроля	Отсутствует система мониторинга и управления.	В состав накопителя энергии на ЛИА входит система мониторинга и управления (BMS – battery management system)	BMS непрерывно следит за состоянием каждого аккумулятора (ячейки) и управляет режимами работы накопителя энергии (заряд, разряд). При возникновении нештатных или критических ситуаций BMS выдаёт сигнал на собственную коммутационную аппаратуру и отключает накопитель энергии от нагрузки и сети
Возможность цифровизации в соответствии с требованиями СТО 56947007-29.240.10.256-2018	Не может соответствовать требованию п.10.4 СТО 56947007-29.240.10.256-2018	Имеется	Вся информация о состоянии аккумуляторов, накопителя в целом, а также вся история режимов работы и нештатных ситуаций передаётся на ПЭВМ и пульт управления. Имеется возможность хранения данных на любых носителях, включая облачное хранение. В любой момент из любой точки можно увидеть параметры накопителя энергии.



Экономический эффект при внедрении накопителя энергии на ЛИА

Проведем условное сравнение стоимости накопителя энергии на СКАБ и ЛИАБ для СОПТ. В расчётах примем наиболее выгодные для СКАБ значения параметров, представленных диапазонами значений.

Требуется установить накопитель энергии, который должен выдавать на нагрузку **100 кВт** мощности.

СКАБ

Для обеспечения требуемой мощности потребуется ёмкость батареи:

$$C = 100/1,0/0,6 = 166,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч, где}$$

1,0 – максимальный ток при разряде (1 С);
0,6 – глубина разряда СКАБ в штатном режиме.

Стоимость решений на СКАБ в среднем около 300 \$ за кВт*ч, таким образом стоимость решения на СКАБ будет

50 000,0\$ ↓

ЛИАБ

Для обеспечения требуемой мощности потребуется ёмкость батареи:

$$C=100/3/0,8=41,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч, где}$$

3 – значение максимально допустимого длительного тока разряда в среднем для ЛИА составляет 3С;
0,8 – глубина разряда ЛИА в штатном режиме.

Стоимость решений на ЛИА в среднем около (700-850) \$ за кВт*ч, таким образом стоимость решения на ЛИА будет

35 417,0\$ ↑

Капитальные затраты при установке ЛИА значительно ниже чем СКАБ. При этом, чем выше требуется обеспечить мощность, тем сильнее будет экономический эффект.

Если происходит замена СКАБ на накопитель энергии на ЛИА в действующих подстанциях – происходит высвобождение помещений и выводится из эксплуатации вентиляционные системы, которые при эксплуатации накопителя энергии на ЛИА не требуются. В случае, если накопитель энергии на ЛИА планируется к установке на стадии проектирования, тогда сразу в проект закладывается меньшая площадь и не закладывается вентиляционное оборудование (и его монтаж), что приводит к снижению капитальных затрат на строительство подстанции.



Экономический эффект при эксплуатации накопителя энергии на ЛИА

Положительный экономический эффект при эксплуатации достигается за счёт следующих факторов:

- ✓ стоимость обслуживания ЛИА ниже аналогичной стоимости для СКАБ;
- ✓ отсутствие необходимости приобретения расходных материалов (дистиллированная вода, электролит, измерители плотности и т.д.);
- ✓ отсутствие необходимости обслуживания и ремонта вентиляционных систем;
- ✓ уменьшение объёма помещений, следовательно, затрат на их содержание и ремонт;
- ✓ снижение потребления электроэнергии на собственные нужды (за счёт более эффективного у ЛИА цикла «заряда-разряда», отсутствия необходимости питания вентиляционных систем и т.д.);
- ✓ более длительный срок службы ЛИА, как следствие, реже требуется замена.

При суммировании эффектов от перечисленных выше факторов складывается значительный экономический эффект от внедрения накопителей энергии на ЛИА в СОПТ.

Сравнение СКАБ и ЛИАБ при плановой замене аккумуляторных батарей в СОПТ ГПП-4 АО «УЭХК»



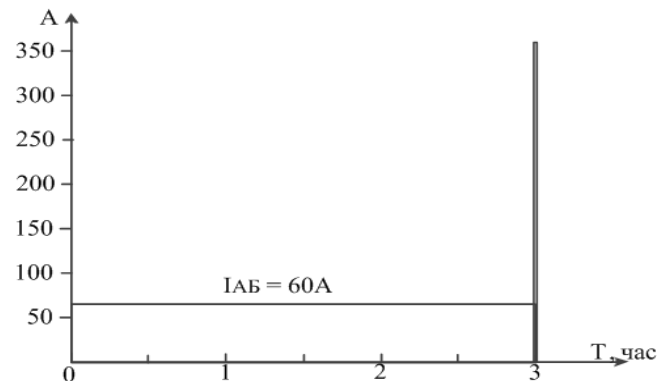
НПО ЦЕНТРОТЕХ
РОСАТОМ

Сравнительный расчёт свинцово-кислотной и литий-ионной аккумуляторной батареи был выполнен в соответствии со стандартом ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.40.041-2016, СТО 56947007-29.120.40.262-2018, схем ЩПТ и ЩСН, а также графика нагрузки на интервале времени

Параметры нагрузки

Номинальное напряжение, В	220
Ток постоянной нагрузки, А	20
Ток временной нагрузки, А	60
Время резервирования, мин.	180
Ток толковой нагрузки, А	360
Длительность срабатывания, сек.	1

График нагрузки



Решение о замене аккумуляторных батарей типа СК-20 на ЛИАБ в СОПТ ГПП-4 АО «УЭХК» от 20.01.2015 №12-10/2599-ВК с техническим анализом и сравнительным расчётом параметров аккумуляторных батарей представлено в **Приложении 1**. В результате расчёта выбрана аккумуляторная батарея, состоящая из аккумуляторов типа LT LYP240, номинальной ёмкостью 240Ач. По состоянию на 2018 год в модельном ряду выпускаемых ЛИА компании THUNDER SKY WINSTON BATTERY LIMITED отсутствуют аккумуляторы WB-LYP 240 АНА, поэтому выбираем аккумулятор WB-LYP 300 АНА с номинальной ёмкостью 300 Ач.

Сравнительный анализ СКАБ и ЛИАБ



НПО ЦЕНТРОТЕХ
РОСАТОМ

	СКА	LiFePo4
Требуемая модель аккумулятора	VB2311+	WB-LYP300Ah
Номинальная емкость, А·ч	605	300
Напряжение, В	2,23	3,2
Количество элементов в АБ, шт	108	70
Внутреннее сопротивление элемента, мОм	0,23	не более 0,6
Размещение	в отдельном помещении	в шкафах
Наличие специальной инфраструктуры	да	Нет
Занимаемая площадь, м ²	55,00	0,96
Вес готового к эксплуатации аккумулятора, кг	52,9	9,6
Вес батареи, кг	5767	672
Габаритные размеры элемента (ДхВхШ), мм	188x440x266	362x306x55,5
Непрерывный мониторинг состояния элементов	нет	есть, система BMS
Оптимальный температурный диапазон °С	+20 ... +25	+10 ... +40

Экономический расчёт



Применение литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) позволяет снизить издержки на строительно-монтажные работы по обустройству аккумуляторного помещения и эксплуатацию (обслуживание) аккумуляторной батареи по сравнению с традиционно используемыми свинцово-кислотными аккумуляторами (СКА), а также снизить стоимость самой батареи.

	СКА	LiFePo4
Тип аккумулятора	VB2311+	WB-LYP300Ah
Номинальная емкость, А·ч	605	300
Количество элементов в АБ, шт.	108	70
Стоимость одного аккумулятора, руб.	61 176,00	35 232,00
Стоимость батареи, тыс. руб.	6 607	2 466
Стоимость шкафа и BMS, тыс. руб.	-	670
Обслуживание аккумуляторной батареи в течение 20 лет, тыс. руб.	3 865	1 000
Итого: тыс. руб.	10 472	4 136

Коммерческие предложения на поставку СКАБ и ЛИАБ приведены в Приложении 2.

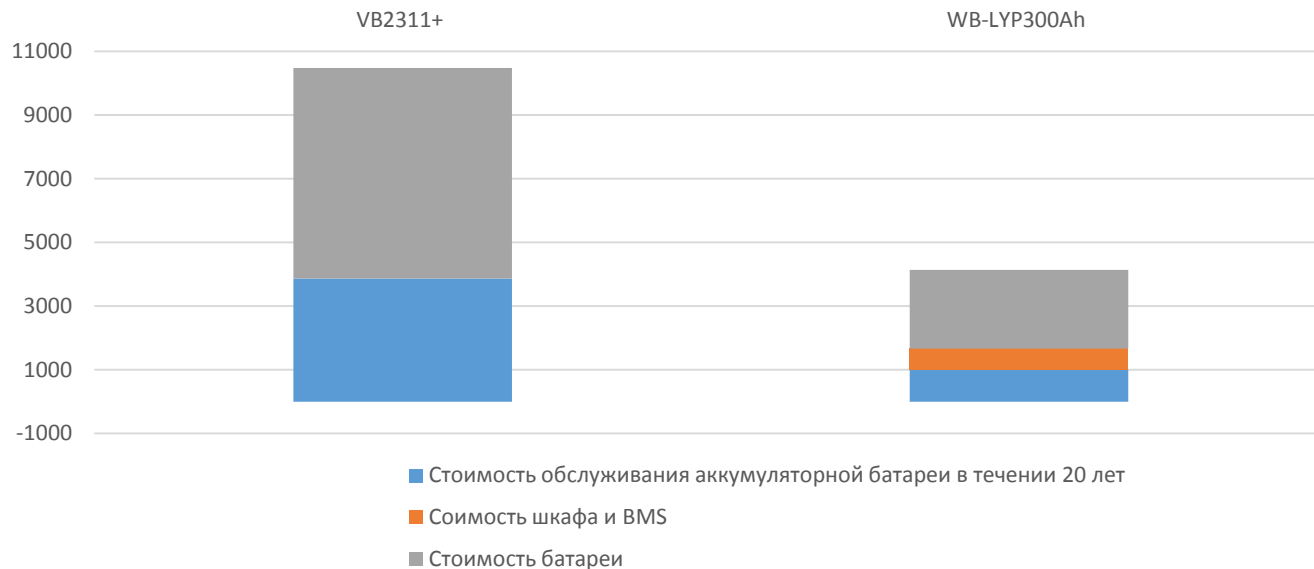
На момент расчета курс валют:

USD – 73,4 руб.

EUR – 85,8 руб.

Сравнение структуры цены СКБ и ЛИАБ

Сравнение стоимости владения СКАБ и ЛИАБ, тыс. руб.



Как видно из графика, стоимость владения ЛИАБ в несколько раз меньше, чем стоимость владения СКБ.

Результаты реализованного в 2018 году проекта по переоснащению СОПТ ГПП-4



НПО ЦЕНТРОТЕХ
РОСАТОМ

Характеристики установки:

- ✓ энергоемкость батареи **75 кВтч**
- ✓ ёмкость элементов ЛИА **300 Ач**
- ✓ комплекс из 2-х шкафов с ЛИА и BMS
- ✓ шкаф ввода АБ на ток 400 А
- ✓ два основных ЗВУ на 100 А
- ✓ два дополнительных ЗВУ на 24 А



В 2018 году ООО «НПО Центротех» реализован проект по реконструкции системы оперативного постоянного тока (СОПТ) на главной понижающей подстанции (ГПП) АО «УЭХК».

Результат:

- выведены из эксплуатации опасные производственные объекты - зарядные комнаты;
- сокращены занимаемые площади;
- значительное снижение капитальных затрат за счёт применения литий-ионных аккумуляторов меньшей мощности.

Сертификаты на серию шкафов ввода аккумуляторных батарей производства ООО «НПО «Центротех»



НПО ЦЕНТРОТЕХ
РОСАТОМ



Выводы



Применение литий-ионных вместо свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в составе оборудования систем оперативного постоянного тока позволяет получить следующие технико-экономические эффекты.

- ✓ **Снижение капитальных затрат**

Такие параметры ЛИАБ как внутреннее сопротивление и поляризационный потенциал определяют низкий требуемый номинал ЛИАБ по сравнению с СКАБ в случае наличия толчков (импульсных) нагрузок. Отсутствие выделения вредных и опасных веществ, как при разряде, так и при заряде ЛИАБ исключает необходимость строительства аккумуляторных помещений, включающих в себя специальную инфраструктуру и инженерные системы (отопление и вентиляция).
- ✓ **Снижение затрат на техническое обслуживание**

Эксплуатация ЛИАБ не предполагает проведения силами обслуживающего персонала циклов выравнивающего заряда, долива воды, контроля плотности электролита и т.д., соответственно, можно снизить эксплуатационные расходы
- ✓ **Вывод из эксплуатации опасных производственных объектов**

Полностью герметичный корпус позволяет размещение ЛИАБ в любом производственном помещении без повышения его категоричности по пожаро- или взрывоопасности. При этом, ЛИАБ оказывает минимальное воздействие на окружающую среду благодаря своей конструкции.
- ✓ **Постоянный дистанционный контроль состояния элементов батареи СОПТ.**

Передача системой контроля и управления ЛИАБ (BMS) по цифровому каналу результатов позволяет проводить непрерывный мониторинг на удалённом диспетчерском пункте таких параметров каждого элемента ЛИАБ как напряжение и температура. КО СОПТ на данный момент имеет встроенную систему мониторинга, позволяющую в режиме реального времени, без физического присутствия персонала на ПС110 кВ КАЗ, диспетчеру на ЦДП БелРЭС наблюдать состояние КО СОПТ (более 170 параметров по согласованному Формуляру МЭК-104_ШВАБ - БелРЭС) и оперативно принимать решение о необходимости вмешательства обслуживающего персонала, в случае необходимости.

**Спасибо
за внимание**

