

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель проекта

_____ О.А. Архипенков

« _____ » _____ 2023 г.

**Отчет по результатам экспертизы
конструкции представленных аккумуляторных батарей**

2023 г

Перечень сокращений и обозначений

АКБ – аккумуляторная батарея

ЗУ – зарядное устройство

ШР – штепсельный разъем

СКУ – система контроля и управления (она же BMS)

1 Маркировка

Перед началом работы аккумуляторные батареи были промаркированы.

АКБ №7

АКБ №11

2 Проверки АКБ

2.1 АКБ «№7»

2.1.1 На внешнем корпусе обнаружены следы эксплуатации, модель не установлена, серийные номера и дата выпуска не установлены (рисунок 2.1.1).

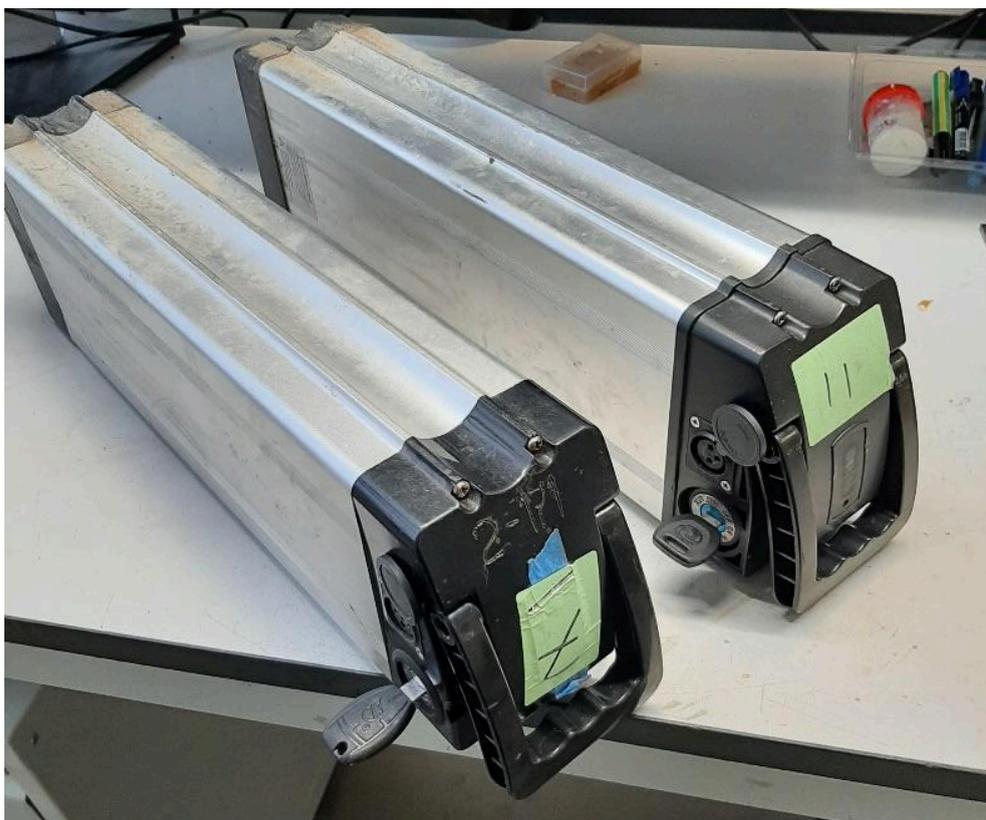


Рисунок 2.1.1 – Общий вид АКБ «№7»

2.1.2 При снятии передней пластиковой крышки был обнаружен обрыв проводов, идущих к блокировочному замку (рисунок 2.1.2)



Рисунок 2.1.2 – Обрыв проводов под передней пластиковой крышкой

2.1.3 В передней крышке размещены штатные ШР для подключения внешнего ЗУ и нагрузки, а также блокирующее устройство.

2.1.4 Задняя пластиковая крышка механических повреждений не имеет.

2.1.5 Внутренний корпус АКБ выполнен из стеклотекстолитовых стенок, скрепленных армированным скотчем. Механических повреждений и следов термического воздействия не обнаружено (рисунок 2.1.3).

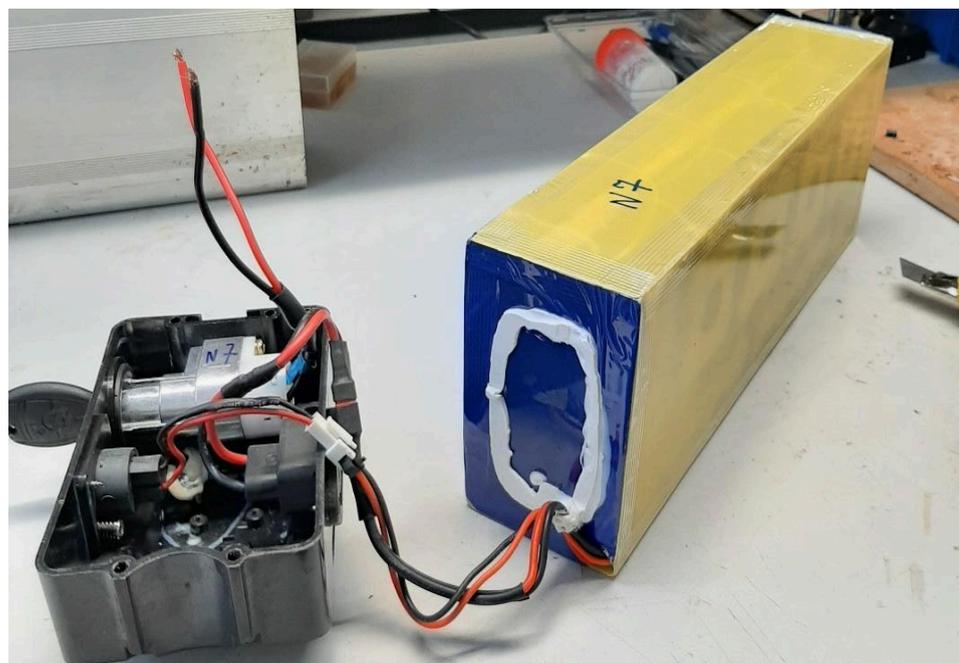
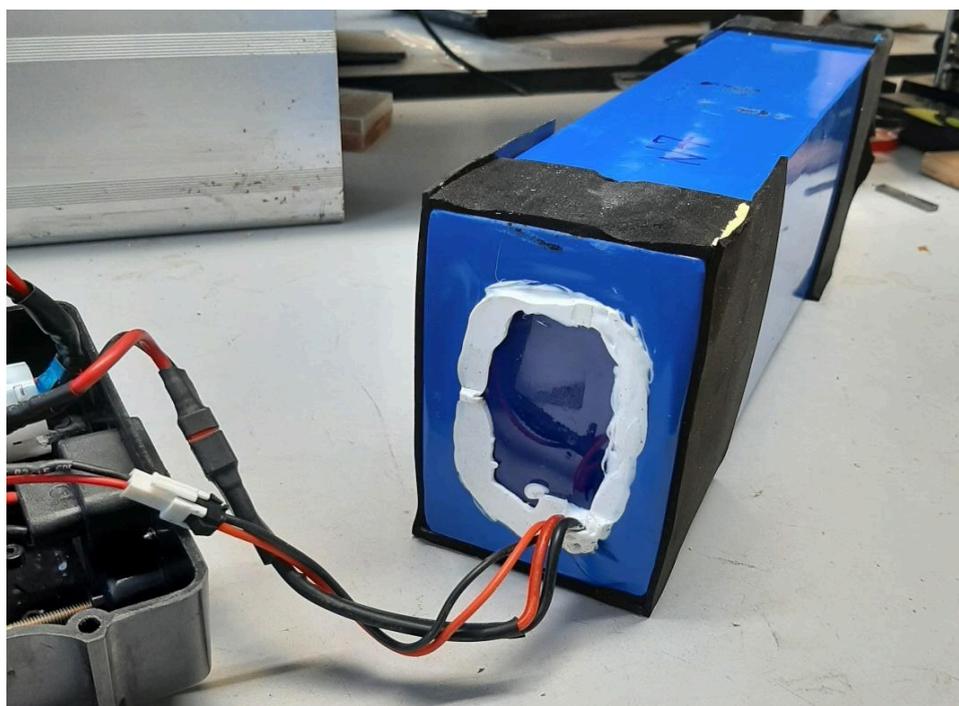


Рисунок 2.1.3 – Конструкция внутреннего корпуса АКБ «№7»

2.1.6 Под внутренним корпусом размещены аккумуляторы формата WTT 32700 имеют структуру 2P15S, дополнительно скрепленные армированным скотчем, и плата СКУ модель JBD-HP16SA. Механические повреждения и следы термического воздействия не обнаружены (рисунок 2.1.5).

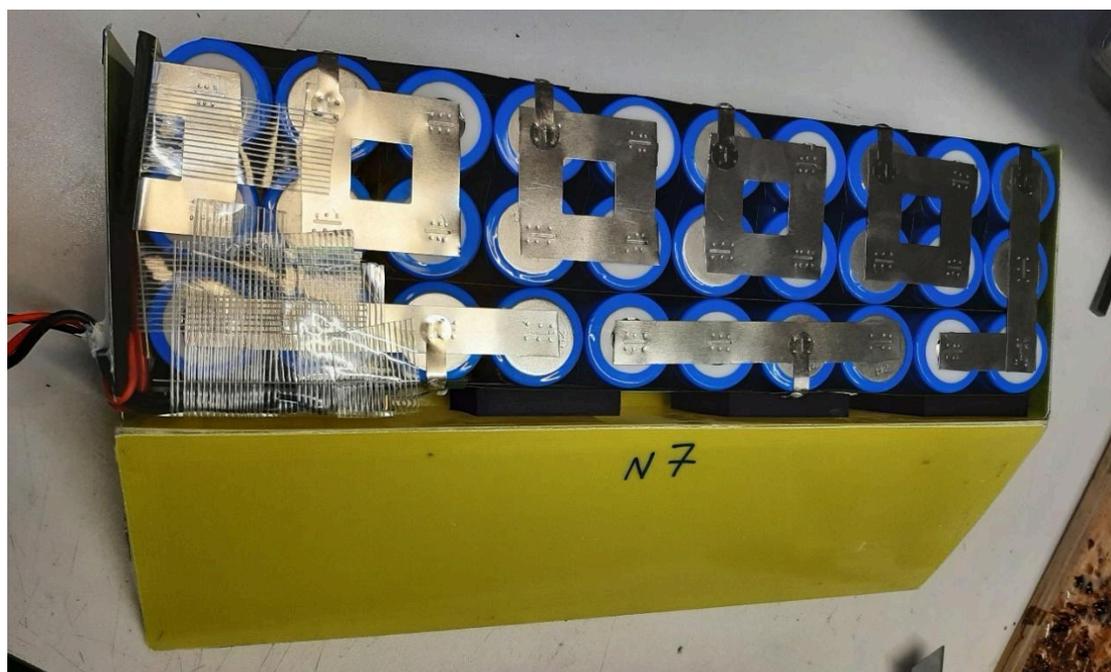


Рисунок 2.1.5 – Конструкция блока аккумуляторов АКБ «№7»

2.1.7 АКБ состоит из 32 аккумуляторов формата WTT 32700, имеет структуру 2P15S, измеренная емкость $C_n = 9,388$ Ач, плата BMS содержит 32 балансирующих резистора что позволяет производить выравнивание напряжений аккумуляторов АКБ.

2.1.8 Напряжение АКБ на контактах силового разъема при поступлении на испытания было равно 50,0 В (рисунок 2.1.6)

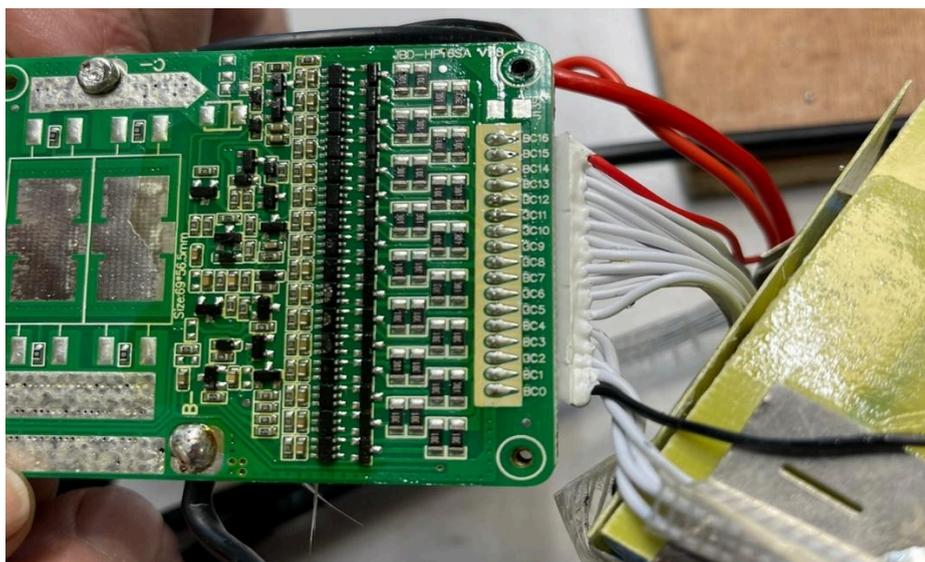


Рисунок 2.1.6 – Балансировочные резисторы на плате BMS АКБ «№7»

2.1.9 Результаты измерения напряжений на блоке аккумуляторов приведены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Результаты измерения напряжений на блоке аккумуляторов

Ячейка	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	-/+
Напряжение, В	3,340	3,342	3,345	3,350	3,344	3,349	3,377	3,344	3,365	3,442	3,345	3,346	3,342	3,340	3,342	50,3

Максимальная разница по напряжению составляет 0,037 В.

2.1.10 Максимальное зарядное напряжение при заряде штатным ЗУ составило 51,3 В (3,42 В на аккумулятор). При разряде полностью заряженной АКБ током 10 А напряжение отсечки составило 44,33 В (2,95 В на аккумулятор)

2.1.11 ВЫВОДЫ по АКБ «№7»:

- внешних повреждений АКБ не выявлено;
- платы защиты, установленные в АКБ, работают штатно, обеспечивая защиту от перезаряда и переразряда;
- максимальная разница аккумуляторов АКБ по напряжению составляет 0,037 В (обеспечивается требуемое выравнивание аккумуляторов по напряжению).

При устранении повреждений электрического монтажа, возможна дальнейшая эксплуатация АКБ.

2.2 АКБ «№11»

2.2.1 На внешнем алюминиевом корпусе механических повреждений не обнаружено (рисунок 2.2.1).

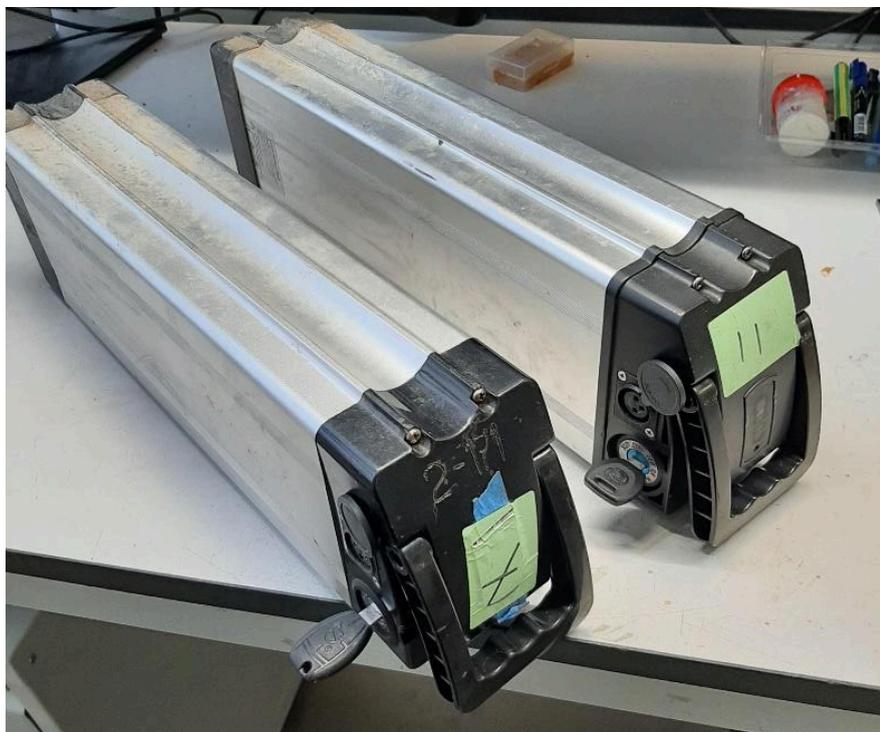


Рисунок 2.2.1 – Общий вид АКБ «№11»

2.2.2 В передней крышке присутствуют штатные ШР для подключения внешнего ЗУ и нагрузки, а также блокирующее устройство. Под передней пластиковой крышкой дефектов не выявлено (рисунок 2.2.2).

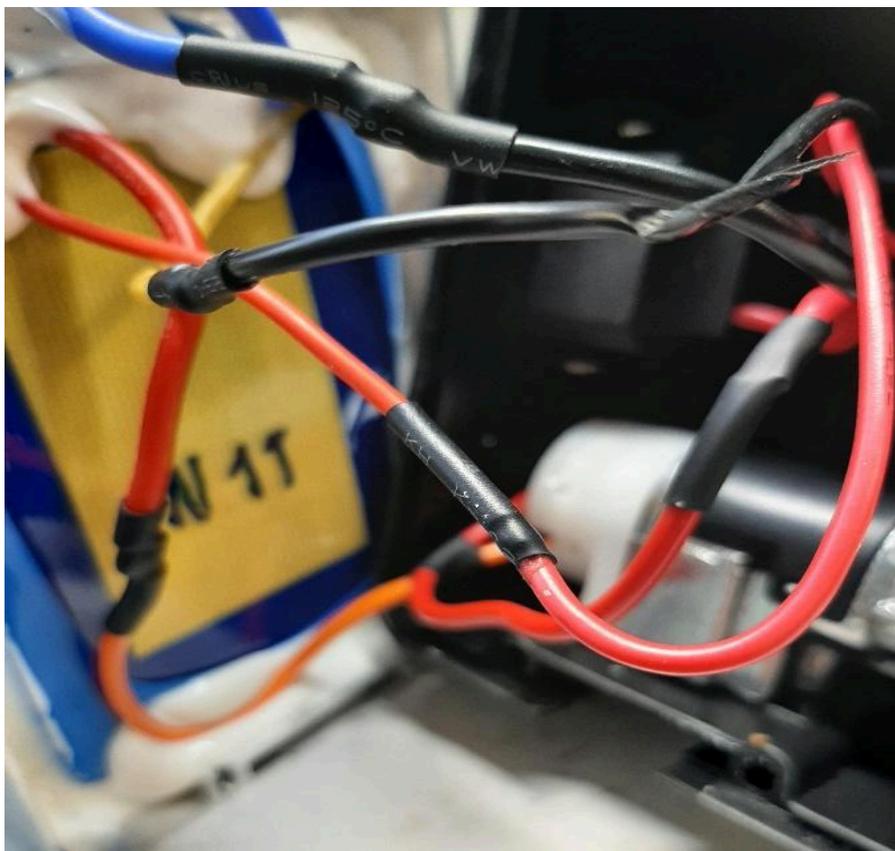


Рисунок 2.2.2 –АКБ «№11»

2.2.3 Внутренний корпус механических повреждений и следов термического воздействия не имеет (рисунок 2.2.3).

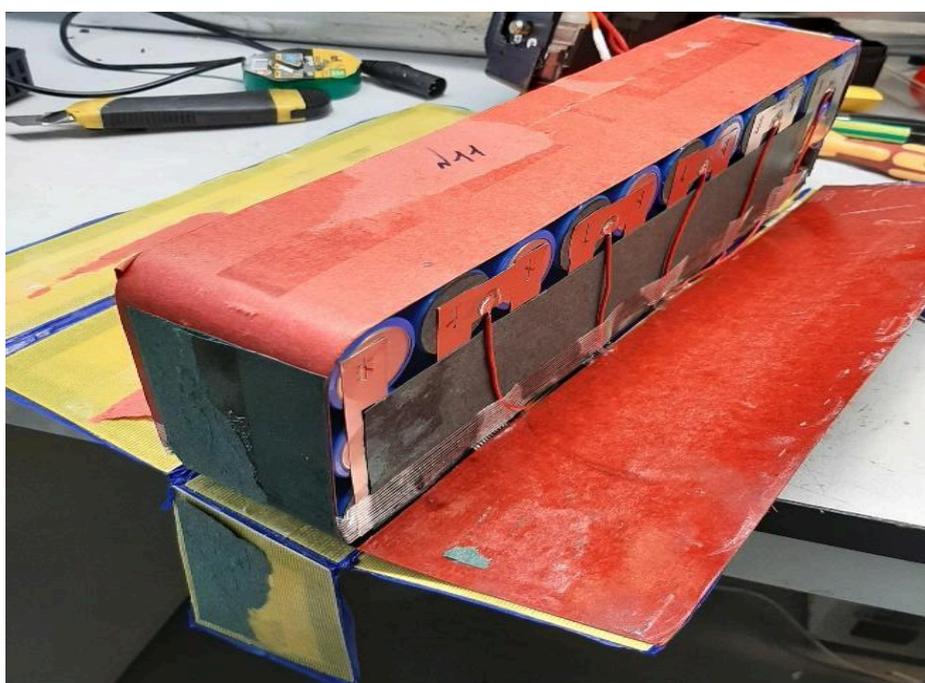
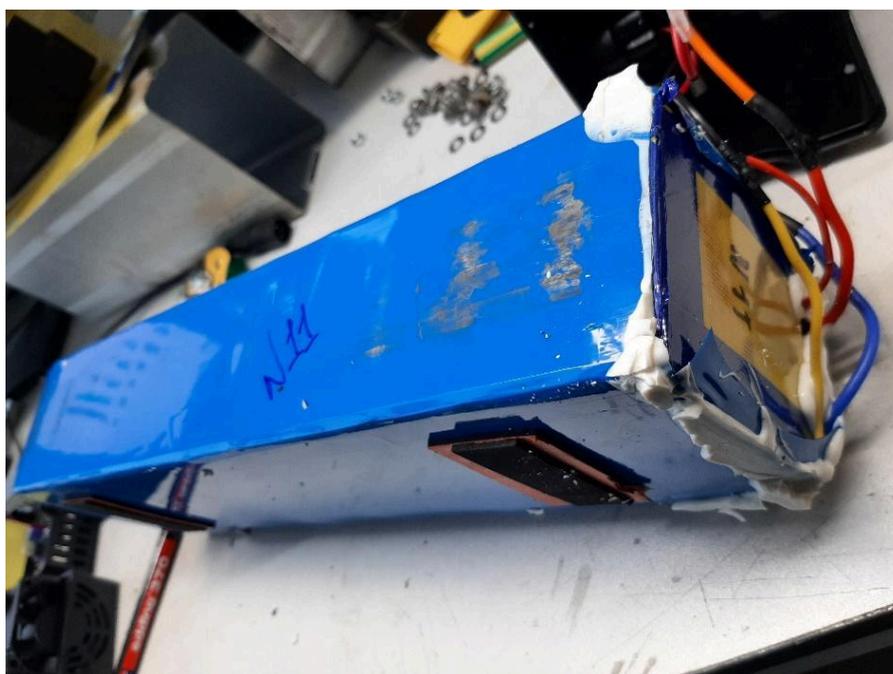


Рисунок 2.2.3 – Внутренний корпус АКБ «№11»

2.2.4 АКБ состоит из 32 аккумуляторов типа WTT 32700, емкостью 6000 мА, имеет структуру 2P16S, расчетная номинальная емкость $C_n = 12$ Ач, укомплектован SKY модель 16S20A, плата BMS содержит 16 балансирующих резисторов, что позволяет проводить балансировку ячеек.

2.2.5 Напряжение АКБ на контактах силового разъема при поступлении на испытания было равно 53,5 В (рисунок 2.2.4).

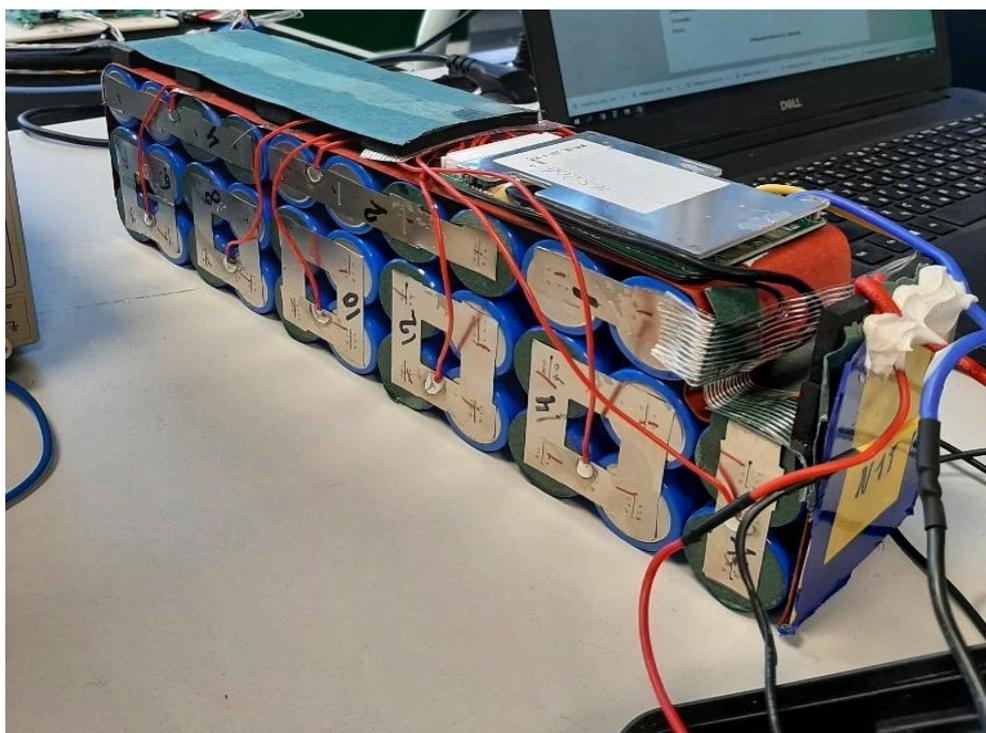
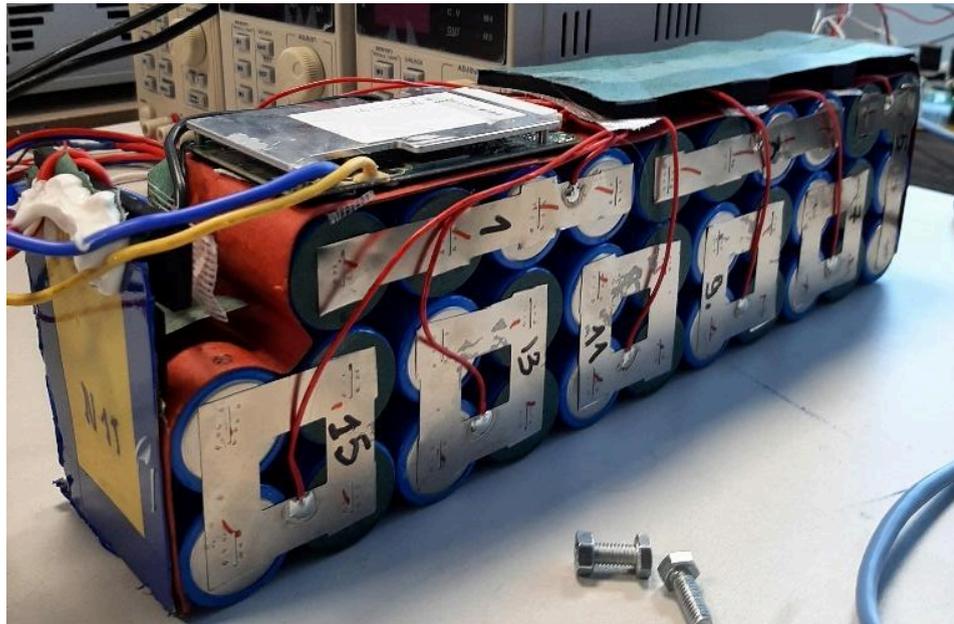


Рисунок 2.2.4 – Блок аккумуляторов АКБ «№11»

2.2.6 Предоставленное ЗУ модель 4810А, при включении слышны звуки попадания посторонних предметов в крыльчатку вентилятора. При вскрытии

корпуса ЗУ, скрепленного скотчем внутри обнаружены осколки корпуса (рисунок 2.2.5).



Рисунок 2.2.5 – Зарядное устройство АКБ «№11»

2.2.7 Расчетное напряжение заряда для АКБ структуры 2P16S составляет 58,4 В, поэтому заряд АКБ производился от лабораторного источника напряжением 58,4 В. При заряде напряжение срабатывания защиты платы BMS составило 57,85 В.

2.2.8 Результаты измерения напряжений на блоке аккумуляторов приведены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 - Результаты измерения напряжений на блоке аккумуляторов

Ячейка	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	-/+
Напряжение, В	3,700	3,577	3,575	3,525	3,606	3,425	3,458	3,453	3,480	3,549	3,470	3,482	3,527	3,454	3,444	3,465	56,19

Максимальная разница по напряжению составляет 0,275 В.

2.2.9 При разряде полностью заряженной АКБ током 10 А напряжение отсечки составило 39,46 В., разрядная емкость 11,767 Ач.

2.2.10 ВЫВОДЫ по АКБ «№11»:

- внешних или внутренних повреждений АКБ не выявлено;
- платы защиты, установленные в АКБ, работают штатно, обеспечивая защиту от перезаряда и переразряда;
- максимальная разница по напряжению составляет 0,275 В (обеспечивается приемлемое выравнивание аккумуляторов по напряжению – расчетное падение емкости АКБ за счет разбалансировки аккумуляторов по напряжению не превышает 2 %).

Выводы по результатам анализа общего технического уровня предоставленных аккумуляторных АКБ:

- предоставленные АКБ обладают необходимым функционалом (защита от перезаряда, защита от переразряда) для максимально минимизировать вероятности аварийных ситуаций, которые бы могли привести к возгоранию и/или взрыву АКБ;

- используемые в АКБ аккумуляторы работают на электрохимической системе С-LFP, которая имеет значительно более высокие температурные пороги, практически не достижимые при стандартной эксплуатации, после которых в АКБ начинаются процессы

ведущие к возгоранию и/или взрыву;

- АКБ предоставленного или схожего исполнения на электрохимии С-LFP рекомендуются как замена более опасным при эксплуатации АКБ на электрохимии С-NMC;

- МФТИ, Физтех способен выполнить работу по формированию Технического задания для разработчика (изготовителя) АКБ с указанием мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности и увеличение срока службы АКБ;

- МФТИ, Физтех предлагает рассмотреть возможность заключения сервисного договора, в рамках которого может осуществляться периодический, выборочный контроль АКБ с целью проверки деградации (ресурса), исправности и иных параметров, в том числе влияющих на безопасность. Стоимость договора зависит от периодичности и количества тестируемых образцов.

Инженер-испытатель _____ В.С. Каширин

« ____ » _____ 2023 г.

Ведущий инженер-технолог _____ М.Н. Федотов

« ____ » _____ 2023 г.

Ведущий инженер-конструктор _____ П.Е. Болтышов

« _____ » _____ 2023 г.