



Применение перезаряжаемой системы хранения электрической энергии в составе энергоустановки транспортного средства с электрохимическим генератором

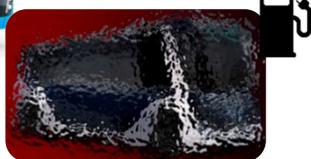


*Климов А.В.
Анисимов В.Р.*

Модельный ряд перспективного транспорта



Электрический и водородный пассажирский транспорт



Автономный транспорт



КАМАЗ

Электрический и водородный легковой транспорт



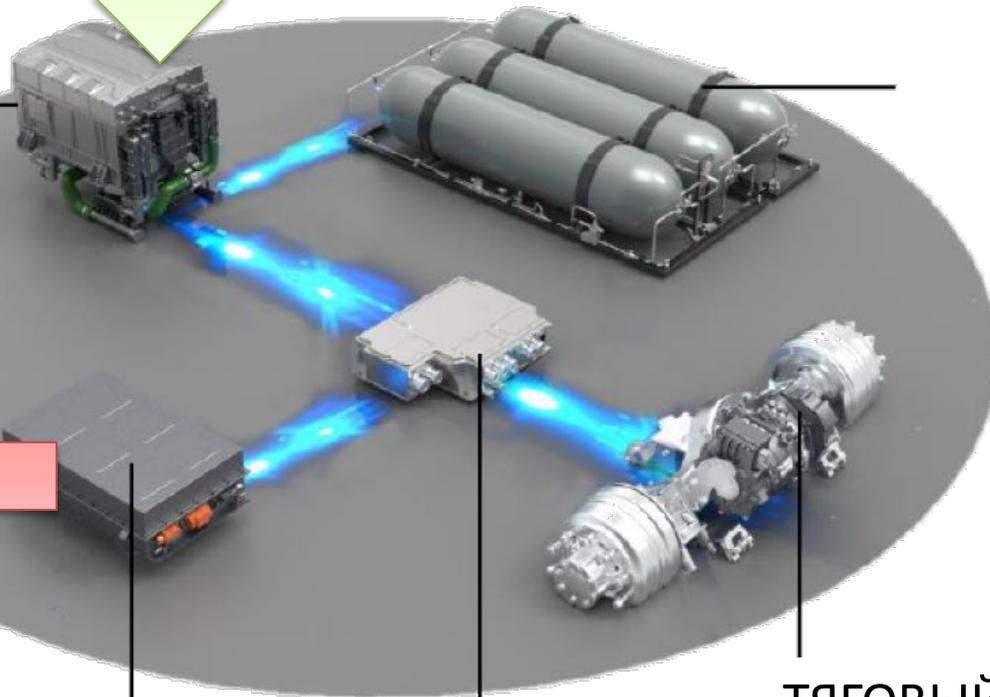
Электрическая и водородная автотехника





ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

ЭХГ



СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ

- ✓ Низкая скорость изменения мощности (увеличение $<4,5 \text{ кВт/с}$ /снижение $<9 \text{ кВт/с}$)
- ✓ Ограниченное число запусков – не более 10 в день
- ✓ Низкая скорость прогрева – до 10 минут при $T < +5 \text{ C}^\circ$
- ✓ Не высокий КПД $\sim 50\%$
- ✓ Чувствительность к холодным пускам

БУФЕРНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

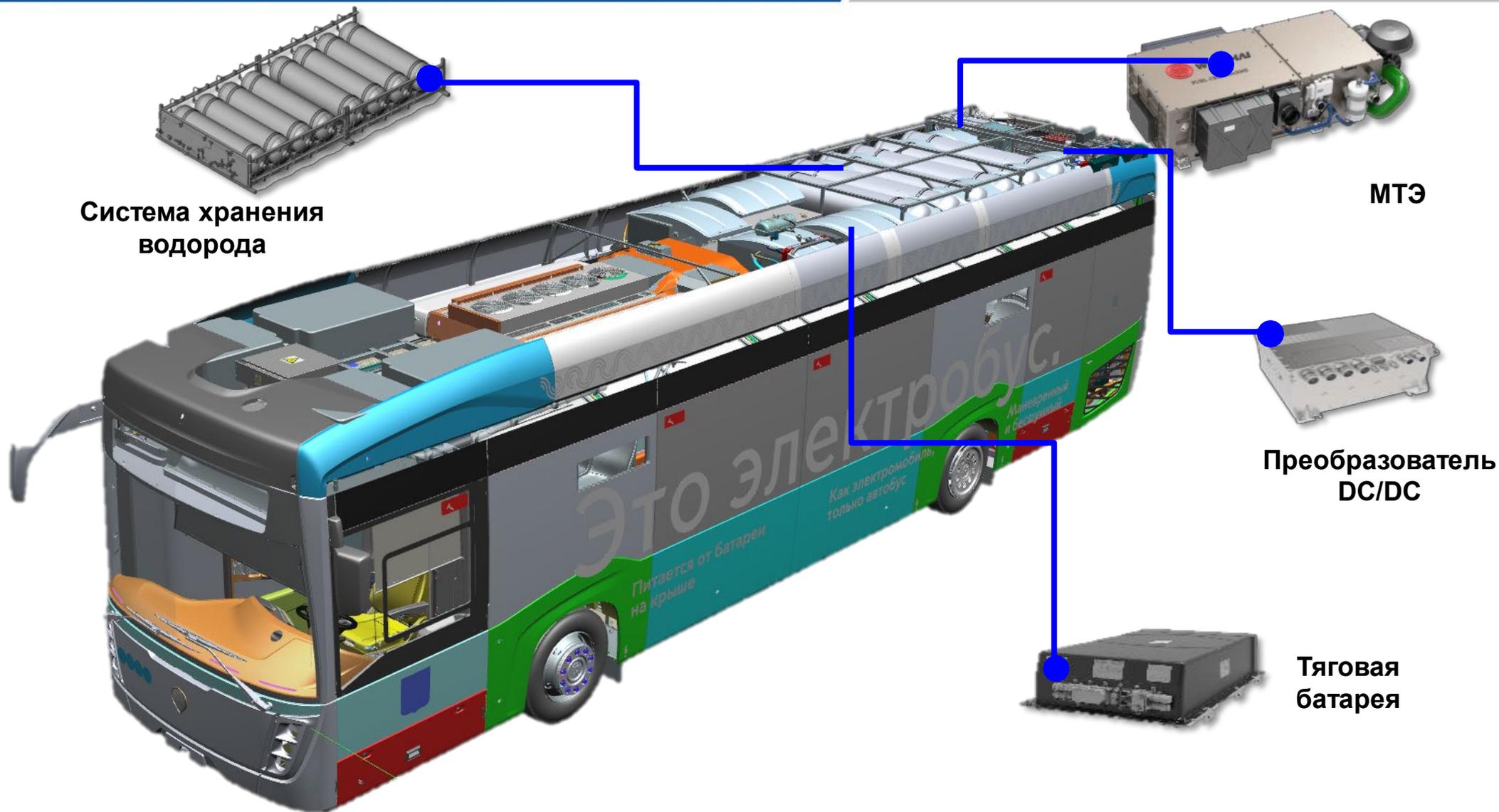


ТАБ

DC/DC

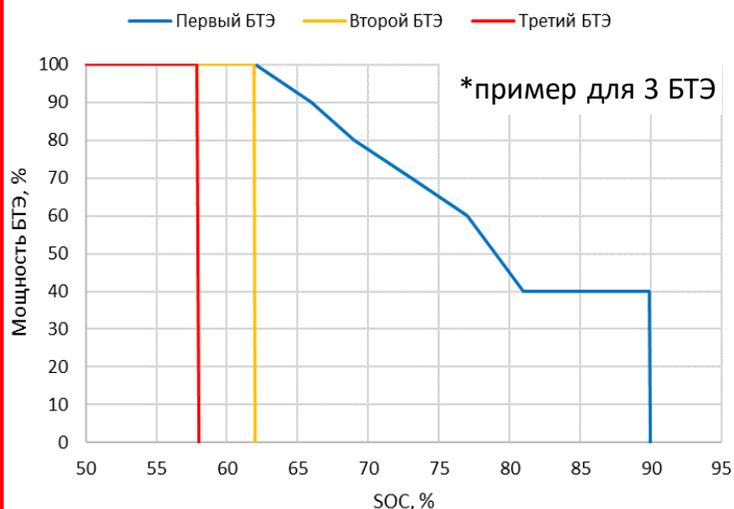
ТЯГОВЫЙ ПРИВОД

Энергоустановка

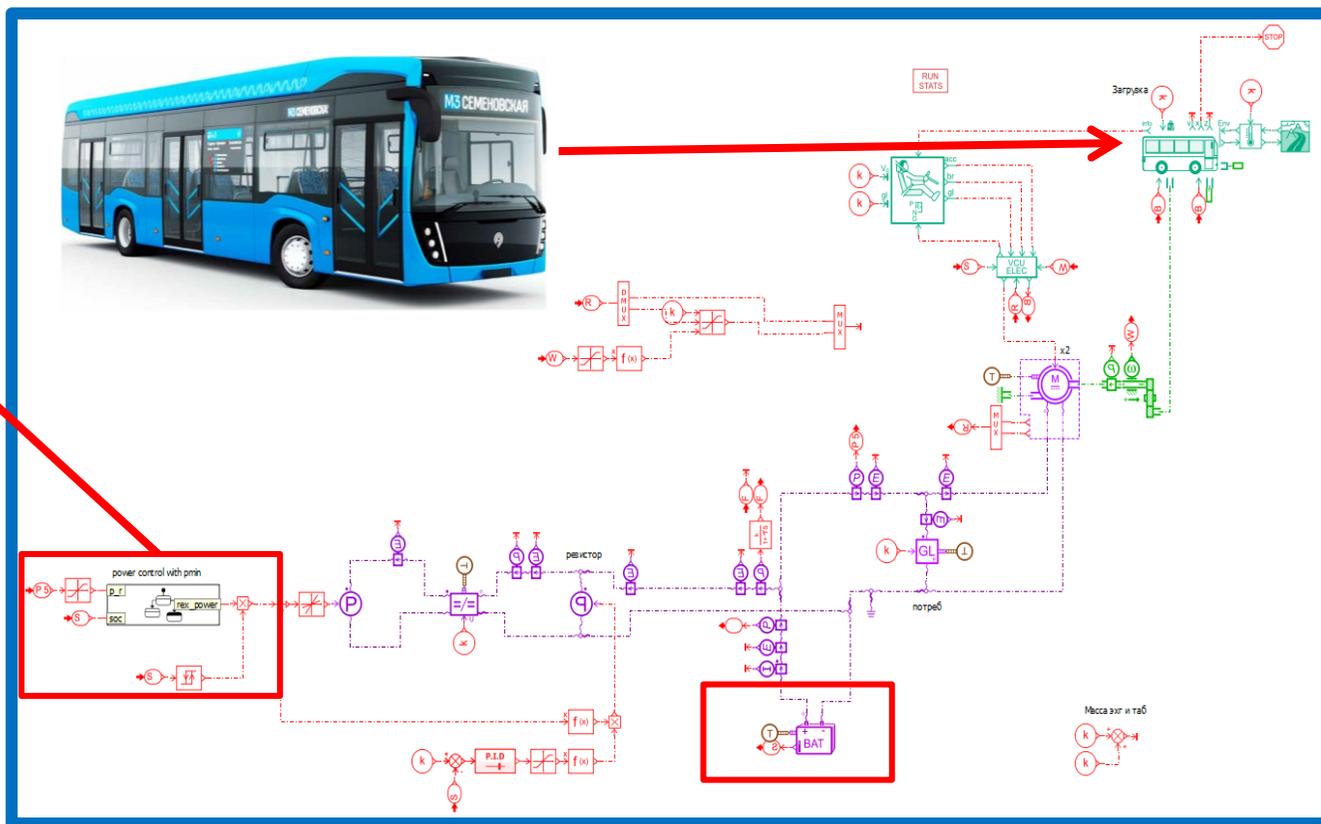


Математическая модель ТС с энергоустановкой

Минимизация потребления энергии ТАБ и топлива
Поддержание SOC в заданном диапазоне (не ниже 30%)



Алгоритм: динамическое регулирование мощности ЭХГ от SOC и от требуемой мощности



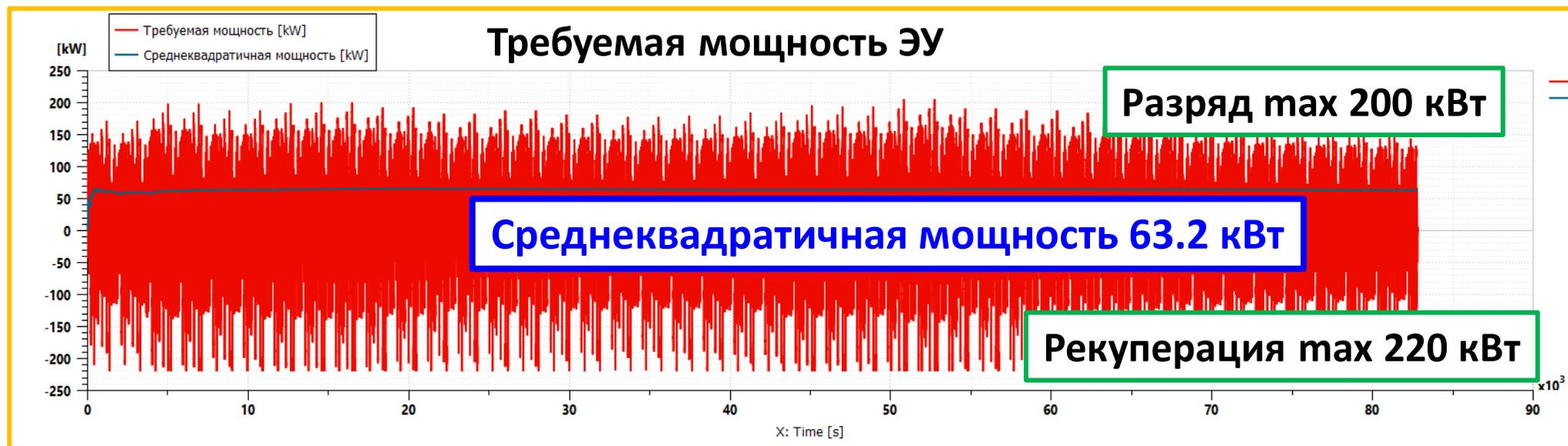
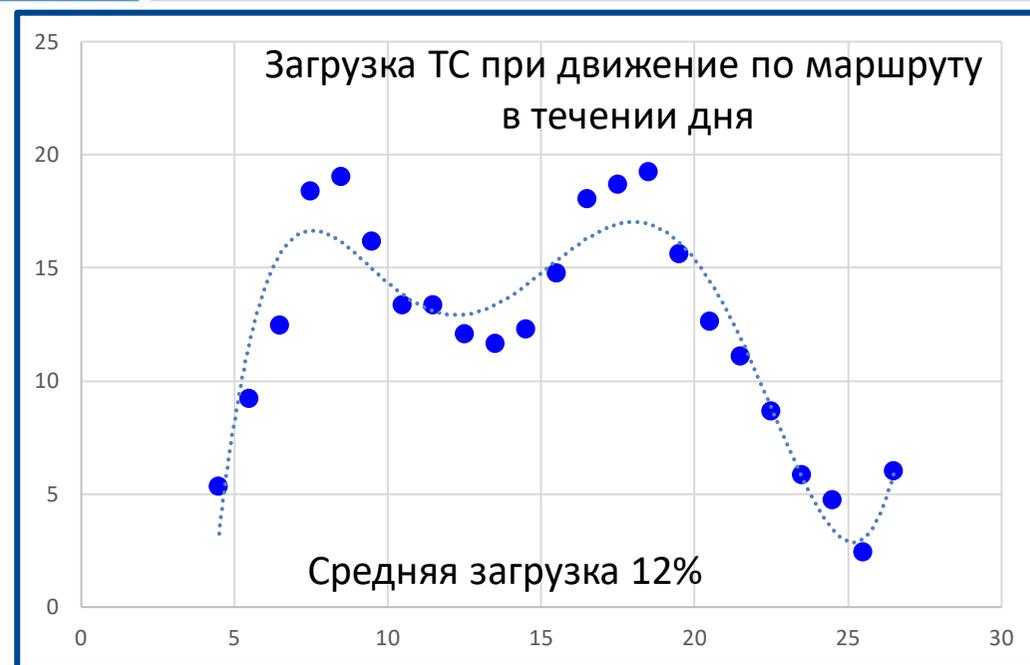
Математическая модель ТС с энергоустановкой

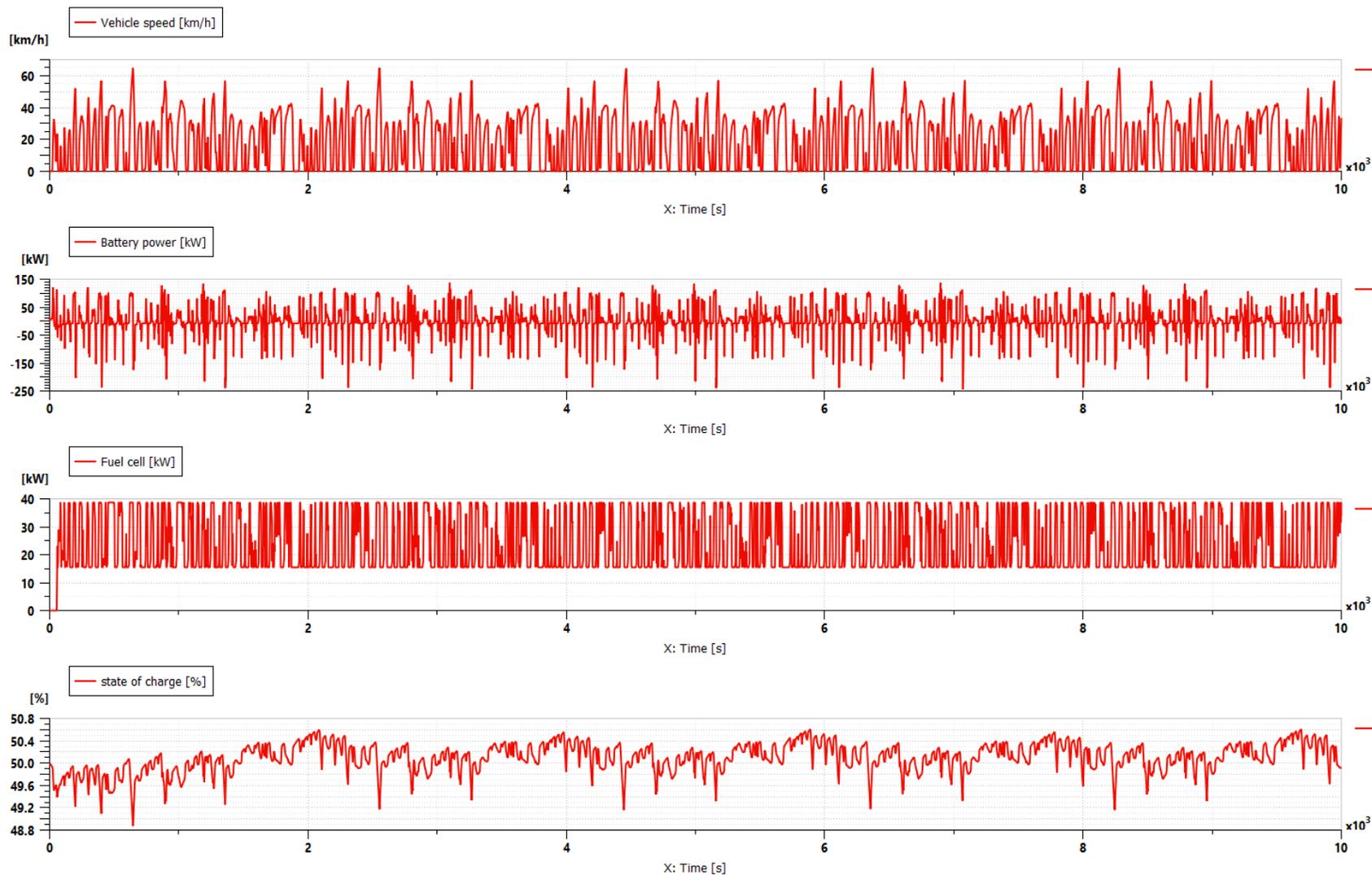


Городские условия эксплуатации



Условия эксплуатации городского пассажирского транспортного средства





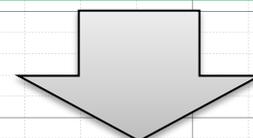
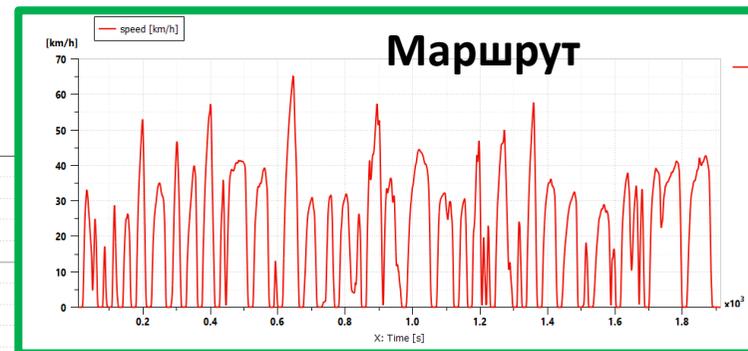
P макс.разряд 150 кВт

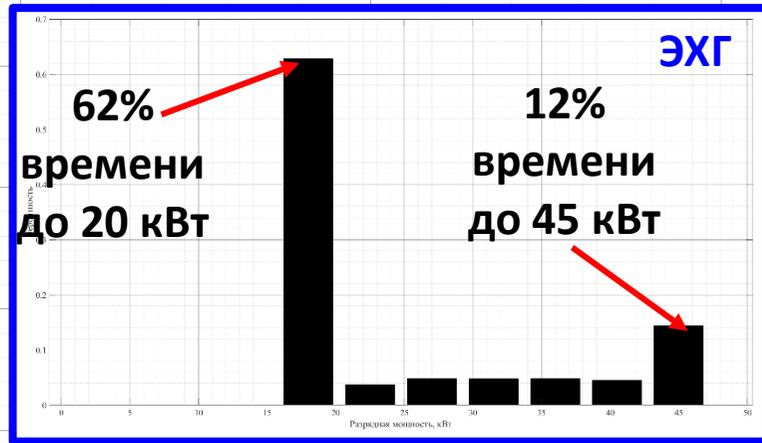
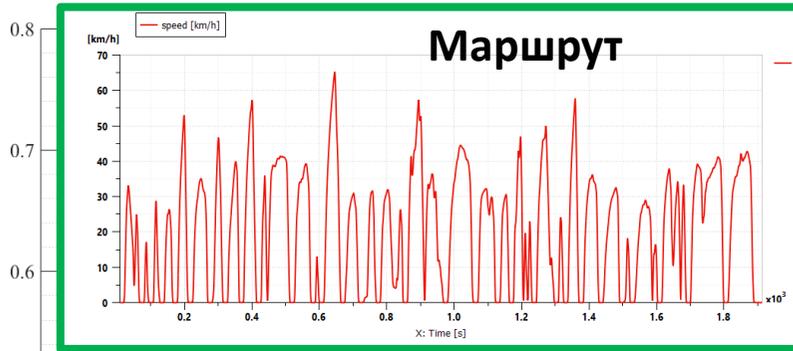
P макс.заряд 245 кВт

P ср.разряд 16.3 кВт

P ср.заряд 17 кВт

P ср.кв 51.75 кВт





90% - до 50 кВт



>175 кВт менее 1%

Требуемые мощностные характеристики батареи 60,3 кВтч

Для обеспечения **не менее 95%** требуемой мощности



C-rate

Длительные мощности разряда не менее **1,65 C**

Длительные мощности заряда не менее **0,9 C**

Пиковые мощности разряда не менее **2,5 C**

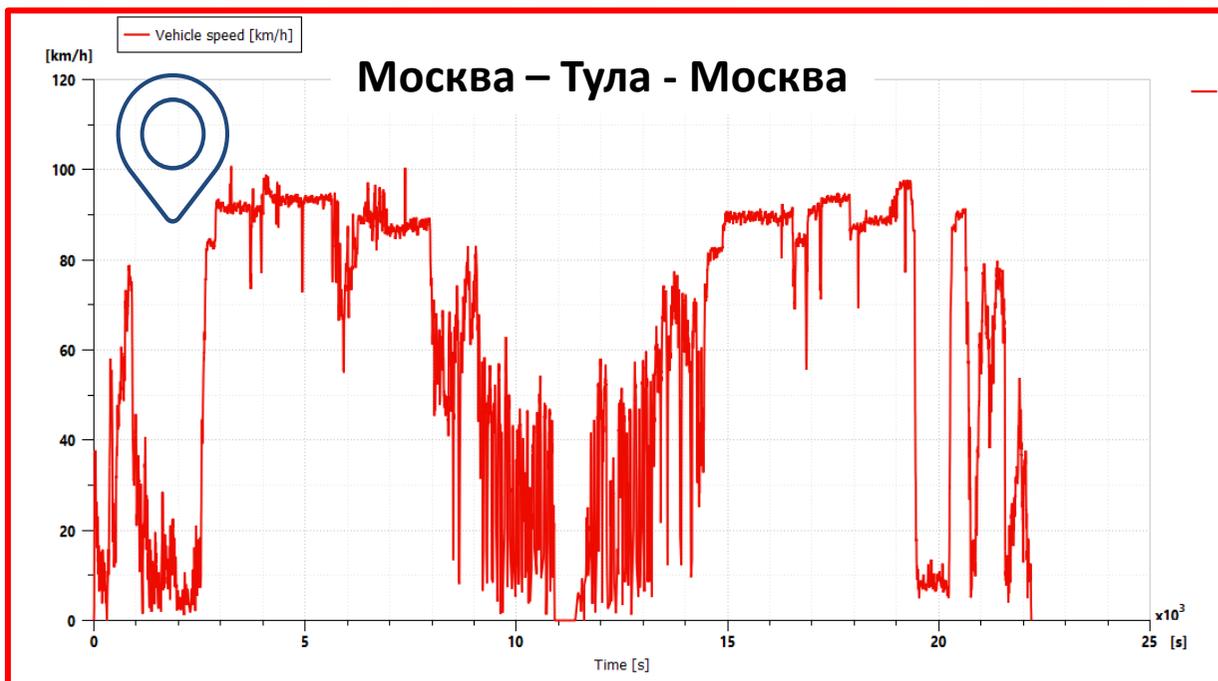
Пиковые мощности заряда не менее **3 C**



Междугородние условия эксплуатации



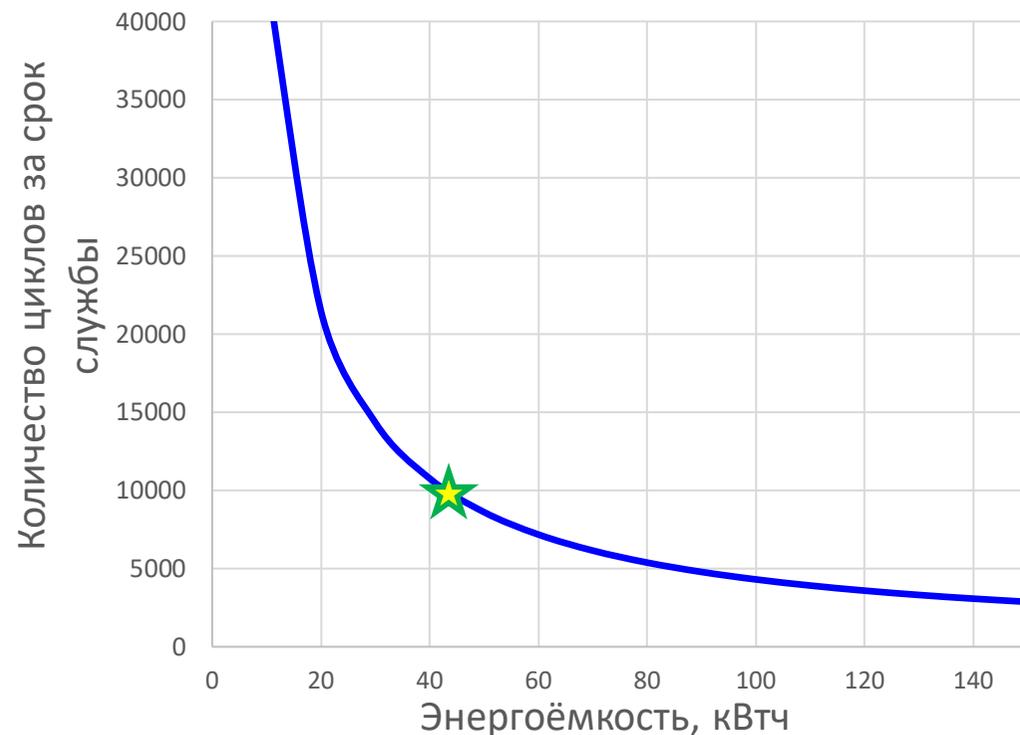
Условия эксплуатации междугороднего пассажирского транспортного средства



Загрузка ТС составляет 100% (движение в загруженный день)



Оптимальные характеристики энергоустановки



Пропускная энергия ТАБ за день **150 кВтч**

Требуемая энергоёмкость ТАБ для обеспечения требуемого ресурса **не менее 7.5 лет**

$$E_{\text{ТАБ}} = 7.5 \text{ лет} * 345 \text{ дн.} * 150 \text{ кВтч} / (10000 \text{ циклов} * 0.9) = 43.1 \text{ кВтч}$$

Требуемое количество лет эксплуатации

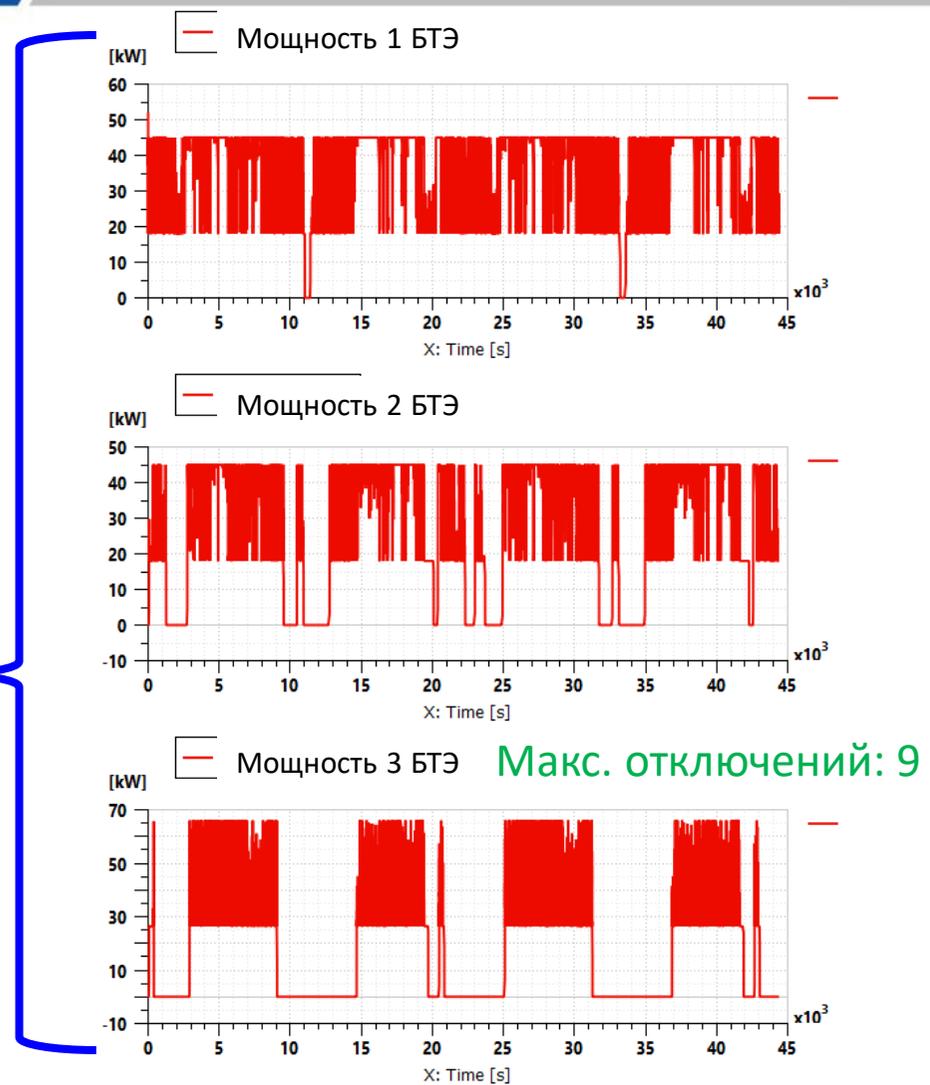
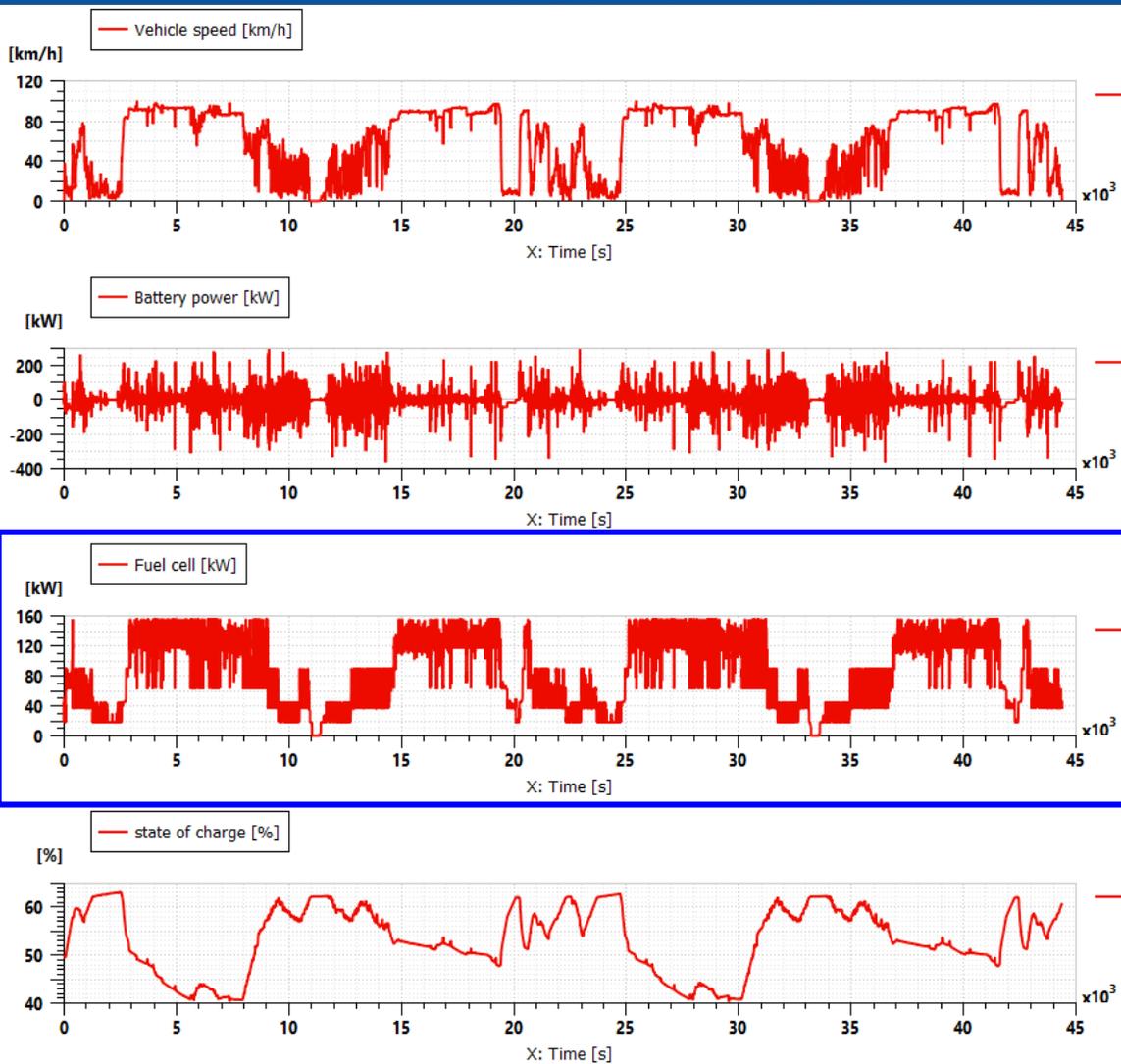
Кол-во дней в году в эксплуатации

Количество циклов заряда-разряда до SOH 80%

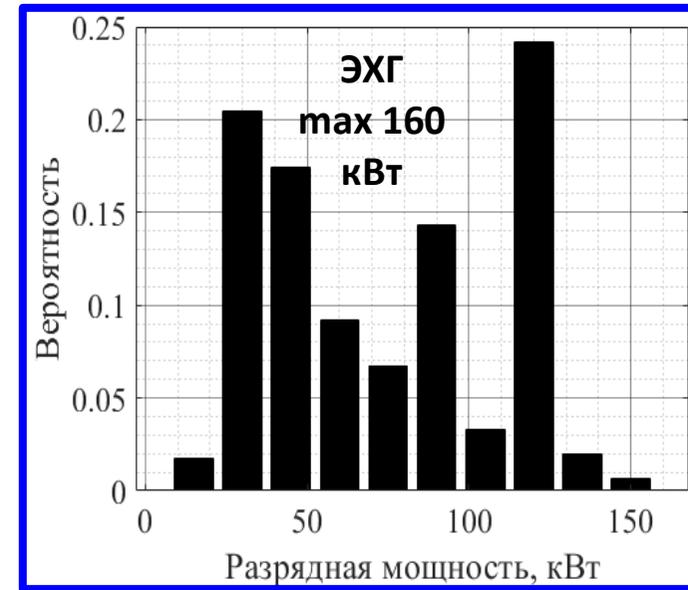
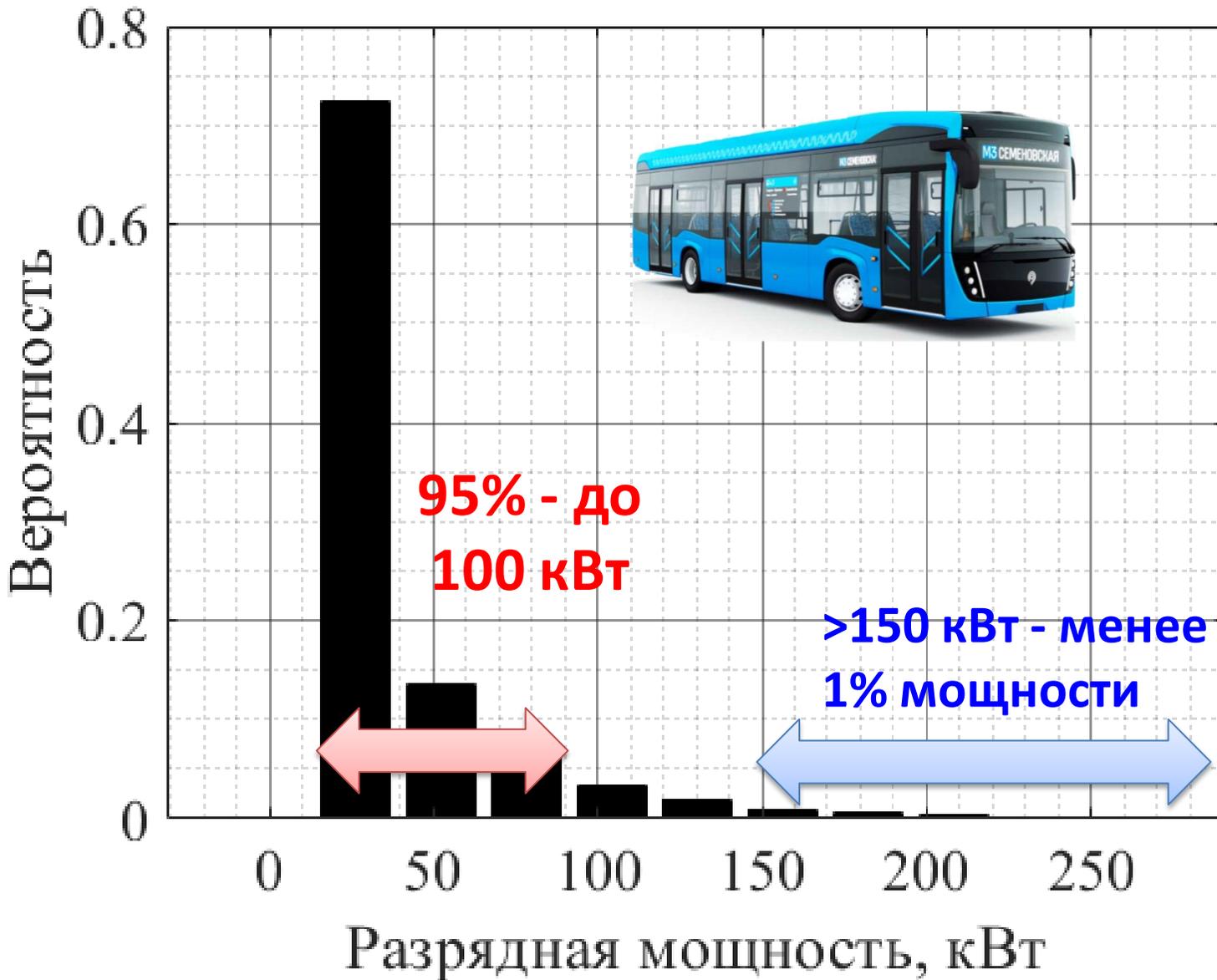
Коэффициент снижения ёмкости

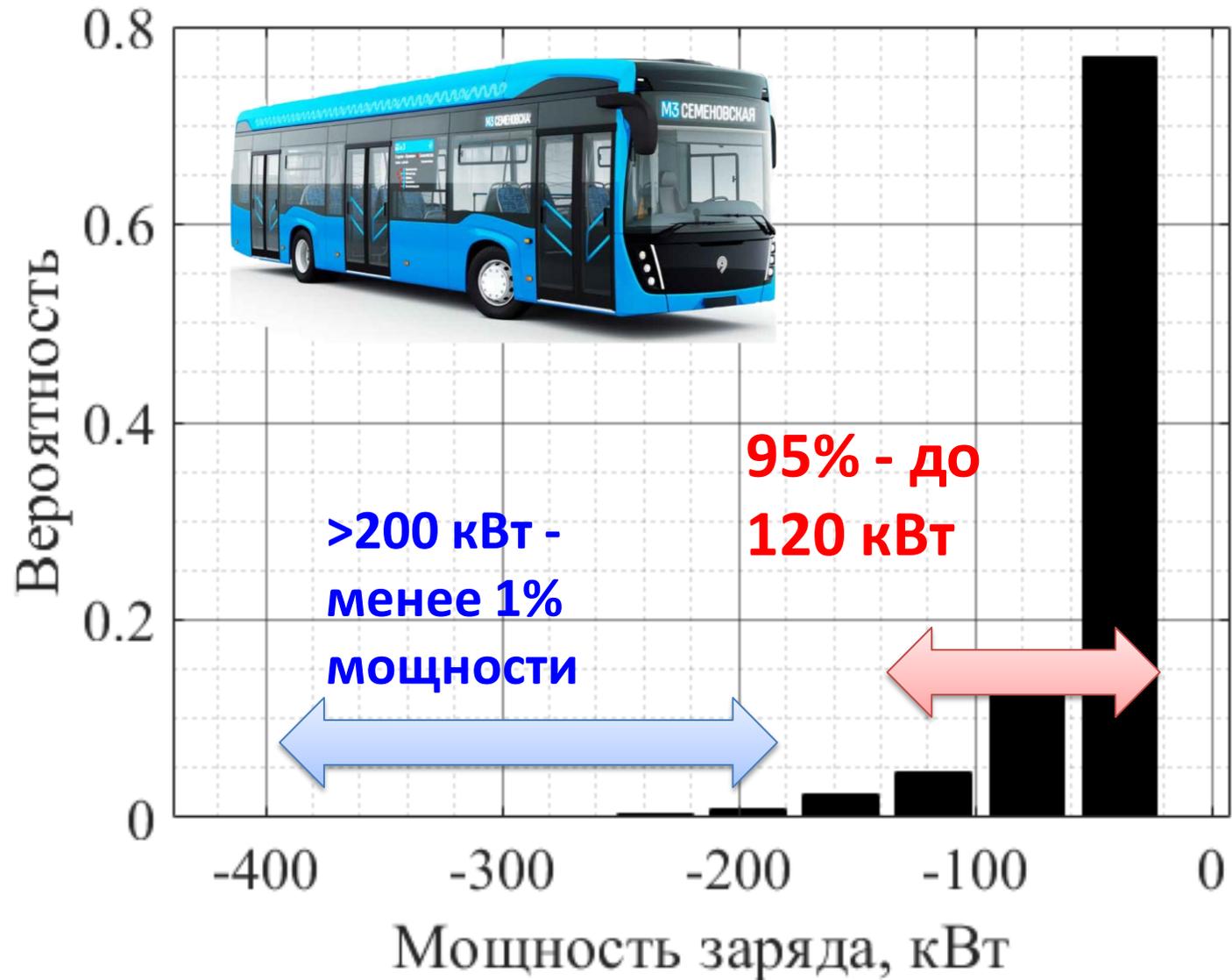
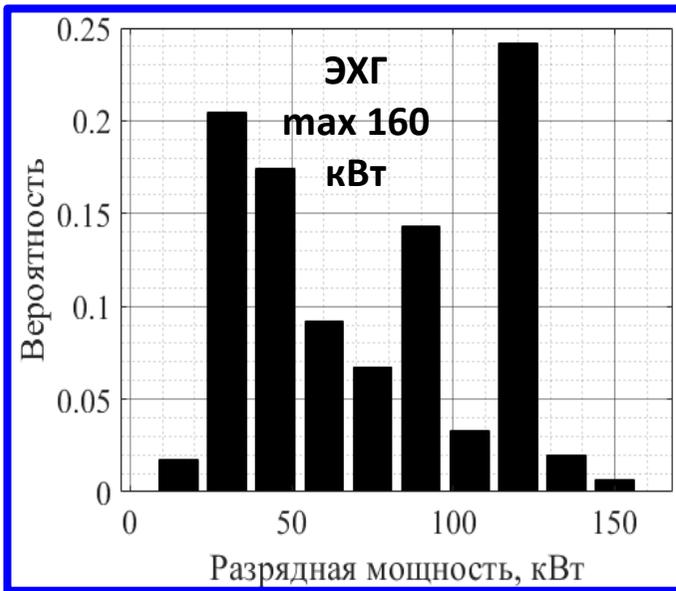
Виртуальная эксплуатация энергоустановки

ЭХГ 156 кВт, ТАБ 43,1 кВтч



$P_{\text{макс.разряд}}$ 290 кВт; $P_{\text{макс.заряд}}$ 350 кВт; $P_{\text{ср.разряд}}$ 12,6 кВт; $P_{\text{ср.заряд}}$ 13,2 кВт; $P_{\text{ср.кв}}$ 45,5 кВт





Требуемые мощностные характеристики батареи 43,1 кВтч

Для обеспечения **не менее 95%** требуемой мощности

C-rate



Длительные мощности разряда не менее **2,3 C**

Длительные мощности заряда не менее **2,3 C**

Пиковые мощности разряда не менее **4,6 C**

Пиковые мощности заряда не менее **4,6 C**



- ✓ Применение тяговой батареи в КЭУ с ЭХГ необходимо для обеспечения движения ТС по маршруту
- ✓ Совместное применение ЭХГ с ПСХЭЭ обеспечивают наибольшую энергоэффективность ТС



✓ Для городского исполнения ТС:

Энергоёмкость > 60 кВтч

Разрядная мощность:

Пиковая 150 кВт

Длительная 100 кВт

Зарядная мощность:

Пиковая 175 кВт

Длительная 50 кВт

Глубина разряда ~1.5%

✓ Для междугородного исполнения ТС:

Энергоёмкость > 43 кВтч

Разрядная мощность:

Пиковая 200 кВт

Длительная **120** кВт

Зарядная мощность:

Пиковая 200 кВт

Длительная 100 кВт

Глубина разряда ~28%

Удельная энергоёмкость $\min > 120$ Втч/кг

Спасибо за внимание!