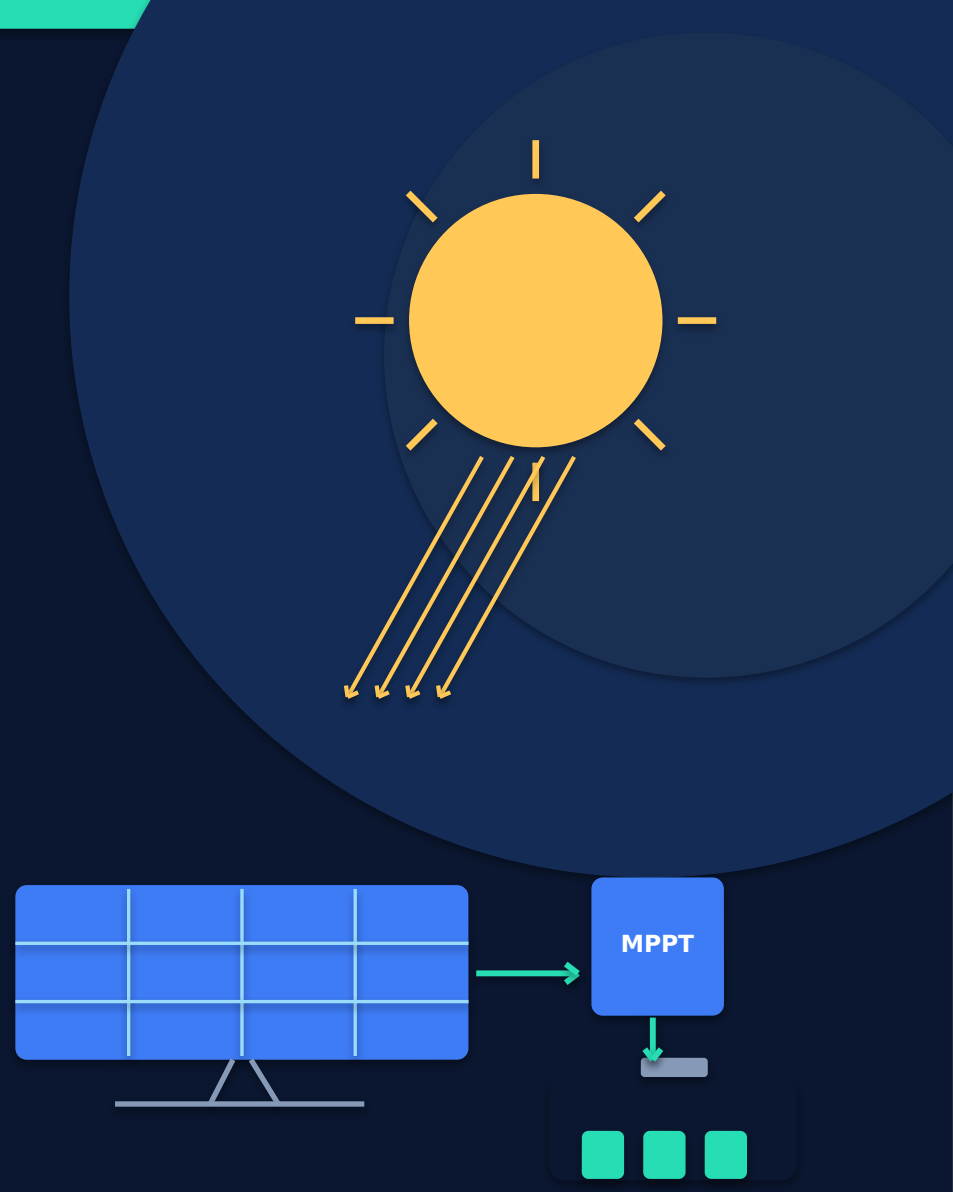
КУРС • 10 ЛЕКЦИЙ

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ЛЕКЦИЯ 05

Расчёт параметров автономных солнечных электростанций



Нагрузка • концентраторы и слежение • фотоэлектрические модули • аккумуляторы

НАВИГАЦИЯ

Как проектировать автономную СЭС?

Цель: обеспечить надёжное электроснабжение при минимальных совокупных затратах.

01

Выбрать архитектуру

Фиксированные панели, слежение, концентратор; оценить стоимость и эффект.

02

Оценить нагрузку

Установить суточные пики, потребление и периоды дефицита энергии.

03

Подобрать оборудование

Определить площадь ФЭМ, накопитель и параметры силовой электроники.

ДВА РАЗДЕЛА ЛЕКЦИИ

5.1 Концентраторы и системы слежения

5.2 Расчёт фотоэлектрической СЭС

Слежение и концентрация: что выбрать?

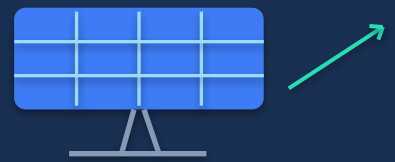
Критерий сравнения — затраты на выработку при сопоставимой надёжности.



ФИКСИРОВАННАЯ

Нет движущихся частей

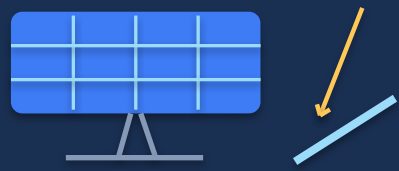
Просто, но без наведения



СЛЕДЯЩАЯ

Поворот за Солнцем

Выше сбор энергии, есть привод



С КОНЦЕНТРАТОРОМ

Оптика + точное наведение

Меньше площадь ФЭМ, больше сложность

$$(С_{конц} + С_{слеж} + С_{ФЭМ}) / W \rightarrow \min$$

W — выработка за одинаковый период; отдельно учитывается надёжность.

По формуле (5.1) исходной лекции.

Сколько энергии вырабатывает 1 м² ФЭМ?

Выработка определяется интенсивностью излучения, КПД и продолжительностью каждого режима.

ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ (5.3)

$$w = \Sigma N_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j$$

N_j	Облучённость, кВт/м²
η_j	КПД фотоэлектрического модуля
Δt_j	Длительность интервала, ч

Результат: w, кВт·ч/м²

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

$$\eta \approx \eta_0 (1 + \beta \ln K) \times (1 - \chi \Delta T)$$

K — концентрация излучения;
ΔT — нагрев ФЭМ.

Больше света ≠ всегда больше КПД:

перегрев снижает эффективность.

Формулы (5.3)–(5.4): оценка требует данных об инсоляции и температурном режиме модулей.

Концентраторы: расчёт против эксперимента

В материале лекции преимущество параболической схемы уменьшается при экспериментальной проверке.

РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА

+26 %



Выработка, Вт·ч (значения из лекции)

ЭКСПЕРИМЕНТ

+16 %

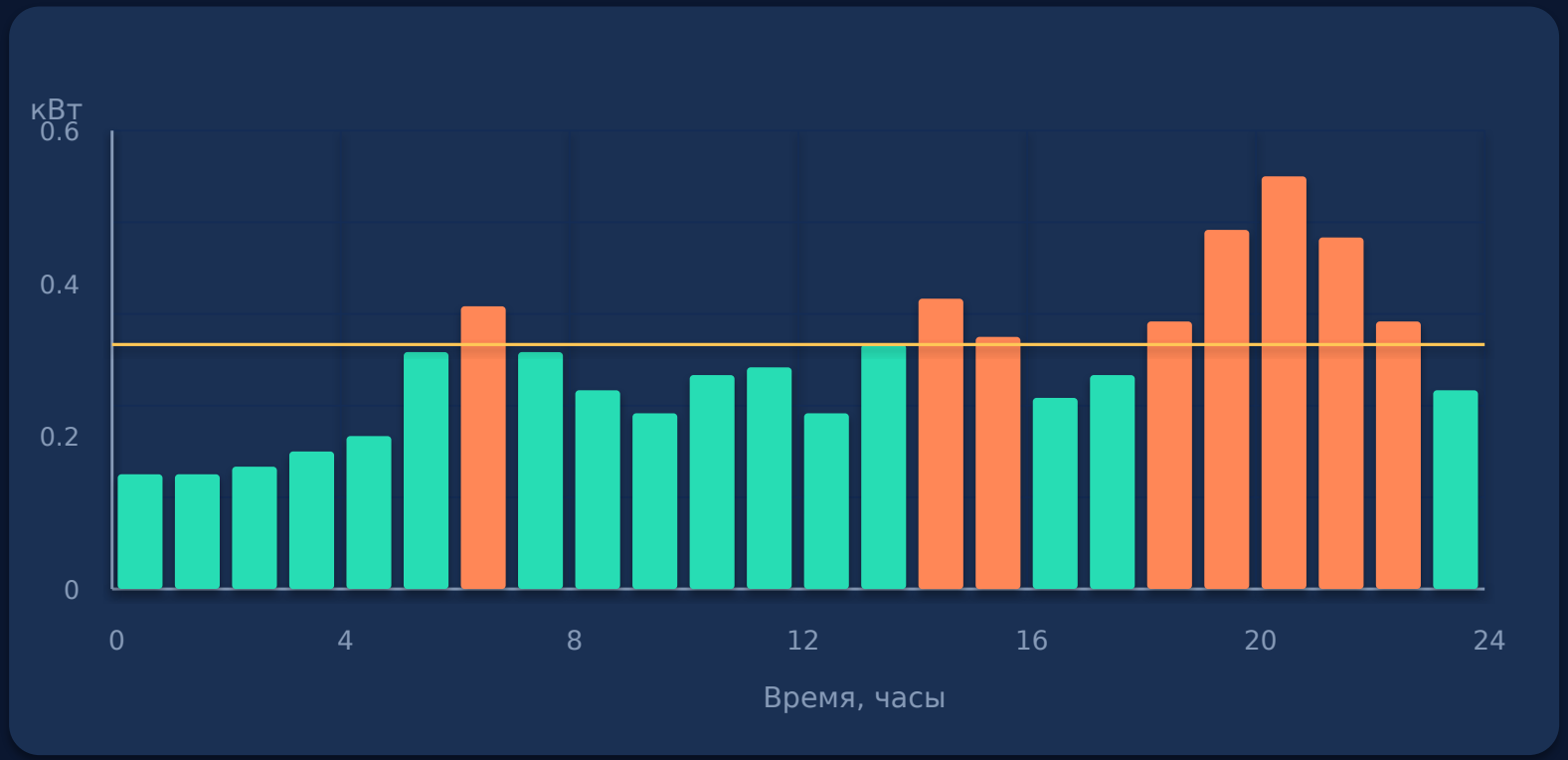


Выработка, Вт·ч (значения из лекции)

Рекомендации источника по мощности (<500 Вт, 500–1000 Вт, >1000 Вт) относятся к рассмотренным в нём условиям и не являются универсальными.

Суточный график нагрузки: почему важен пик?

Генерацию и накопитель выбирают по энергии за сутки и распределению потребления по часам.



КАК ЧИТАТЬ ГРАФИК

≈0,54 кВт

Вечерний максимум в учебной иллюстрации.

Солнце не работает ночью:

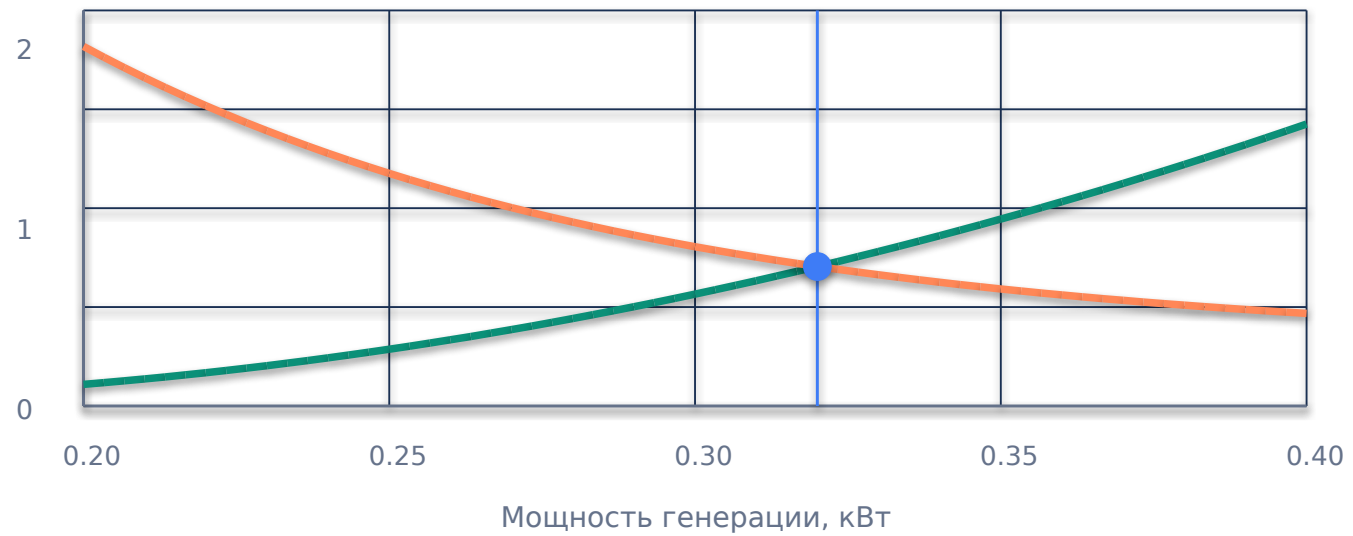
пики и ночная нагрузка покрываются накопителем.

Условная реконструкция графика из рисунка 5.3; высоты столбцов приближённые.

Энергетический баланс с аккумулятором

Избыток генерации запасается с потерями, а затем компенсирует недостаток мощности.

$$\eta_a \cdot \Sigma\,(Р_{ген} - Р_{нагр})_+ \cdot \Delta t \quad = \quad \Sigma\,(Р_{нагр} - Р_{ген})_+ \cdot \Delta t$$



ПО ПРИМЕРУ ЛЕКЦИИ

0,32 кВт

Мощность источника в точке энергетического равновесия.

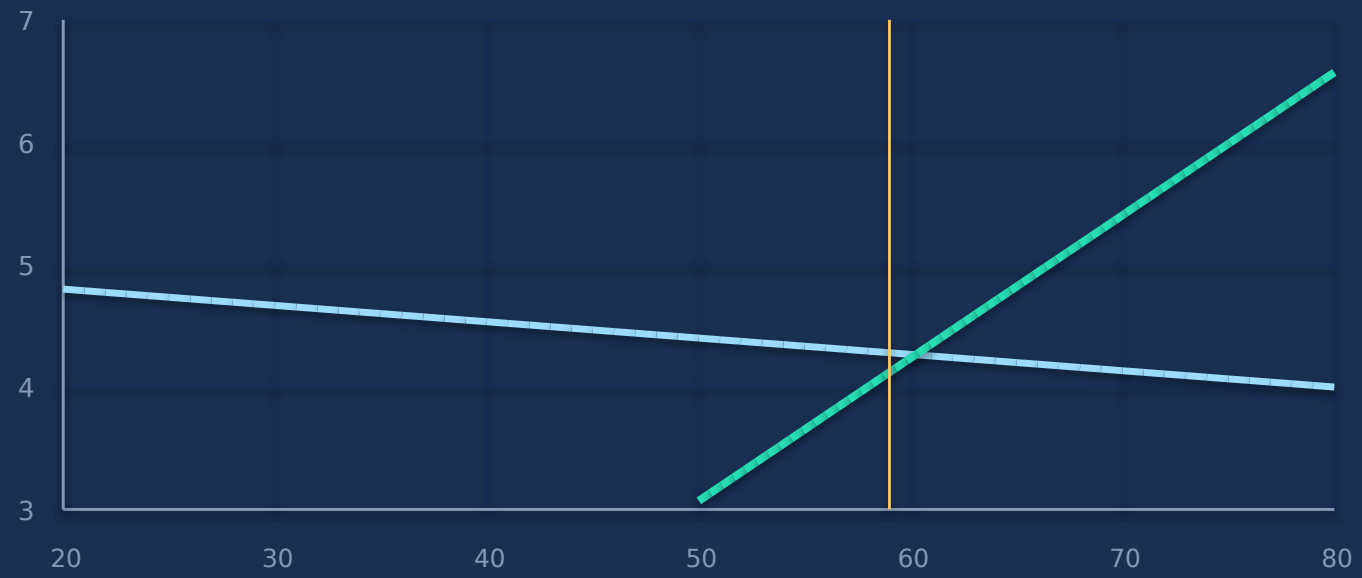
КПД АКБ η_a = 0,70

Графики воссозданы схематично по рисунку 5.4; расчётный вывод 0,32 кВт взят из лекции.

РАЗДЕЛ 5.2

Какова площадь солнечной батареи?

Запас по площади нужен из-за вероятностного характера поступления солнечной энергии.



РАСЧЁТ ЛЕКЦИИ

≈58 м²

Пересечение на рисунке 5.5

60 м²

Округлённый проектный выбор

Вероятность ≥ 0,90

Иллюстративный расчёт для исходных погодных условий и графика нагрузки (не универсальная норма).

ПРАКТИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА

Какие элементы нужно подобрать?

Площадь ФЭМ и аккумуляторы рассчитываются совместно с характеристиками контроллера и инвертора.

ФЭМ

F ≈ 60 м²

→

КОНТРОЛЛЕР

PWM / MPPT

→

АККУМУЛЯТОР

Энергия и ёмкость

→

ИНВЕРТОР

Пик и пусковые токи

Ёмкость накопителя: C ≈ Едеф / Uном

20 А·ч × 220 В = 4,4 кВт·ч

ПРИМЕР ИЗ ЛЕКЦИИ: эквивалентная номинальная энергия

Инженерное дополнение: учитывать DoD, КПД преобразователей, напряжения, токи, условия эксплуатации и резерв по мощности.

Что запомнить после расчёта автономной СЭС

Подбор компонентов опирается на профиль нагрузки, солнечный ресурс и требуемую надёжность.

КЛЮЧЕВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕКЦИИ

0,32 кВт — Минимальная мощность генерации в расчётном примере.

≈60 м² — Площадь ФЭМ при заданной вероятности снабжения.

$\eta_a = 0{,}70$ — Допущение для аккумулятора в графическом примере.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

01 По какому критерию выбирают концентратор и слежение?

02 Почему при расчёте учитывают пики и ночное потребление?

03 Что показывает пересечение кривых энергетического баланса?

04 Как изменится площадь ФЭМ при ужесточении требований к надёжности?

Основа: «Лекция 5. Расчёт параметров автономных солнечных электростанций», разделы 5.1–5.2.