



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Сравнение технологий малой распределенной генерации по критерию удельной дисконтированной стоимости производства электрической энергии

Республика Хакасия, 2024

Докладчик:
Новиков Р.М.



Цель исследования:

- Техничко-экономическое обоснование выбора электроснабжения потребителей и размещения генерирующих мощностей путем сравнения различных технологий малой распределенной генерации
- **Критерий сравнения** – минимальная удельная дисконтированная стоимость производства электрической энергии (сокращенно **LCOE** – англ. levelized cost of electricity)

Распределенная генерация:

- Представляет собой процесс производства электрической энергии в небольших объемах, в непосредственной близости к потребителям электрической энергии

Характерные особенности:

- Удаленные от централизованных энергосистем и труднодоступные, изолированные потребители;
- Непосредственная близость генерации и потребителей;
- Установленная мощность до 25 МВт.



Нормативный документ

- **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ** по проектированию развития энергосистем Приложение № 1 к приказу Минэнерго России от «6» декабря 2022 г. № 1286

Обоснование рациональной перспективной структуры генерирующих мощностей ЕЭС России в 2 этапа

- определение состава генерирующих технологий, посредством их сопоставления по критерию LCOE;
- определение масштабов развития генерирующих технологий, посредством минимизации суммарных дисконтированных затрат на электроснабжение.



Функциональные группы и их сопоставление

Функциональные группы:

- Базовая генерация;
- ТЭЦ;
- Пиковая генерация;
- Негарантированная генерация.

Малая распределенная генерация:

- **Пиковая генерация** (МГЭС, ГТУ, комплексы ВЭС+МГЭС, СЭС+ МГЭС, возобновляемые источники энергии с резервированием мощности)
- **Негарантированная генерация** (ВЭС, СЭС)

Технологии малой распределенной генерации:

- Малые ГЭС;
- СЭС;
- ВЭС;
- ГТУ, ПГУ;
- Когенерация;
- И другие источники возобновляемой энергетики.



Формула расчета показателя удельной дисконтированной стоимости производства электрической энергии

$$LCOE_{i,r,g} = \frac{\sum_{t=1}^{T_i^{стр} + T_i^{эксп} + T_i^{дем}} \left(KB_{i,r,t} + I_{i,r,t}^{топл} + I_{i,r,t}^{пост} + Z_{i,r,t}^{дем} \right) \times (1+d)^{-t}}{\sum_{t=1}^{T_i^{эксп}} W_{i,r,t}^{опт} \times (1+d)^{-t}} = \frac{\sum \text{дисконтированные затраты за жизненный цикл}}{\sum \text{дисконтированные часы работы}}$$

где:

i – генерирующие технологии различных типов;

r – рассматриваемые территории;

g – временной интервал;

$T_i^{стр}$ - период строительства;

$T_i^{эксп}$ - период эксплуатации;

$T_i^{дем}$ - период вывода из эксплуатации;

$W_{i,r,t}^{опт}$ - полезный отпуск электрической энергии (тыс. кВт ч) в год t , равный объему ее годового производства, уменьшенному на величину потребления электрической энергии на собственные и (или) хозяйственные нужды.

$KB_{i,r,t}$ - капитальные вложения в год t (тыс. руб.);

$I_{i,r,t}^{топл}$ - топливная составляющая эксплуатационных затрат в год t (тыс. руб.);

$I_{i,r,t}^{пост}$ - условно-постоянная составляющая эксплуатационных затрат в год t (тыс. руб.);

$Z_{i,r,t}^{дем}$ - затраты на вывод из эксплуатации в год t (тыс. руб.);

d – ставка дисконтирования;

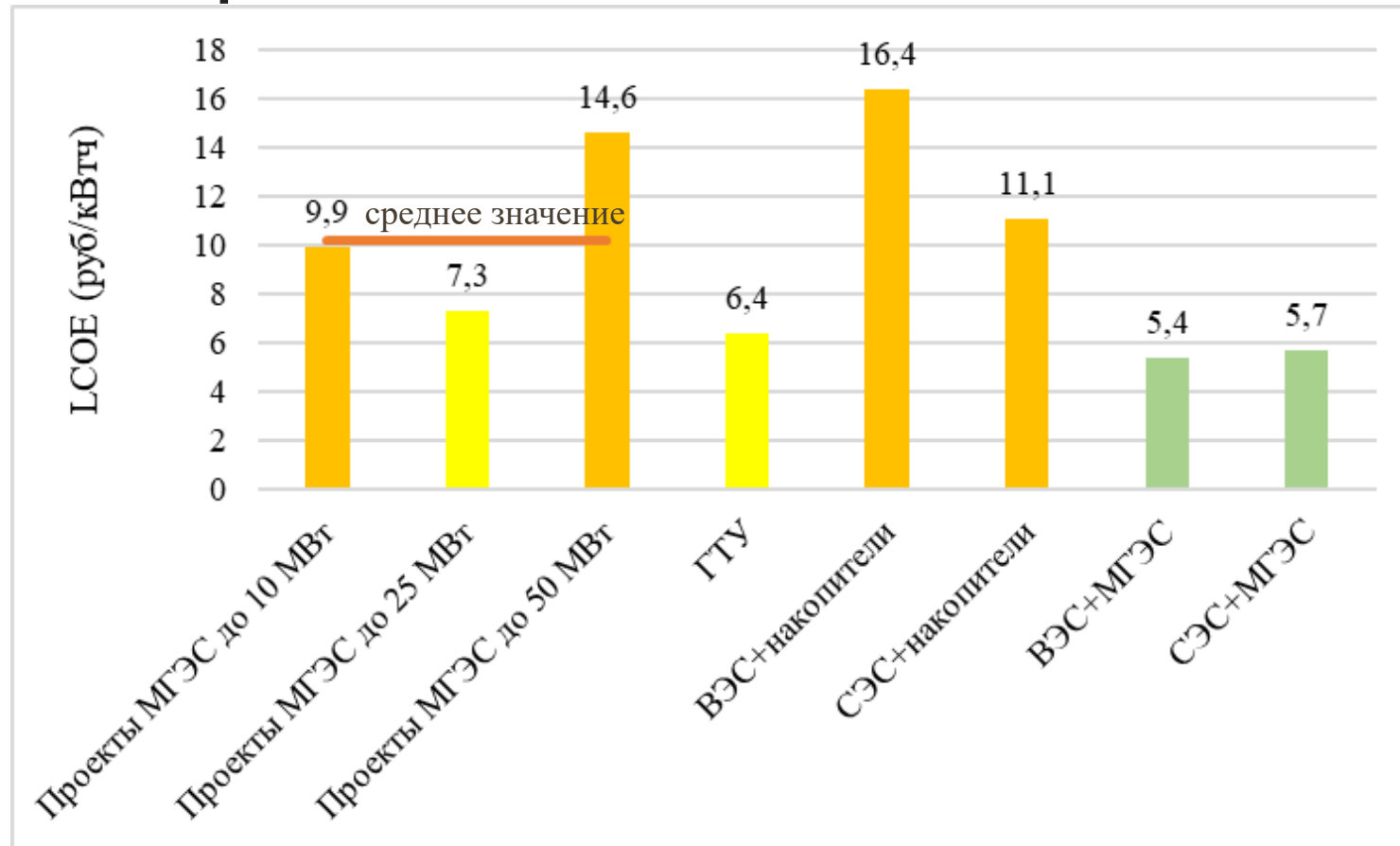


По результатам сопоставления для каждой функциональной группы выделяются технологии:

- **базовая** технология, для которой значение LCOE минимально;
- **конкурентоспособные** технологии, к которым относят технологии со значениями LCOE, не более чем на 20 % превышающими LCOE базовой технологии, либо, при отсутствии таковых, одну альтернативную технологию со значением LCOE, ближайшим к LCOE базовой технологии;
- **неконкурентоспособные** технологии, для которых значения LCOE более чем на 20 % превышают LCOE базовой технологии.



Графическое представление показателей LCOE для различных технологий генерации





Показатели LCOE по технологиям внутри функциональных групп

Функциональная группа	Наименование технологии	ЧЧУМ, ч/год	Установленная мощность, МВт	Показатель LCOE, руб/кВтч
пиковая генерация	Малые ГЭС, в том числе:	3500-5200	10-50	10,6
	Проекты до 10 МВт	5200	10	9,9
	Проекты до 25 МВт	4000-4500	25	7,3
	Проекты до 50 МВт	3500	49,8	14,6
	ГТУ	2500	25	6,1-6,7
	ВЭС+накопители	2250		14,5-18,3
	СЭС+накопители	1350		9,9-12,3
	ВЭС+МГЭС	6600	25	5,4
	СЭС+МГЭС	5600	25	5,7
негарантированная генерация	ВЭС среднее ЧЧУМ 2500 ч/год	2500		4,8-5,9
	СЭС среднее ЧЧУМ 1500 ч/год	1500		6,2-7,8
Справочно покупка ЭЭ из сети				7-8,5 *

Примечание * - по данным интернет ресурса <https://time2save.ru/tarify-na-elektroenergiu-dla-malih-predpriyatiy-i-ip>



Основные условия влияющие на изменение факторов неопределенности

Для отобранных технологий факторы неопределенности играют важную роль, так как при их изменении меняется и выбор базовых и конкурентноспособных технологий.

Цены на топливо

- изменение тарифов и конъюнктуры рынка.

Удельные капиталовложения

- выбор площадки строительства, состав оборудования.

Годовое число часов использования установленной мощности

- температурные и погодные факторы, сезонность потребления электрической энергии.



Основные выводы по результатам расчета и сравнения различных технологий

- 1) На основании расчетных данных таблицы, технологии малой распределенной генерации конкурентноспособны по сравнению с покупкой электрической энергии из сети;
- 2) Наиболее привлекательно выглядят комплексы ВИЭ+МГЭС, которые характерны низким показателем LCOE, а также эффектом гарантированной выработки благодаря резервированию;
- 3) Более детальные исследования с уточнением факторов неопределенности необходимы для наиболее эффективного и оптимального выбора технологии.



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Спасибо за внимание!



Новиков Роман Максимович
АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы».

+7 (495) 123-34-08 (доб. 2165)

ntcees.ru