



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

Снижение углеродного следа при управлении спросом в сентябре 2021 года

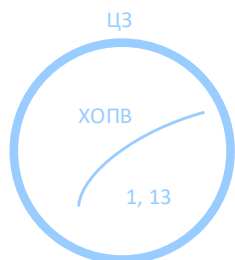
Колотовкин Д.П.



- **Эволюция методов расчета**
- **Детали математической модели уточненного метода расчетов**
- **Математическая модель целевого метода**
- **Снижение углеродного следа при DR по уточненному методу за сентябрь 2021 года**
- **Выводы**



Эволюция методов расчета



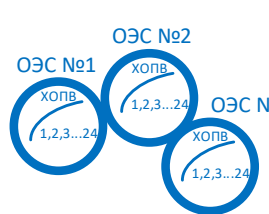
Метод №1

ХОПВ по ЦЗ
для 1 и 13 часа



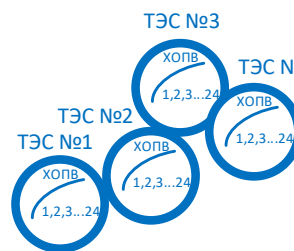
Метод №2

ХОПВ по ЦЗ
для 24 часов



Метод №3

ХОПВ по ОЭС
для 24 часов



Метод №4

ХОПВ по ТЭС
для 24 часов

Переход от укрупненных расчетов по ЦЗ к расчетам по ОЭС в методе №3 уточнил картину участия замыкающих ТЭС в покрытии суточной неравномерности, что повысило точность расчетов предельных выбросов CO₂

* ХОПВ – характеристика относительных приростов выбросов CO₂



Детали математической модели уточненного метода расчетов

Математическая модель:

$$E_{CO_2n} = \sum_{i=1}^{24} (V_{ti} \varepsilon_{tn} + \frac{V_{DRi}}{\eta_{pn} \eta_{gn}} \varepsilon_{fn} B_{fi})$$

E_{CO_2n} – изменение выбросов при DR в месяц n ;

ε_{fn} – интенсивность выбросов углерода для месяца n ;

B_{fi} – предельный УРУТ i часа;

ε_{tn} – интенсивность выбросов углерода при транспорте топлива для месяца n ;

V_{ti} – объем транспорта топлива i часа;

V_{DRi} – объем DR i часа;

η_{pn} – КПД электростанции для месяца n ;

η_{gn} – КПД сетей при передаче и распределении для месяца n

Характеристики, допущения модели:

1. Интенсивность выбросов углерода ТЭС по типу топлива рассчитана в соответствии с приказом Минприроды №300 от 30.06.2015 "Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов»;
2. Объем DR приводит к равномерному увеличению потребления в оставшиеся часы суток ровным графиком
3. под предельным УРУТ i часа понимается средневзвешенный УРУТ электростанций в рамках ОЭС, объемы которой замыкают востребованное ценовое предложение поставщиков ЦЗ

Метод №3: переход от укрупненных расчетов по ЦЗ к более точным почасовым расчетам по каждой ОЭС в отдельности



Разные методы:

- средние выбросы (average emission factor - AEF)
- предельные выбросы (marginal emission factor – MEF)
- годовые средние предельные выбросы (AEMEF)

Метод предельных выбросов (MEF) определяет для каждой ГТП характеристику относительного прироста выбросов (ХОПВ) на производство каждого последующего МВтч э/э

$$MEF_{CO_2Ni} = \frac{\varepsilon_{fNi}}{\eta_{pNi}\eta_{gNi}}; E_{CO_2} = \sum \Delta MEF_{CO_2Ni} + \sum \Delta EF_{ti}$$

E_{CO_2} – изменение выбросов при DR, т;

ΔEF_{ti} – изменение выбросов при транспорте топлива, т;

MEF_{CO_2Ni} – предельные выбросы для объема N в час i , т/МВтч;

ε_{fNi} – интенсивность выбросов углерода по типу топлива для объема N в час i , т/МВтч;

η_{pNi} – КПД электростанции для объема N в час i , о. е.;

η_{gi} – КПД сетей с учетом всех потерь при передаче и распределении в час i , о. е.

Практические расчеты [1, 2] показывают наибольшую точность расчета по методу предельных выбросов ТЭС

Для расчета ХОПВ необходима организация сбора от производителей электроэнергии данных по интенсивности выбросов по типу топлива в час i для каждой ступени ценовой заявки РСВ

1. New TAF research reveals carbon impact of electricity conservation Jimmy Lu <https://taf.ca/new-taf-research-reveals-carbon-impact-electricity-conservation/>

2. The effect of price-based demand response on carbon emissions in European electricity markets: The importance of adequate carbon prices. 2021 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921004992#b50>



Снижение углеродного следа при DR по уточненному методу за сентябрь 2021 года

Дата	Снижение выбросов 1 ЦЗ, тCO2	Снижение выбросов 2 ЦЗ, тCO2
07.09.2021	-263	-57
08.09.2021	-163	-72
14.09.2021	-239	-92
16.09.2021	-261	-86
20.09.2021	-128	-129
Итого	-1053	-436

Суммарное снижение углеродного следа при DR составило -1489 т.



Выводы

1. Переход от укрупненных расчетов по ЦЗ к расчетам по ОЭС уточнил картину участия замыкающих ТЭС в покрытии суточной неравномерности, что повысило точность расчетов предельных выбросов CO₂ по ТЭС
2. Эффективность снижения углеродного следа при DR по статистике сентября 2021 года составила 0,102 тCO₂/МВтч в 1 ЦЗ и 0,088 тCO₂/МВтч во 2 ЦЗ (коэффициент short-run marginal emission factor SR_MEF).
3. Ключевой фактор, который оказывает влияние на картину выбросов при DR – профиль компенсации объемов потребителями после DR



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

Частота в ЕЭС, Гц

50,000

member of



[О компании](#)

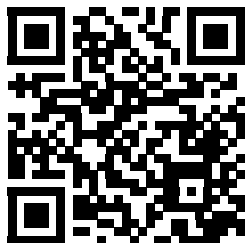
[Деятельность](#)

[Филиалы и представительства](#)

[Новости](#)

[Контакты и реквизиты](#)

[ЕЭС России](#)



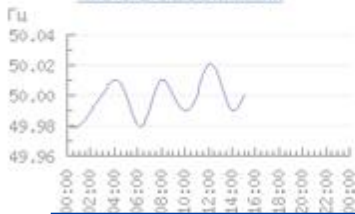
www.so-ups.ru

Оперативная информация о работе ЕЭС России



Индикаторы ЕЭС

Частота в ЕЭС России



Температура в ЕЭС России



Новости Системного оператора

12.08.2021 11:44

Росстандарт благодарит Системного оператора Единой энергетической системы за внимание к системе стандартизации в отрасли

Руководитель Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) Антон Шалзев направил благодарственное письмо в адрес Первого заместителя Председателя Правления АО «СО ЕЭС», председателя технического комитета по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика» Сергея Павлушко

11.08.2021 09:19

Системный оператор и субъекты электроэнергетики Карелии и Мурманской области успешно завершили комплексные испытания

Спасибо за внимание

