



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

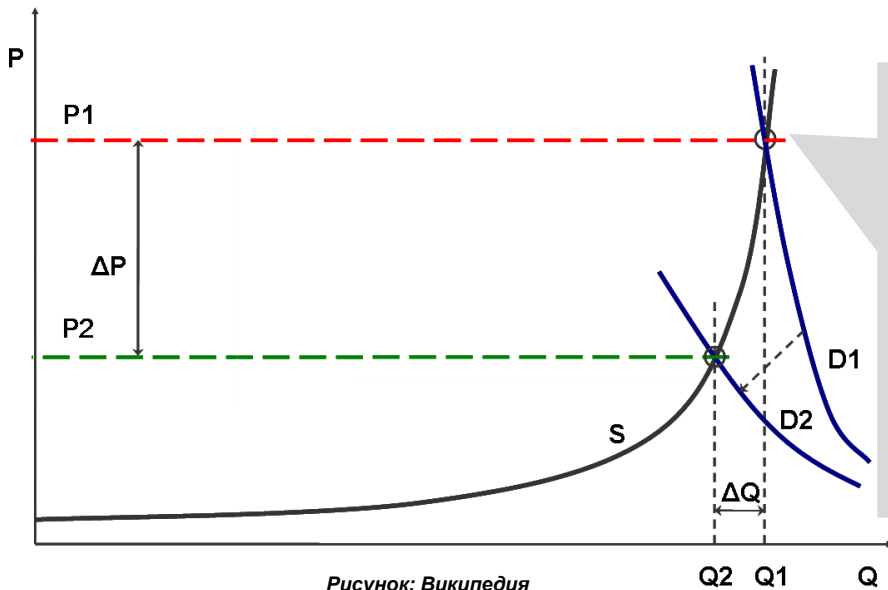
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

**О механизме управления спросом на электроэнергию. Пилотный проект по вовлечению потребителей розничного рынка электроэнергии в управление спросом на электроэнергию. Методы контроля исполнения обязательств по разгрузке.**



# Управление спросом на электроэнергию

**Управление спросом на электроэнергию (англ. Demand Response)** – это изменение потребления электроэнергии конечными потребителями относительно их нормального профиля нагрузки в ответ на изменение цен на электроэнергию во времени или в ответ на стимулирующие выплаты, предусмотренные для того, чтобы снизить потребление в периоды высоких цен на электроэнергию на оптовом рынке или когда системная надежность под угрозой. Управление спросом может снижать цены на электроэнергию на оптовом рынке, что, в свою очередь, приводит к снижению цен на розничном рынке.



Управление спросом является эффективным инструментом снижения цен на рынке электроэнергии в пиковые часы, когда для покрытия спроса на электроэнергию привлекаются менее эффективные генерирующие объекты. При этом относительно небольшое снижение потребления может привести к существенному снижению цены на электроэнергию.

Рисунок: Википедия



# Фундамент для развития механизма для потребителей розничного рынка

3

Постановлением Правительства от 20.03.2019 №287 Министерству энергетики Российской Федерации поручено провести анализ результатов пилотного проекта и представить до 1 сентября 2020 г. предложения о целесообразности дальнейшего применения и развития указанного механизма. Подготовлены предложения по продлению пилотного проекта на 2021 год

Дорожная карта по совершенствованию законодательства по направлению Энерджинет, **утвержденная распоряжением Правительства от 09.06.2020 №1526-р**, предусматривает подготовку и выпуск НПА для реализации целевой модели управления спросом на электроэнергию.

**Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года**, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р, в комплекс ключевых мер, обеспечивающих решение задачи электроэнергетики, включено внедрение механизма управления спросом на электроэнергию. В перечень мер, направленных на развитие рыночных механизмов и усиление роли потребителей на рынках электрической энергии (мощности) и системных услуг включена разработка рыночных механизмов, стимулирующих потребителей к активному участию в формировании розничного рынка электрической энергии (управление спросом посредством участия в регулировании графика нагрузки), с применением в том числе технологии хранения и аккумулирования электрической энергии и ее воспроизводства.

**Планируемый объем управления спросом в ЕЭС России: 4 ГВт к 2025 году и 6 ГВт к 2035 году**



# Постановление Правительства от 20 марта 2019 № 287

4



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 20 марта 2019 г. № 287

МОСКВА

О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования агрегаторов управления спросом на электрическую энергию в Единой энергетической системе России, а также совершенствования механизма ценозависимого снижения потребления электрической энергии и оказания услуг по обеспечению системной надежности

Правительство Российской Федерации **п о с т а н о в л я е т** :

1. Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования агрегаторов управления спросом на электрическую энергию в Единой энергетической системе России, а также совершенствования механизма ценозависимого снижения потребления электрической энергии и оказания услуг по обеспечению системной надежности.

2. Федеральной антимонопольной службе в срок до 1 июня 2019 г.:  
внести изменения в методические указания по расчету цен (тарифов) и предельных (минимальных и (или) максимальных) уровней цен (тарифов) на услуги по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике в части учета затрат на организацию отбора и оплату услуг по управлению спросом на электрическую энергию;

пересмотреть на второе полугодие 2019 г. предельный максимальный уровень цен (тарифов) на услуги по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике, оказываемые акционерным обществом "Системный оператор Единой энергетической системы", в части организации отбора исполнителей и оплаты услуг по обеспечению системной надежности, услуг по обеспечению вывода

В целях получения практического опыта применения новых технологий и формирования целевых параметров функционирования вновь создаваемого рыночного механизма Правительство РФ постановлением от 20.03.2019 № 287 на период 2019–2020 гг. утвержден к реализации пилотный проект агрегированного управления спросом.



**Период проведения пилотных проектов по вовлечению розничных потребителей в управление спросом с участием агрегаторов: 2019–2020 гг.**



**Объем участия розничных потребителей ограничен на уровне:**

- 50 МВт на 2019 год
- до 900 МВт на 2020 год (0,5 % от спроса на мощность)



**Предельная цена составляет:**

- 860 тыс. руб. за МВт в мес. в 1 ценовой зоне ОРЭМ (Европейская часть России)
- 693 тыс. рублей во 2 ЦЗ (Сибирь)

## Системный оператор

- Проводит конкурентные отборы агрегаторов управления спросом и заключает с ними договоры оказания услуг
- Получает уведомления от агрегаторов о готовности потребителей к разгрузке на предстоящие сутки
- Взаимодействует с инфраструктурой ОРЭ для учета объемов разгрузки в расчетных системах РСВ
- Уведомляет агрегаторов о востребованности разгрузки в конкретный час
- Контролирует исполнение обязательств агрегатора по снижению потребления

## Агрегатор управления спросом

- Формирует агрегированные объекты управления – ищет потребителей, имеющих техническую возможность перераспределения потребления внутри суток и экономическую заинтересованность в оказании услуг
- Представляет консолидированных потребителей при взаимодействии с инфраструктурой оптового рынка
- Распределяет долевое участие в разгрузке в конкретный час между конечными потребителями, входящими в объект агрегированного управления
- Контролирует исполнение обязательств со стороны потребителей и организует финансовые расчеты

## Потребитель розничного рынка

- Выбирает агрегатора управления спросом и заключает договор оказания услуг
- Совместно с агрегатором управления спросом оценивает технологические возможности по разгрузке и формирует оптимальный сценарий участия в управлении спросом
- Уведомляет агрегатора о готовности к разгрузке в конкретные сутки
- Исполняет обязательства по снижению потребления
- Получает плату за оказанные услуги

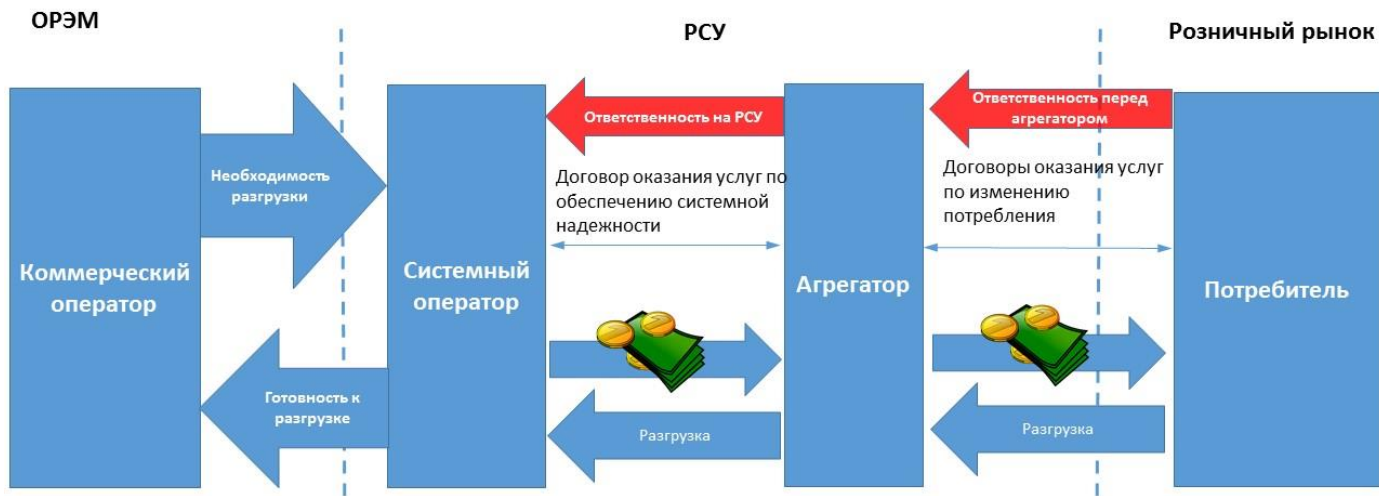
**Источник финансирования:** дополнительные средства, включаемые ФАС России в состав тарифа Системного оператора на услуги оперативно-диспетчерскому управлению в части обеспечения системной надежности.



# Пилотный проект. Модель взаимодействия субъектов

6

- Потребитель заключает договор оказания услуг по изменению нагрузки с агрегатором управления спросом
- Имея договор с потребителем, агрегатор получает возможность принять участие в конкурентном отборе исполнителей услуг по управлению спросом. Организатором конкурентного отбора является Системный оператор
- В случае успешного прохождения конкурентного отбора агрегатор заключает с Системным оператором договор оказания услуг по управлению спросом





# Пилотный проект. Предмет договора

## Услуги по управлению спросом

Деятельность Исполнителя по поддержанию готовности к снижению потребления электрической энергии объектов агрегированного управления спросом при возникновении событий управления спросом в соответствии с заявленным объемом и длительностью периода снижения потребления объекта (объектов) агрегированного управления спросом.

## Объект агрегированного управления спросом

Совокупность энергопринимающих устройств потребителей, участвующих в групповом управлении изменением нагрузки, используемая агрегатором для оказания услуг по управлению спросом в качестве единого объекта.

*В объект агрегированного управления спросом могут быть объединены только энергопринимающие устройства потребителей, участвующих в групповом управлении изменением нагрузки, электрическая энергия и мощность для которых приобретается на оптовом рынке с использованием одной группы точек поставки участника оптового рынка.*

## Параметры

- **Количество разгрузок в месяц:** от 1 до 5
- **Продолжительность разгрузки:** 2 или 4 часа подряд по выбору исполнителя
- **Объем снижения потребления:** заявляется исполнителем
- **Объем оказанных услуг:** определяется по формуле, учитывающей количество дней готовности и количество успешных разгрузок



**Срок действия договора – 3 месяца**

Для целей организации контроля исполнения обязательств по разгрузке **агрегатор в составе заявки на отбор подает полный перечень потребителей, входящих в объект агрегированного управления спросом, а также перечень приборов учета электрической энергии, включенных в состав измерительных комплексов, систем учета, показания которых используются при определении объемов потребления (производства) электрической энергии (мощности) на розничных рынках.**

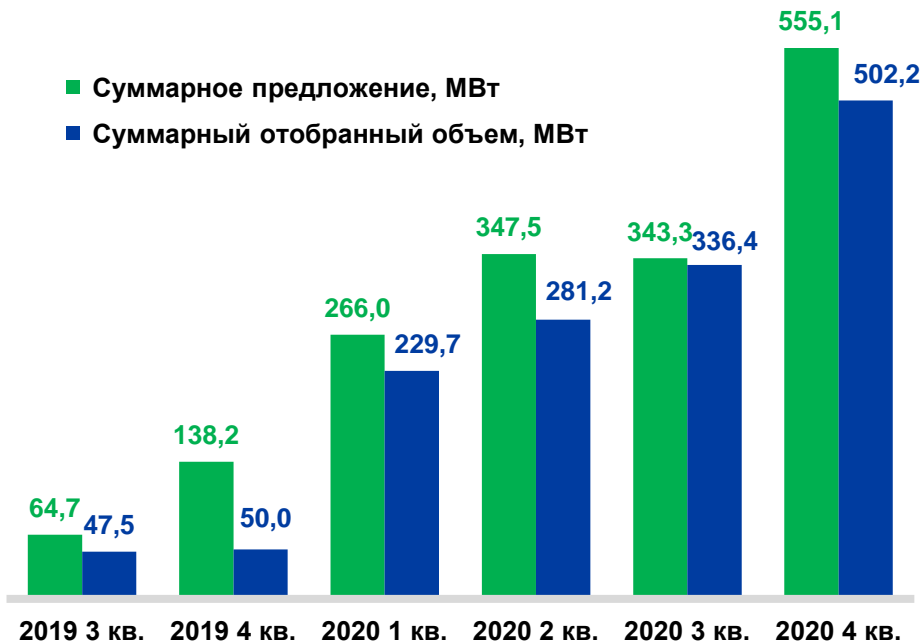
- **АТС инициирует «срабатывание» механизма**
- **Системный оператор получает верифицированные показания приборов учета по каждому потребителю независимо от агрегатора**
- **Расчет объема разгрузки проводится по каждому потребителю, включенному в состав объекта агрегированного управления спросом, на основании формализованных математических методов**
- **Контроль исполнения обязательств проводится по агрегированному объекту в целом**
- **Если в течение месяца критерии не сработали, то производится обязательное тестирование в любой день с 25 числа и до окончания месяца**
- **Оплата производится только за фактически оказанный объем услуг**



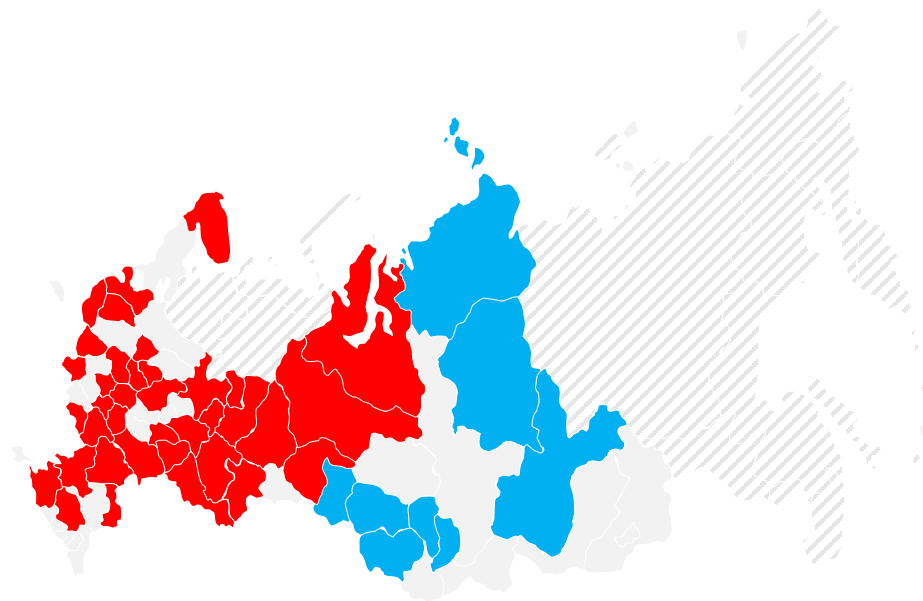


# Динамика объемов управления спросом и регионы присутствия

## Динамика управления спросом



## География участия



Рост объема с 50 МВт до 502 МВт за 1,5 года.

Более 50 регионов присутствия



# Востребованность механизма

10

- 70 компаний агрегаторов приняли участие в пилотном проекте
- Более 300 объектов управления, каждый из которых состоит из одного или нескольких потребителей в 51 регионе РФ
- Интерес к участию в пилотном проекте проявили крупнейшие российские государственные и негосударственные компании, а также международные компании

## Энергетические компании, принимающие участие в проекте в качестве агрегаторов управления спросом



## Крупные компании, принимающие участие в проекте в качестве потребителей

### Государственные корпорации и компании



### Частные компании

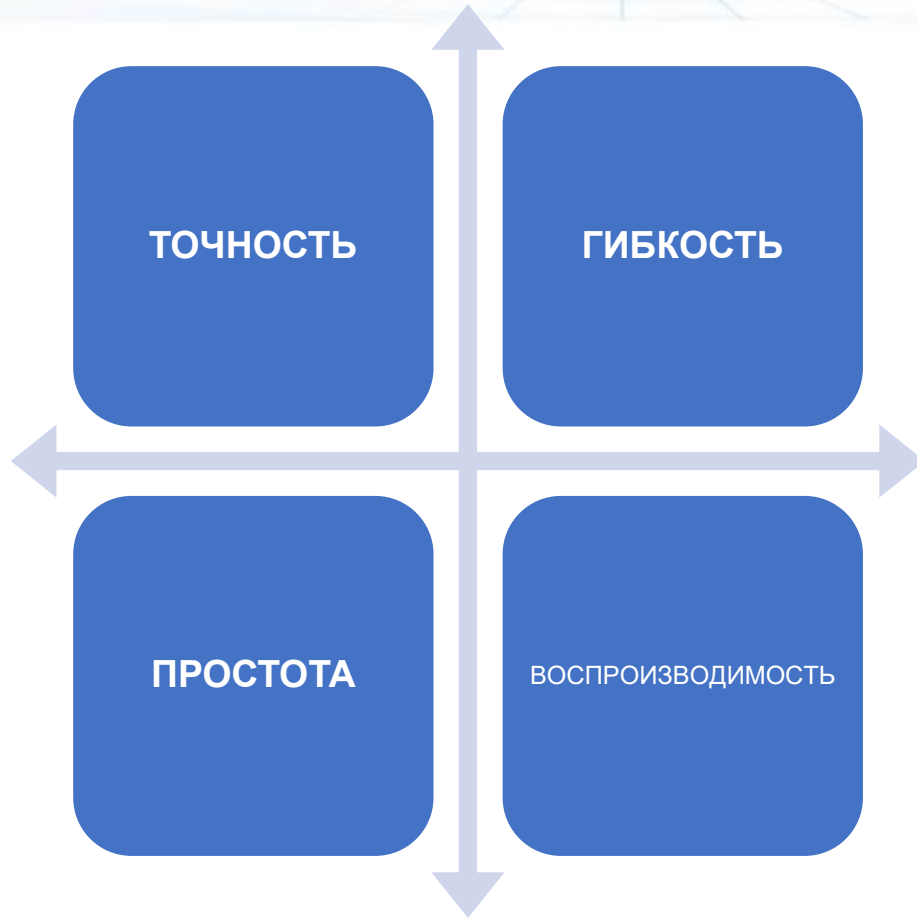


### Международные компании





## Требования к методам контроля

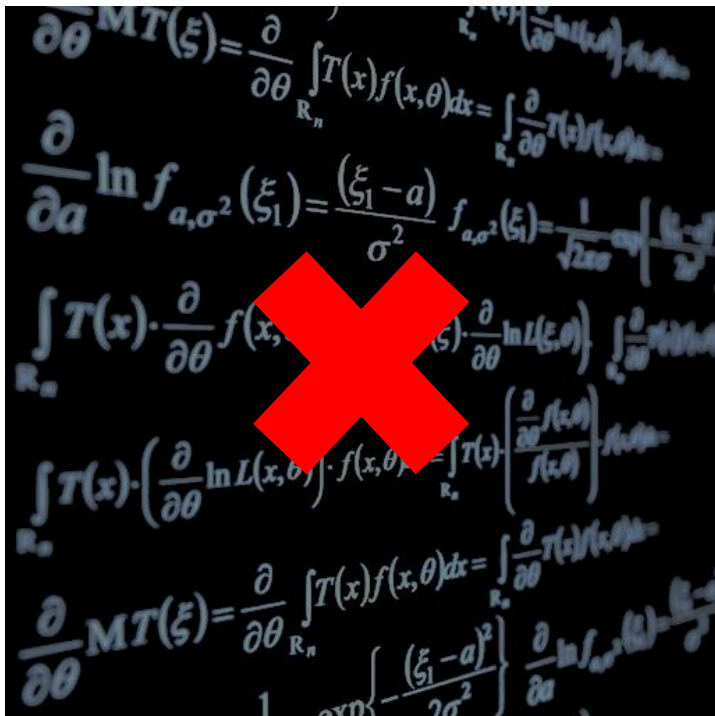


**\* Согласно стандартам «NAESB Business Practice Standards for Measurement and Verification for demand response»**



# Почему (обычно) не используются сложные математические модели

12



С учетом целевой аудитории (потребители розничного рынка) принципиально важными становятся такие качества методов как

- простота,
- воспроизводимость результатов расчетов

Кроме того, проведенные за рубежом исследования показывают, что даже существенное повышение сложности методов контроля, как правило приводит только к незначительному повышению точности методов.



Основной подход – сравнение фактической нагрузки энергопринимающего устройства с нагрузкой, которая теоретически имела бы место в отсутствие события управления спросом. Методы, реализующие такой подход:

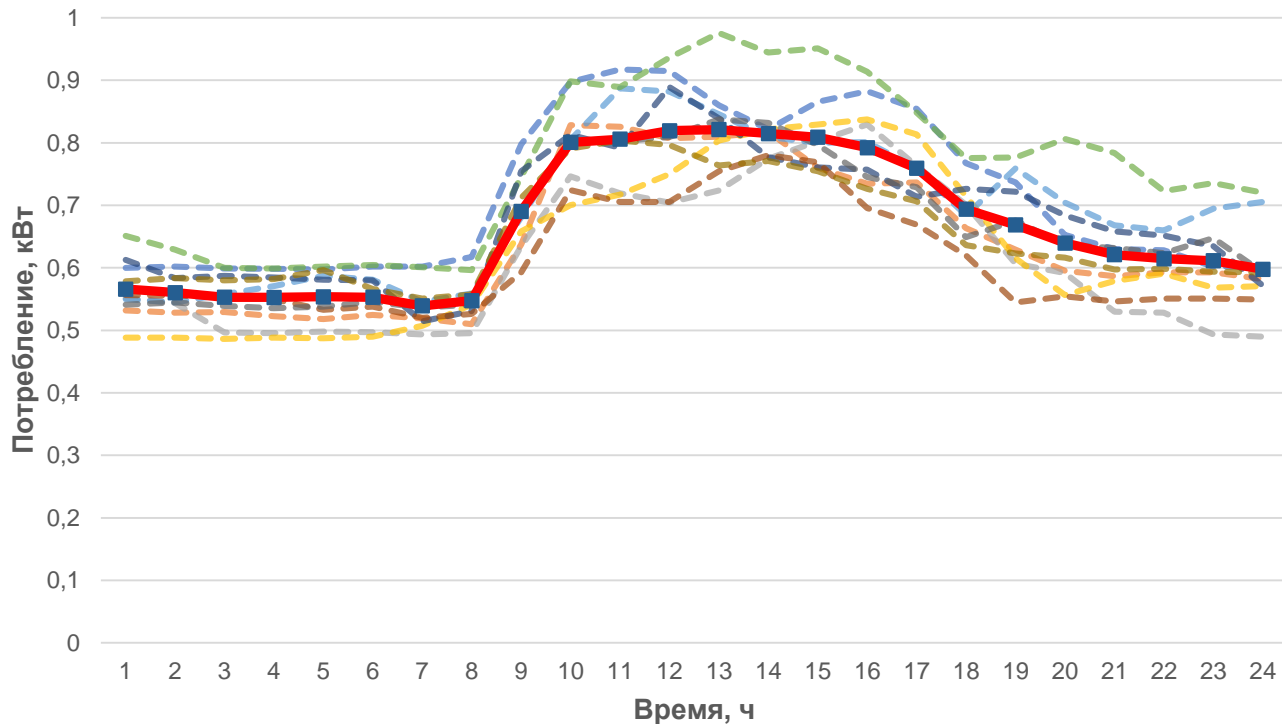
- график базовой нагрузки
- заявленный график
- максимальная базовая нагрузка

Все эти методы используют данные коммерческого учета в качестве информации о фактическом потреблении, а методы ГБН и МБН также в качестве источника информации о теоретической нагрузке в отсутствие события.



# График базовой нагрузки

Потребление за 10 дней и график базовой нагрузки

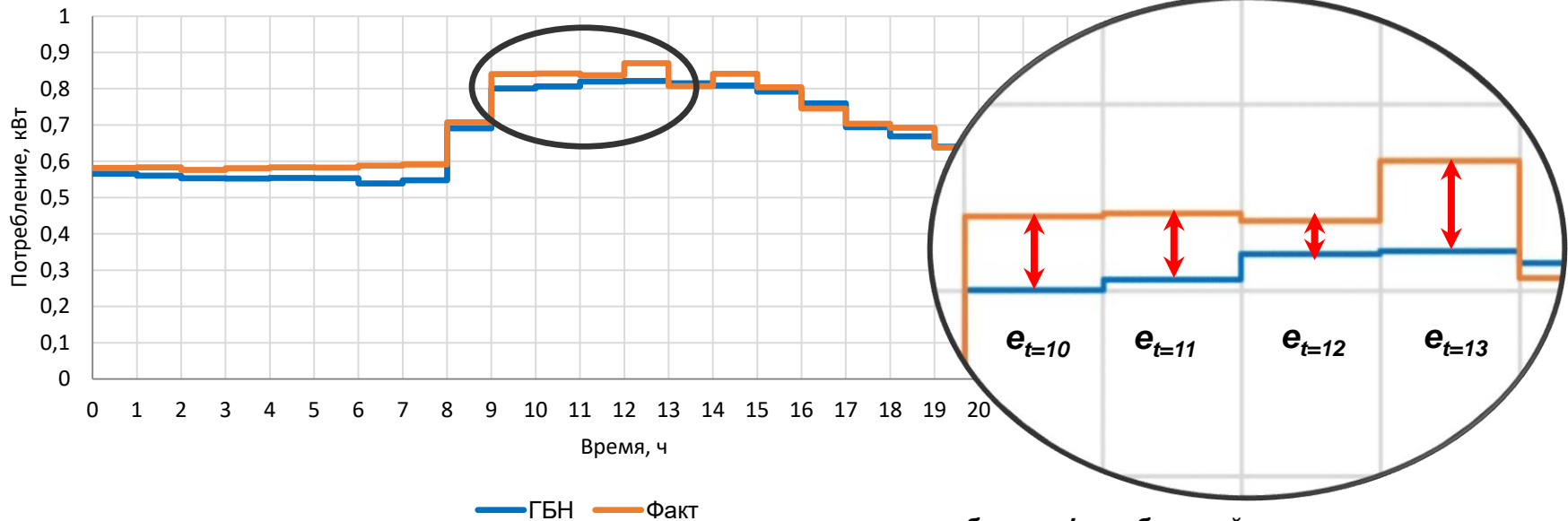


ГБН – это прогноз потребления, основанный на информации о потреблении в предыдущий период



Точность ГБН можно оценить, сравнивая ГБН с фактическим потреблением в те дни, когда события управления спросом отсутствуют

График базовой нагрузки и фактическое потребление



$e_t$  – ошибка графика базовой нагрузки



# Характеристики точности: множество ошибок за период (1)

16

	$e_t$													
03.10.2019	-107,9	-67,9	-24	-11	-5,8	11,6	25,2	-36,3	-65,6	-31,1	-46,5	-28	-75,4	-60,1
04.10.2019	-49,6	-36,7	-54,4	-185,6	-111,7	-24,3	72,3	11,3	-26,2	11,3	13,3	-26,4	-10,8	-13,1
07.10.2019	-74,9	-31	38,2	23,1	-27,7	-11,6	-35	-3,2	66,3	86,5	108,8	97,2	28,6	54,8
08.10.2019	67,2	138,5	91,8	86	70,8	89,6	1,3	-52,3	-61,8	-42,9	-37,6	-23,9	-37,8	1,2
09.10.2019	-18,4	57,7	37,2	16,3	-44,3	12,4	44,2	63	132,9	69,1	43,6	51,1	53,3	43,2
10.10.2019	83,3	69,1	111,5	144,3	90,8	112,3	122,3	119,4	141,6	91,9	142,8	69,1	46,8	98,8
11.10.2019	142,5	168,8	117,5	149	163,1	165,8	124,1	166,4	175,8	187,1	146,3	150	88,6	97,5
14.10.2019	15,6	-21,2	32,4	43,6	38,7	96,7	107,4	35,1	-1,2	39	14,2	13,7	17,3	33,2
15.10.2019	-1,5	-17,7	-58,4	-74	-73,3	-8,6	51,3	84,1	105,6	65,4	55	-6,8	18,9	-24,2
16.10.2019	57,5	20,5	-98,2	-63,9	-9,9	88,2	103,9	114,5	110,3	120,9	70	6,5	-19	30,8
17.10.2019	61,8	25,6	16,8	120,3	125	106,2	60,4	53,1	41,4	29,7	13,1	150,1	135,1	114,9
18.10.2019	90,9	86,4	112,3	107,4	171,4	233,8	196,8	203,3	147,5	114,2	101,7	147,7	226,4	222,7
21.10.2019	5,7	80,7	-2,8	-32,1	89,2	49,5	-10,2	-33,9	-51,7	-53,4	30,1	63,6	64,4	55,9
22.10.2019	-11,6	-116,2	-104	-130,6	-131,3	-62,9	-22,3	-33,7	-121,9	-101,1	-90,3	-138,2	-88,3	-76,9
23.10.2019	3,6	6,5	-5,2	-11,1	-6,5	27,6	24	-17,2	-73,3	-40,1	-62,9	8	-0,8	15,2
24.10.2019	12,1	26	-20,5	-12,8	-30,4	-68,1	-53,9	-67,6	-86,4	-65,4	-76,8	-55	-25,4	-29,5
25.10.2019	47,8	18,5	43,2	39,5	19,6	53,6	-8,4	35,2	12,5	-15,2	10,9	26,4	-1,8	-35,2
30.10.2019	-80,3	-32,6	-6,5	20,8	-65,9	-151,5	-171,8	-186,1	-174,8	-182,2	-152,1	-159,8	-154,2	-158,7
31.10.2019	-88,1	-98,2	-128,2	-104,3	-50,8	-51,7	-82,2	-83,6	-192,8	-160,3	-106,5	-140,7	-112,5	-169,2





- Совокупность ошибок можно описать различными способами. Например, посчитать среднее арифметическое
- В договоре используются две характеристики:
  - RMSE – среднеквадратическое отклонение ошибки
  - RRMSE – относительное среднеквадратическое отклонение

$$\text{RRMSE} = \text{RMSE} / C,$$

где  $C$  – среднее потребление за период

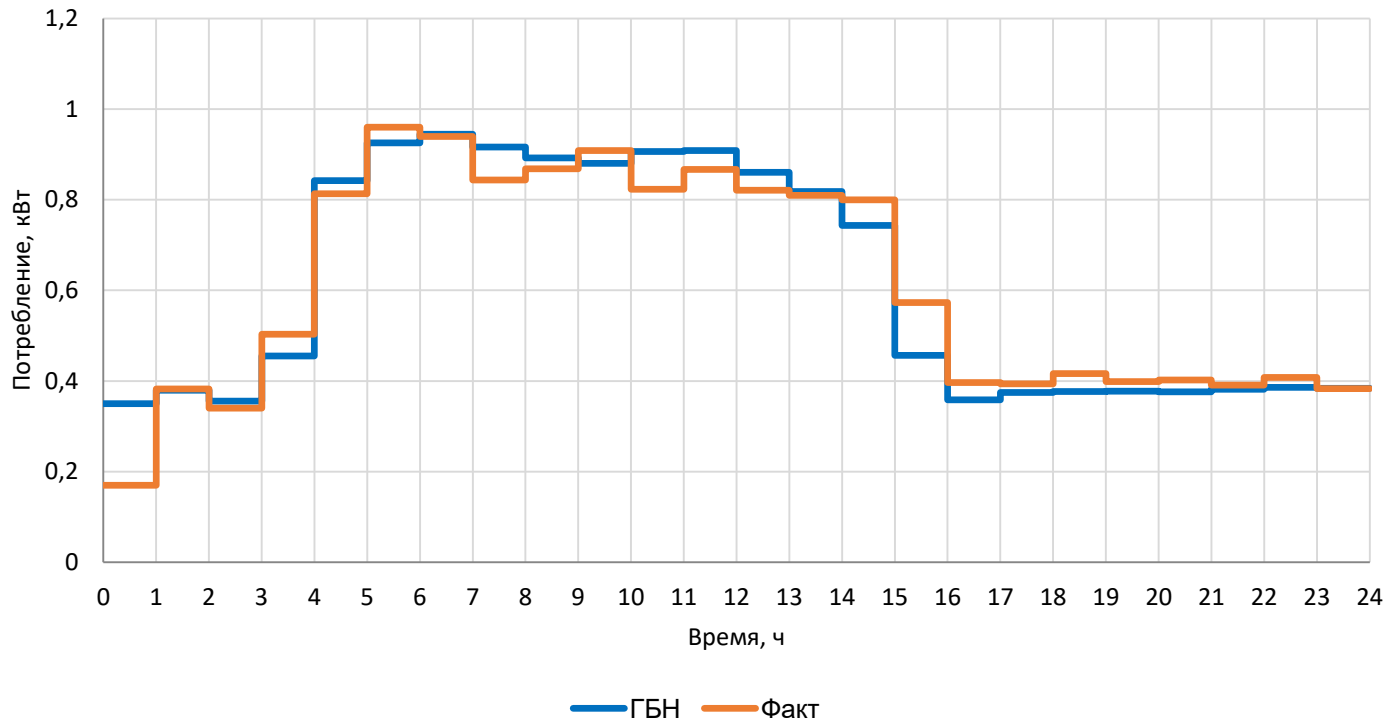
- RRMSE – безразмерная величина, ее удобно нормировать. Договором установлено требование  $\text{RRMSE} \leq 0,2$  (т.е. среднеквадратическое отклонение ошибки не должно превышать 20% от среднего потребления)



# Пример 1: график базовой нагрузки

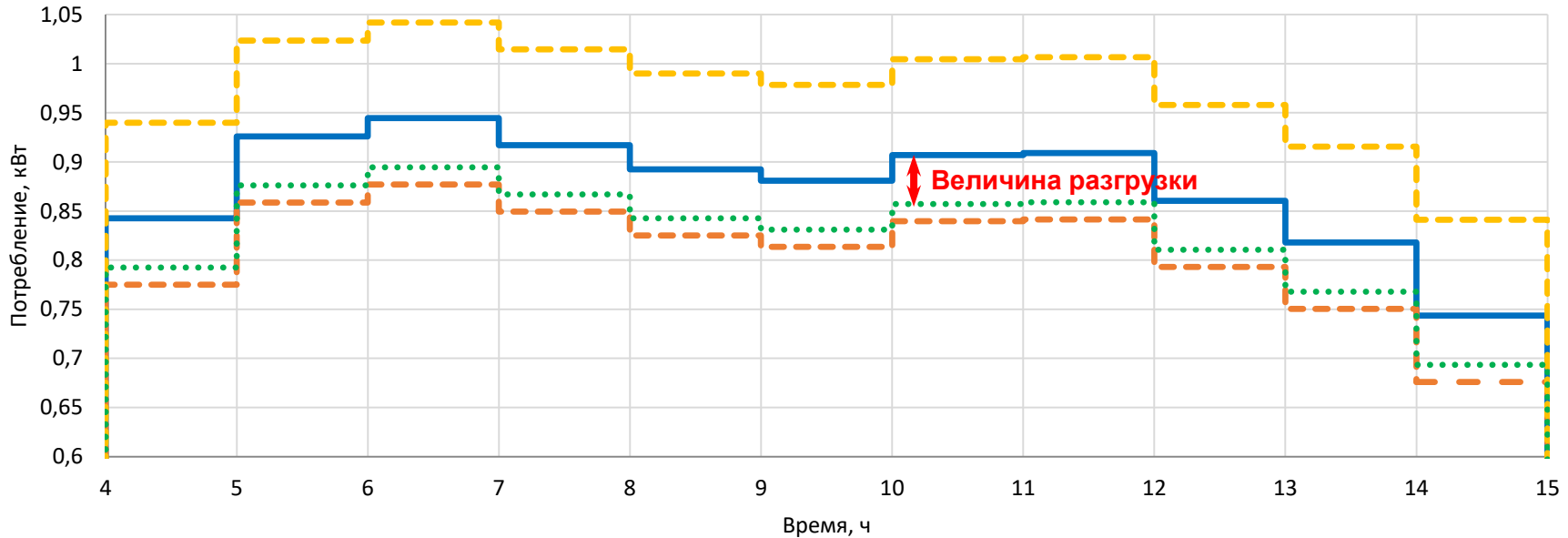
18

График базовой нагрузки и фактическое потребление



# Пример 1: график базовой нагрузки (детализация)

График базовой нагрузки и фактическое потребление



— ГБН    - - - - Нижняя граница ошибки    - - - - Верхняя граница ошибки    ····· Нагрузка с учетом требуемого снижения потребления

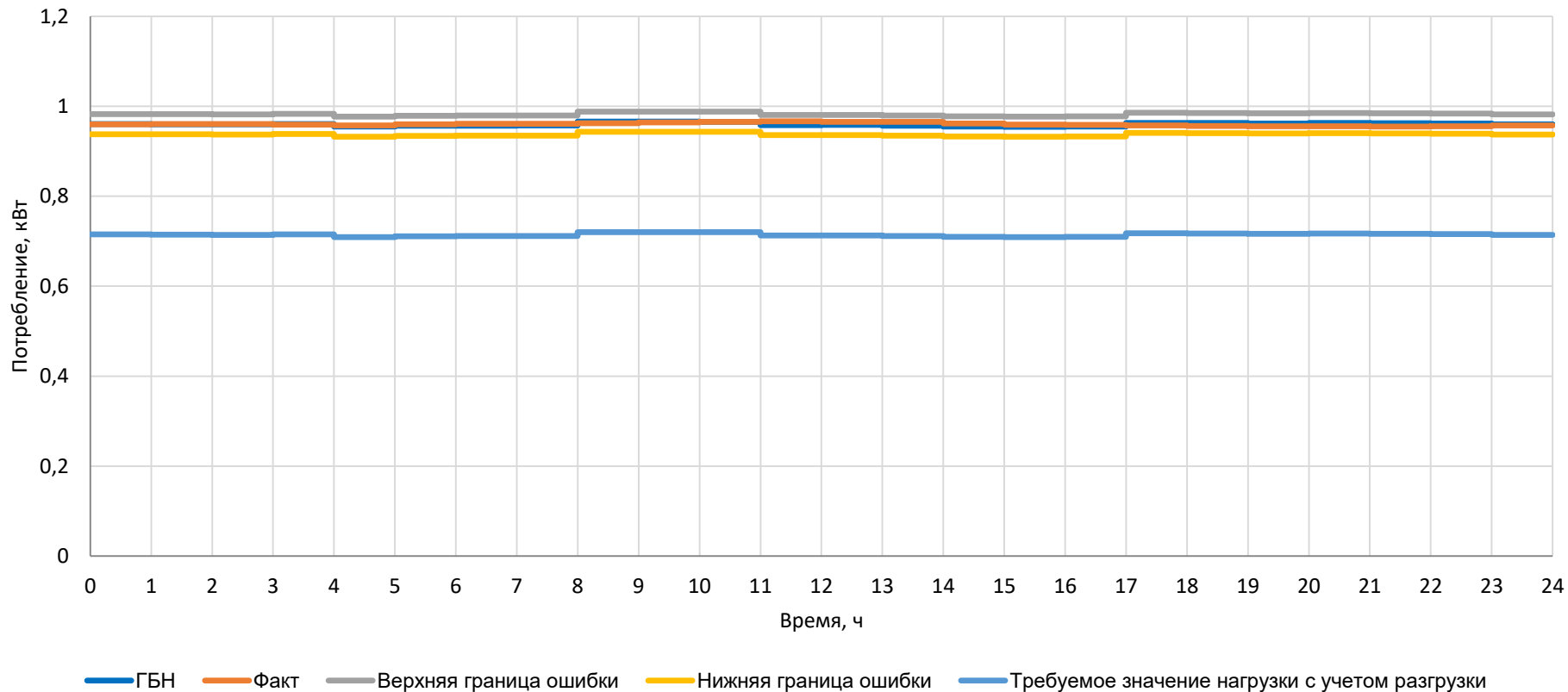
указаны ошибки в пределах одного среднеквадратического отклонения, распределение ошибок несимметричное



## Пример 2: график базовой нагрузки

20

График базовой нагрузки и фактическое потребление

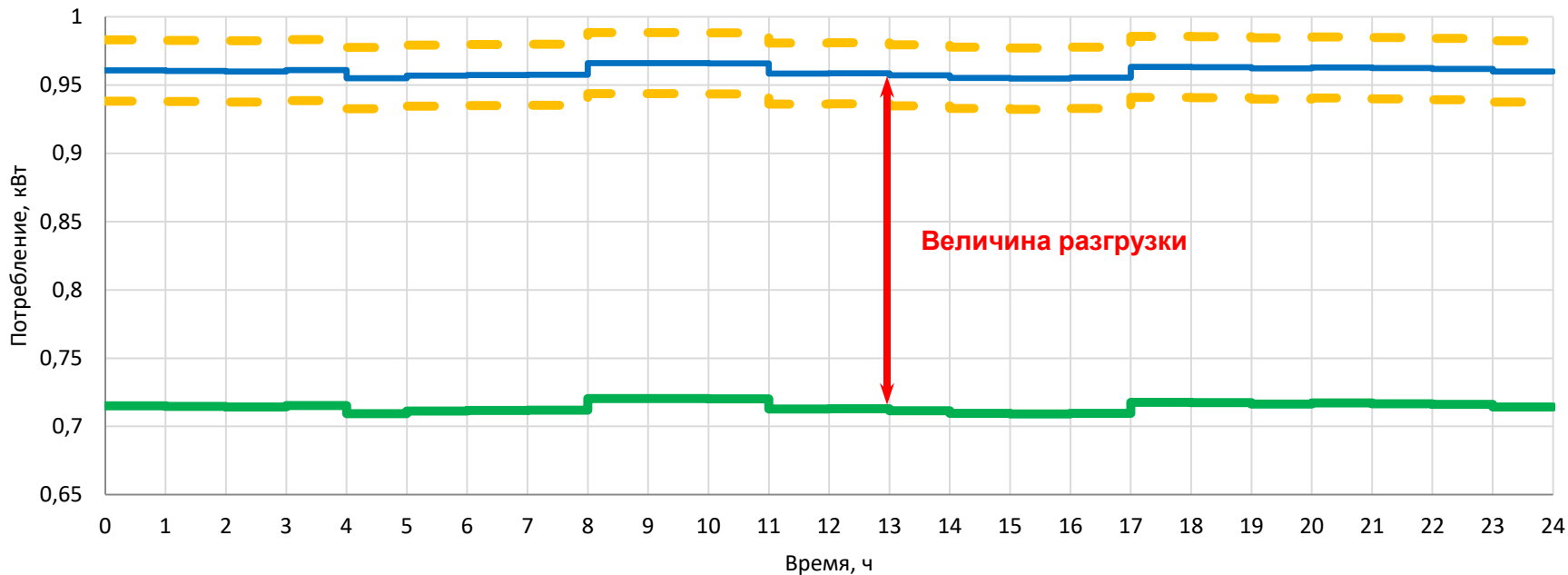




## Пример 2: график базовой нагрузки (детализация)

21

График базовой нагрузки и фактическое потребление



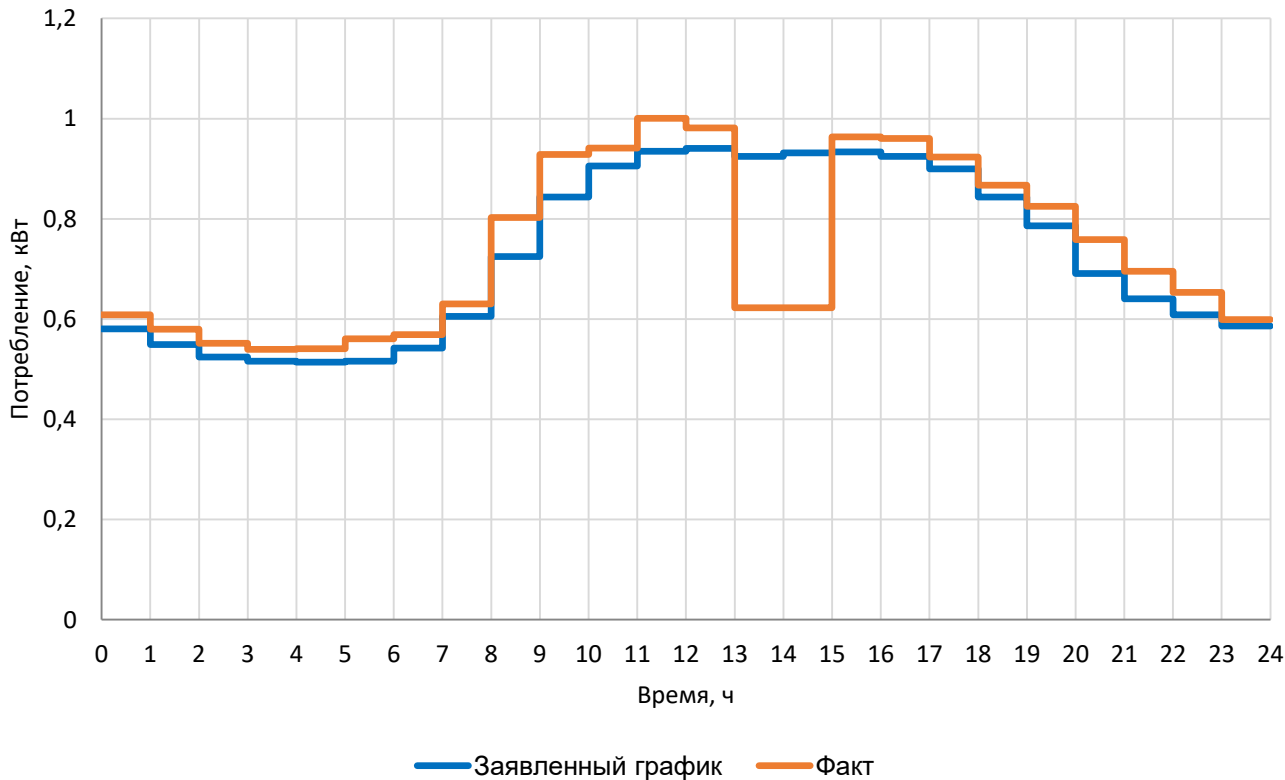
— ГБН    — Верхняя граница ошибки    — Нижняя граница ошибки    — Требуемое значение нагрузки с учетом разгрузки



- Подходит значительному количеству (возможно – большинству) потребителей
- Адаптивный – позволяет варьировать параметры (размер окна, тип подстройки и т.д.) в зависимости от характера нагрузки потребителя
- Очень простой
- Устойчив к манипулированию
- Имеет обоснованные характеристики точности



Заявленный график и фактическое потребление

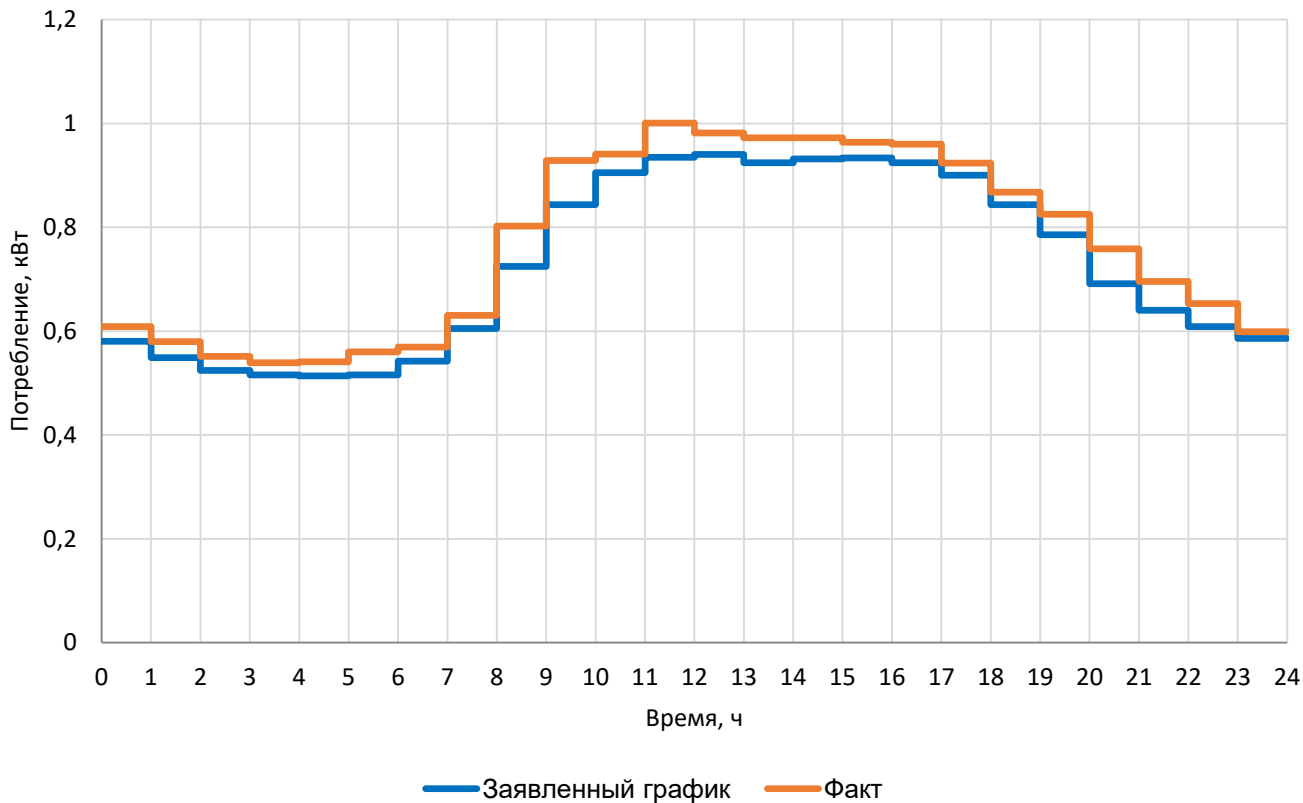


- Объем разгрузки определяется по аналогии с методом «график базовой нагрузки»
- Соблюдение заявленного графика необходимо контролировать в целях предотвращения манипулированию со стороны участников



# Контроль соблюдения заявленного графика

Заявленный график и фактическое потребление



Возможны различные подходы к контролю соблюдения заявленного графика. Один из наиболее распространенных – установление допустимого коридора отклонений. Этот подход не используется, потому что

- выбор величины коридора требует обоснования
- коридор должен быть соотнесен с заявленной величиной разгрузки (по аналогии с ошибкой ГБН)
- усложняется администрирование метода

Предлагается заявлять график нагрузки таким образом, чтобы фактическая нагрузка всегда была  $\geq$  заявленного графика





- Подходит ограниченному кругу потребителей, способных планировать собственное потребление
- Устойчивость к манипулированию может снижаться в случае, если события управления спросом хорошо прогнозируемы
- При переходе к целевой модели следует пересмотреть подход к контролю соблюдения заявленного графика в дни отсутствия события (например, установить коридор отклонения как долю от заявленного объема разгрузки)
- При сохранении прогнозируемости событий следует разработать дополнительные проверки невышения заявленного графика в дни событий



## Максимальная базовая нагрузка

26

- для исполнения обязательств нагрузка потребителя должна быть ниже максимальной базовой нагрузки (maximum baseload)
- объем снижения потребления определяется как разница между условной максимальной нагрузкой (maximum capacity value) и максимальной базовой нагрузкой

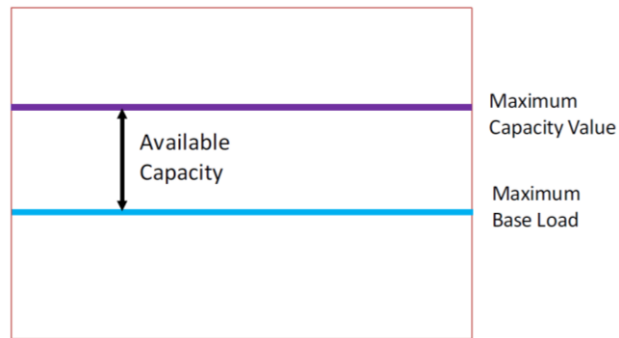


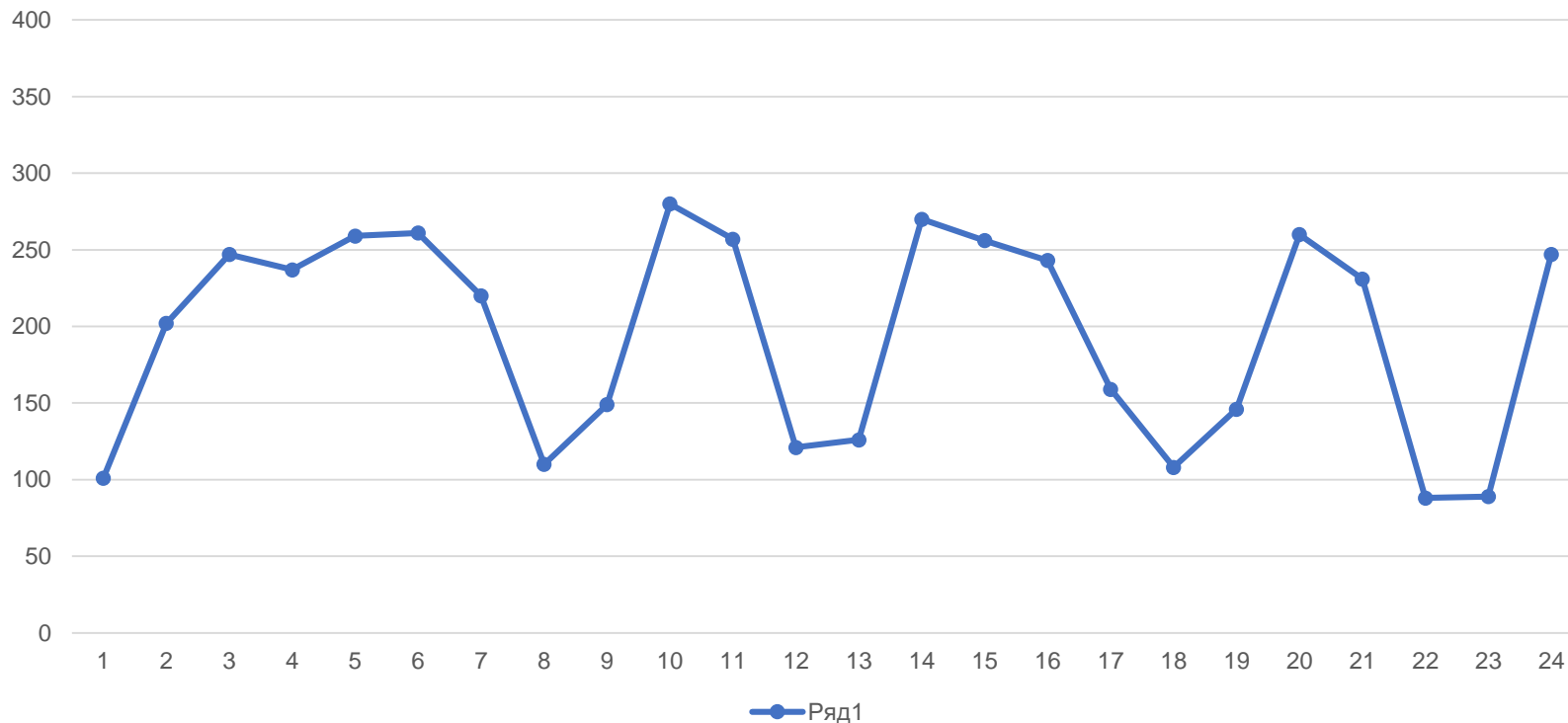
Рисунок: FERC

- величина максимальной базовой нагрузки выбирается потребителем (агрегатором)



# Максимальная базовая нагрузка (1)

Графики нагрузки 10 рабочих дней

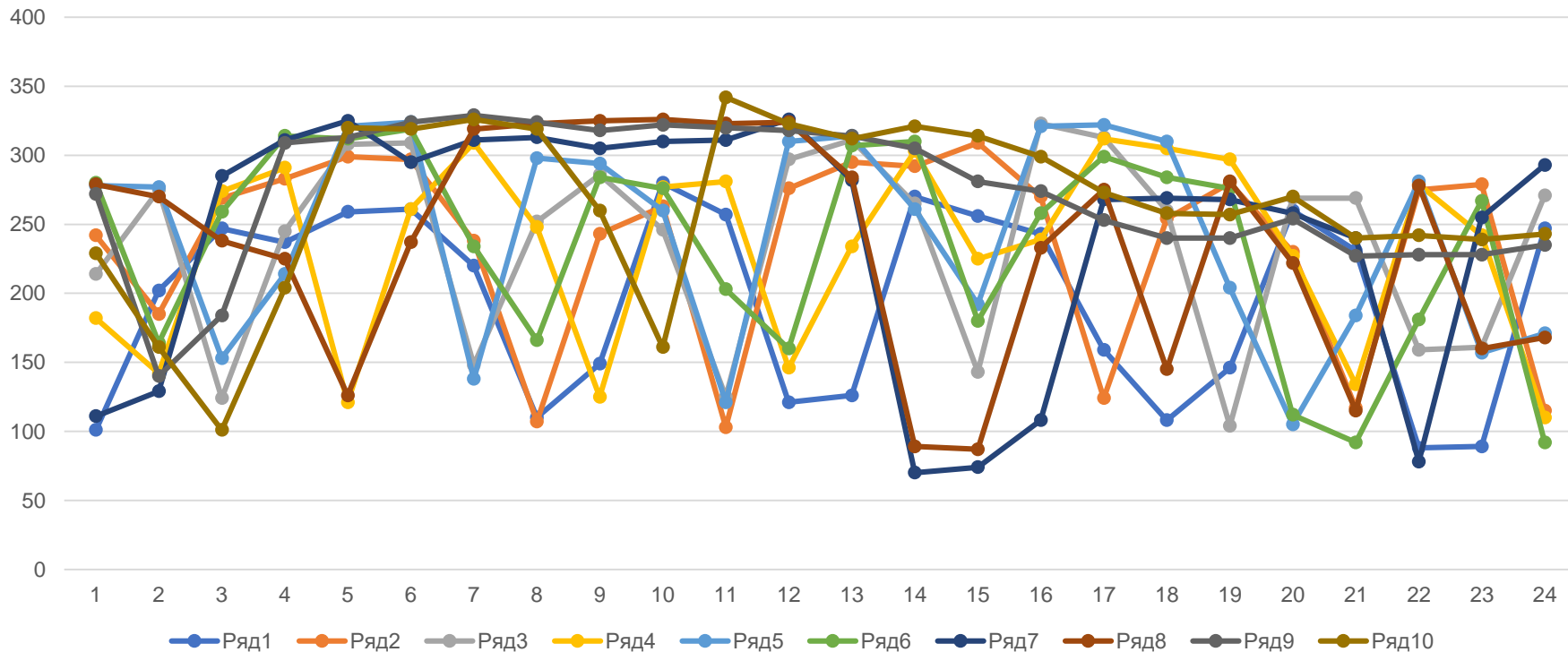




## Максимальная базовая нагрузка (2)

28

Графики нагрузки 10 рабочих дней

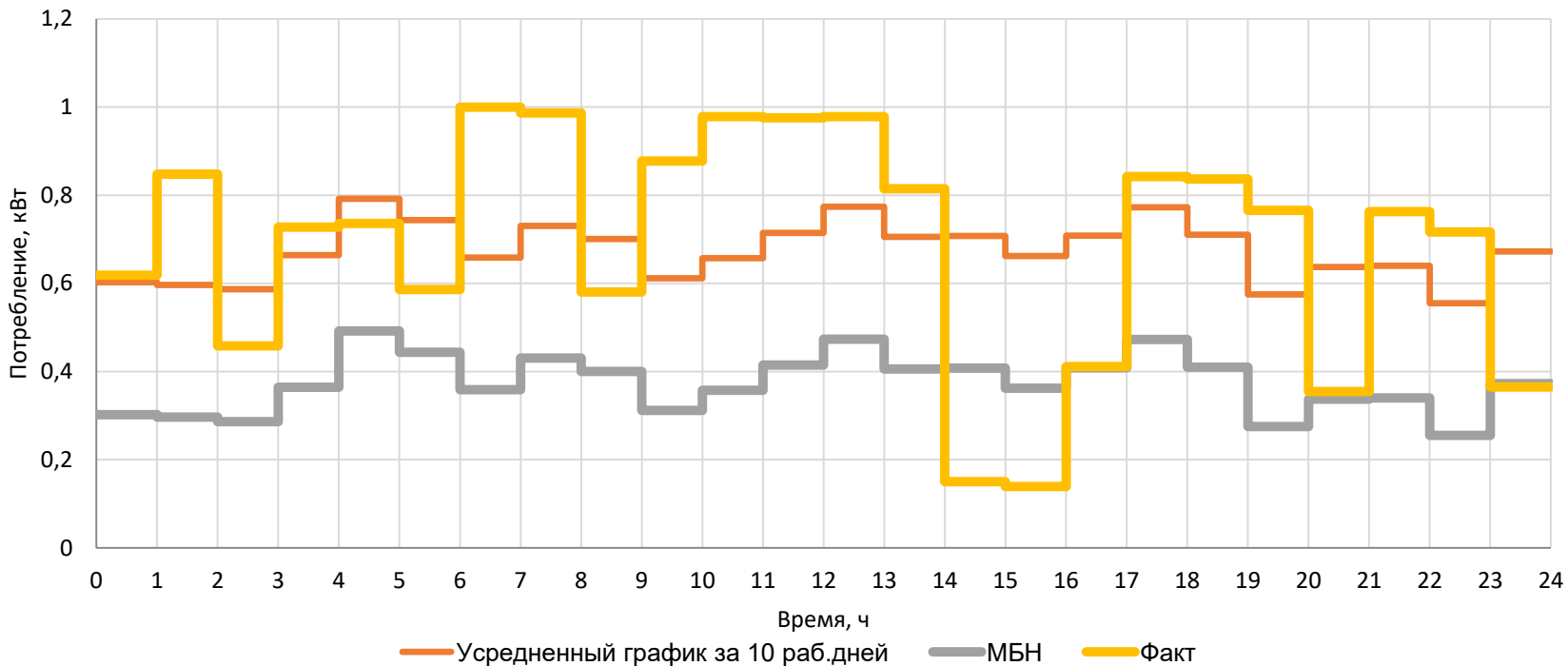




## Максимальная базовая нагрузка (3)

29

УМН, МБН и фактическое потребление





- Подходит потребителям с переменным графиком нагрузки при стабильном суточном потреблении (повторно-кратковременный или иные подобные режимы работы)
- Не разработаны критерии применимости, что обуславливает избыточно широкое применение метода
- Не разработаны характеристики точности

Указанные недостатки должны быть устранены в течение 2021 года, либо следует отказаться от дальнейшего применения метода



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Частота в ЕЭС, Гц

50,000

member of



[О компании](#)

[Деятельность](#)

[Филиалы и представительства](#)

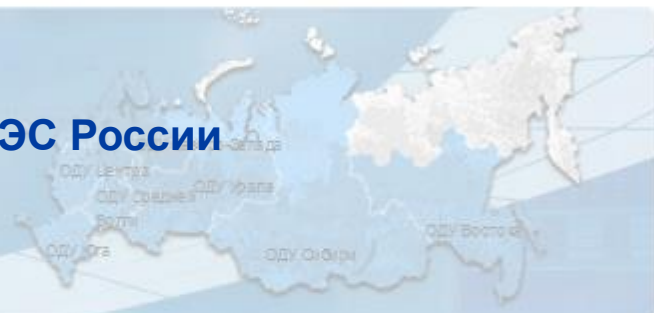
[Новости](#)

[Контакты и реквизиты](#)

[ЕЭС России](#)

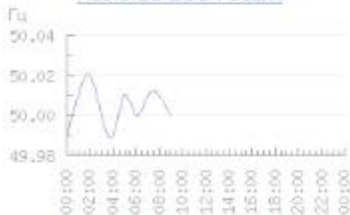
# www.so-ups.ru

## Оперативная информация о работе ЕЭС России



### Индикаторы ЕЭС

Частота в ЕЭС России



Температура в ЕЭС России



### Новости Системного оператора

31.07.2019 13:54

**Технический комитет по стандартизации «Электроэнергетика» подвел итоги работы в 2018 году и обсудил актуальные вопросы деятельности**

25 июля в АО «СО ЕЭС» состоялось очное заседание технического комитета по стандартизации ТК 018 «Электроэнергетика» Росстандарта и Межгосударственного технического комитета по стандартизации МТК 541 «Электроэнергетика».

30.07.2019 15:48

**Состоялось годовое общее собрание акционеров АО «Системный оператор Единой энергетической системы»**

В соответствии с законодательством Российской Федерации полномочия общего собрания акционеров АО «СО ЕЭС», 100 % голосующих акций которого находятся в собственности Российской Федерации, осуществляются Федеральным агентством по управлению государственным имуществом (Росимущество).

