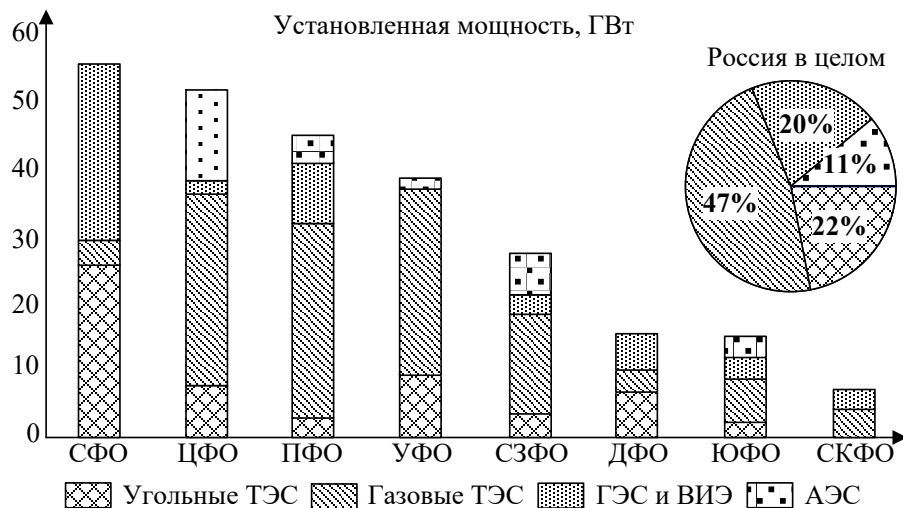
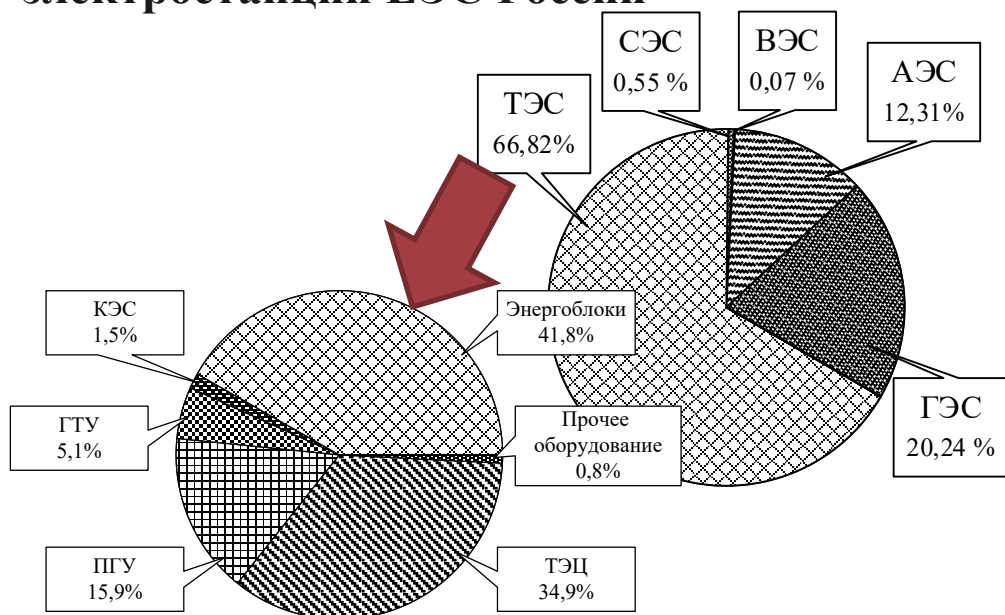




**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
ИНСТИТУТ ТЕПЛОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

"Проблемы и перспективы развития тепловой энергетики"

Структура установленной мощности электростанций ЕЭС России



В связи с особенностями климата России, ТЭЦ всегда будут актуальны для энергосистемы.

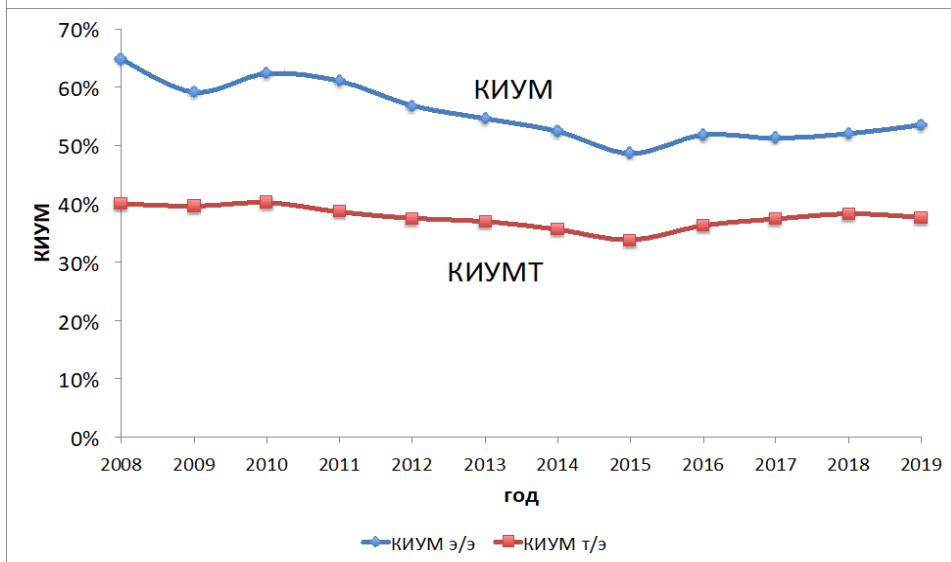
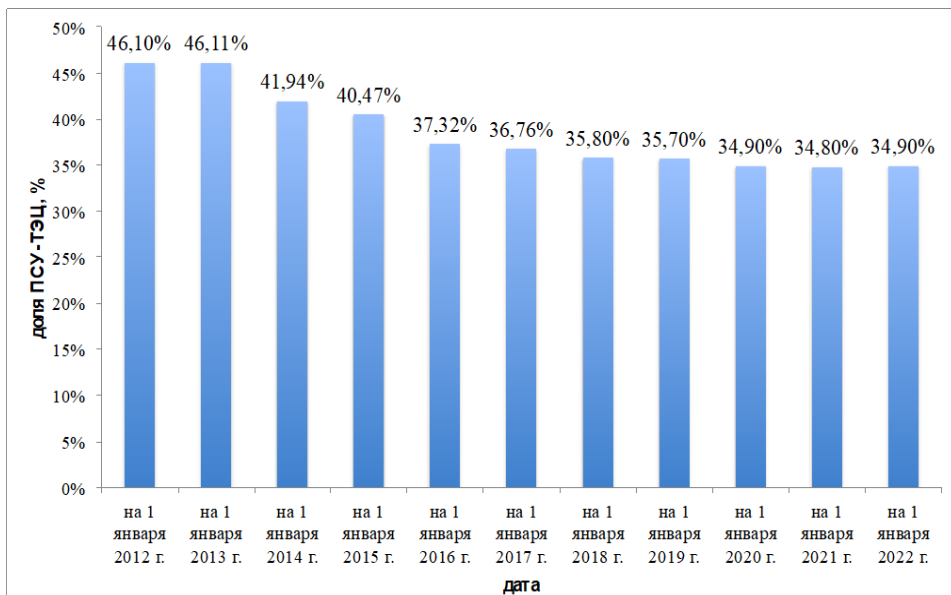
Последние 20 лет теплоэнергетика претерпела значительные изменения и вызовы:

- появились правила работы на рынках мощности ЕЭС России;
- сложилась структура энергосистемы с разбивкой по округам;
- с 2000 по 2020 гг. было введено значительное количество ГТУ и ПГУ блоков, в т.ч. и теплофикационных. Ввод составил свыше 25 ГВт или более 15 % всех установленных мощностей. Это дало возможность увеличить средний КПД и сократить выбросы вредных веществ в окружающую среду.
- активно развивается АЭС и ВИЭ, что приводит к выдавливанию из баланса мощности классическую генерацию, в т.ч. ТЭЦ и падению КИУМ;
- развивается мировой тренд по снижению вредного воздействия на окружающую среду и декарбонизацию;
- введенный маржинальный принцип ценообразования на оптовом рынке электроэнергии приводит к снижению стоимости электроэнергии за счет ввода ГТУ и ПГУ технологии по сравнению с ПТУ в конденсационном режиме.

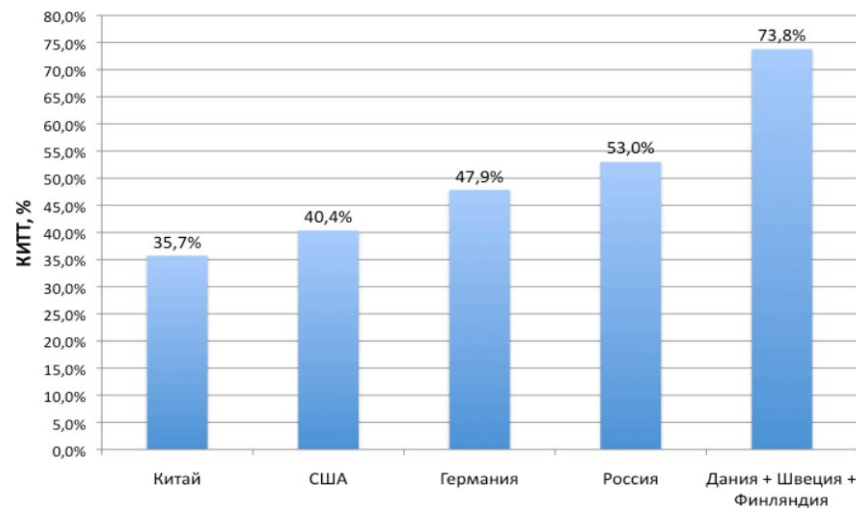
Проблемы работы ТЭЦ в современных условиях



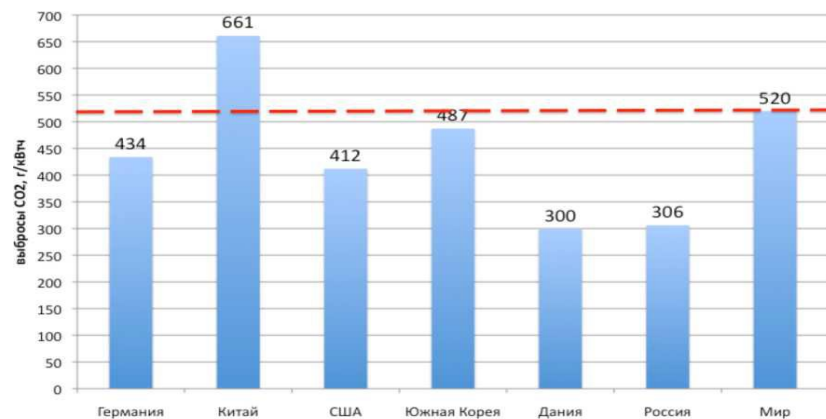
Динамика доли ПСУ-ТЭЦ в установленной электрической мощности ТЭС в ЕЭС России и КИУМ ТЭЦ



КИТТ тепловых электростанций



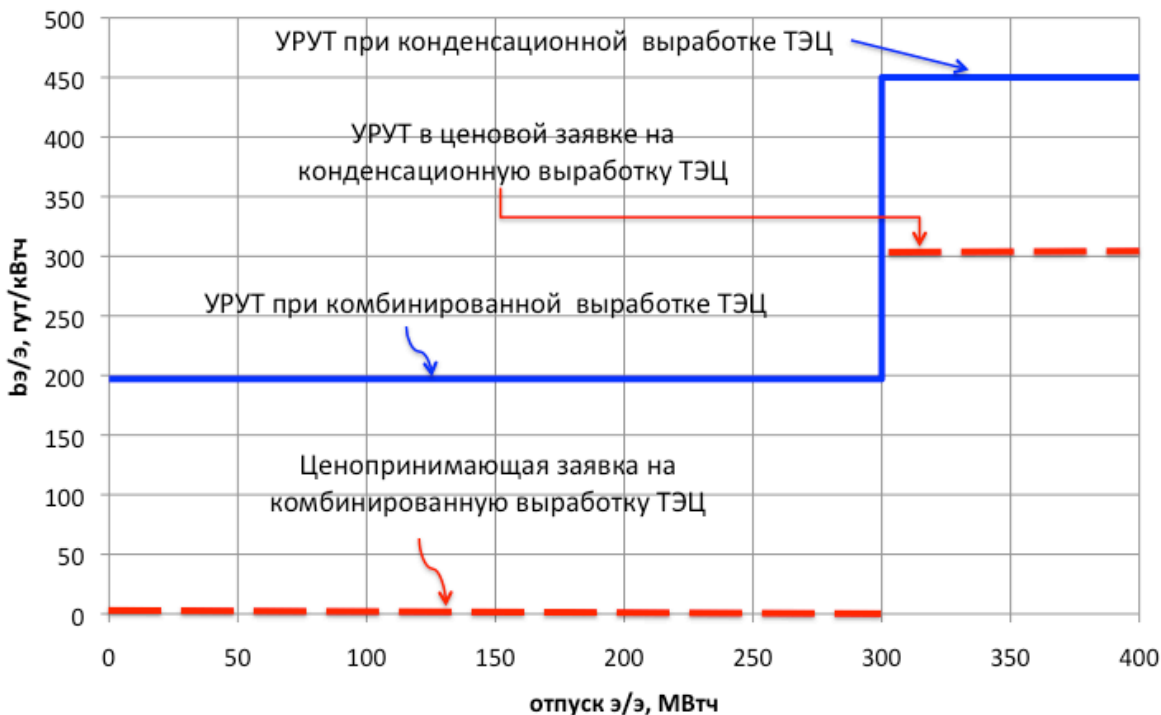
Сравнение удельных значений выброса углекислого газа (CO₂) на выработку электрической энергии.



Проблема работы ТЭЦ на рынке мощности

В соответствии с правилами оптового рынка электрической энергии (РСВ) ТЭЦ подаёт ценопринимающую заявку на объём комбинированной выработки, а на «конденсационные хвосты» - ценовую заявку, основанную на средневзвешенном расходе топлива на комбинированную и конденсационную выработку

Зависимость УРУТ от величины отпуска электроэнергии



Отпуск электрической энергии ТЭЦ, вырабатываемой в конденсационном режиме, осуществляется с убытками, что снижает, а в некоторых случаях нивелирует доход от реализации электроэнергии, выработанной в режиме когенерации.

Таким образом, с учётом фактических режимов загрузки оборудования работа ТЭЦ на оптовом рынке электрической энергии, не приносит существенных преимуществ.

Зависимость потребления в ЕЭС России от температуры воздуха

Потребление электрической энергии в ЕЭС России характеризуется суточной и сезонной неравномерностью нагрузок.

Дата	Средняя температура воздуха по энергосистеме	Световой день (Москва)	потребления в ЕЭС России		
			суточный максимум	суточный минимум	разность
2021 год	°С	час:мин:сек	МВт	МВт	МВт
23 декабря	-16,45	07:05:35	159938	136450	23488
20 января	-17,23	08:00:30	154647	131527	23120
27 октября	+2,37	09:39:29	137180	115608	21572
28 июля	+18,46	16:20:32	118714	96519	22195
14 июля	+21,26	17:05:36	123604	98039	25565
22 июня	+21,40	17:38:46	122687	97617	25070

Рост суточного максимума потребления в ЕЭС России для выбранных случайным образом дней составляет от 890 до 1100 МВт при снижении температуры воздуха на 1°С.

Потребление 28 июля и 23 декабря 2021 года отличаются равномерно в течение суток на величину около 40 ГВт, что соответствует росту базовой нагрузки в энергосистеме в отопительный период. Неравномерность суточного графика потребления составляет более 20 ГВт.

Зависимость точности прогноза температуры воздуха от горизонта прогнозирования

Точность прогноза потребления электрической энергии и тепла зависит от точности прогноза температуры воздуха. Гидрометцентр России представляет следующие типы метеорологических прогнозов:

- среднесрочный прогноз погоды - от 72 до 240 часов;
- краткосрочный прогноз погоды – от 12 до 72 часов;
- сверхкраткосрочный прогноз погоды – до 12 часов;
- прогноз текущей погоды – от 0 до 2 часов.

Диапазон изменения температуры воздуха в течение суток
за период с 16 по 22 декабря 2022 года

Дата	Прогноз, °С		Факт, °С
	6 дней	3 дня	
16 декабря	12,0	10,0	2,7
17 декабря	12,0	5,0	1,5
18 декабря	13,2	9,2	5,9
19 декабря	16,0	9,3	8,4
20 декабря	11,0	10,7	7,1
21 декабря	12,0	9,4	7,8
22 декабря	7,0	3,0	0,9

Фактические значения суточного диапазона температур значительно меньше, чем прогнозные как за 6 дней, так и за 3 дня. Учитывая зависимость потребления электрической энергии в ЕЭС России от температуры воздуха, в результате неточности прогнозирования выбирается избыточное количество генерирующих мощностей, что ведёт к ускоренному расходу ресурса оборудования, к снижению топливной эффективности производства электрической энергии и тепла.

Выбор горизонта прогнозирования Тнв

Учитывая дефицит генерирующих мощностей, предназначенных для работы с ежедневными пусками/остановами оборудования, для целей оптимизации выбора состава включённого генерирующего оборудования в ЕЭС России необходим прогноз температуры воздуха на период не менее 3 дней

Диапазон изменения температуры воздуха в течение трёх суток

Период	Прогноз, °С	Факт, °С
16-18 декабря	14	8,6
17-19 декабря	13	8,8
18-20 декабря	13	8,8
19-21 декабря	14,4	10,8
20-22 декабря	17	11,9

Учитывая зависимость суточных максимумов и минимумов потребления электрической энергии от температуры получим, что повышение точности прогноза температуры наружного воздуха повышает точность прогноза потребления электрической энергии в энергосистеме.

Взаимное влияние электроэнергетической и теплоэнергетической систем

Комбинированная выработка ТЭЦ является связующим звеном между электроэнергетической и теплоэнергетической системами

Горизонт прогнозирования в рамках разработки Схем теплоснабжения городов и муниципальных образований составляет **15 лет**. Приоритет имеет комбинированная выработка электрической энергии и тепла.

Горизонт прогнозирования Схемы и программы развития ЕЭС России составляет 7 лет, Схем и программ развития электроэнергетики регионов - 5 лет, а СиПР ЭЭС России – 6 лет.

Различие горизонтов прогнозирования, а также требований при разработке программ развития электроэнергетической и теплоэнергетической систем могут приводить к несоответствию структуры генерирующего оборудования электрическим и тепловым режимам, что оказывает влияние на снижение надёжности и эффективности электро- и теплоснабжения потребителей. В Схеме теплоснабжения работа ТЭЦ планируется по тепловому графику, а в СиПР электроэнергетики регионов по электрическому графику.

Ошибки проектирования развития энергосистемы компенсируются в том числе неэффективной загрузкой теплофикационного оборудования ТЭЦ, что поднимает вопросы о конкурентоспособности источников комбинированной выработки по сравнению с современными источниками раздельного производства электрической энергии и тепла. Возникает потребность в повышении требований к характеристикам маневренности генерирующего оборудования, предназначенного для работы в базовой и полупиковых частях суточного графика электрических нагрузок.

Взаимное влияние электроэнергетической и теплоэнергетической систем

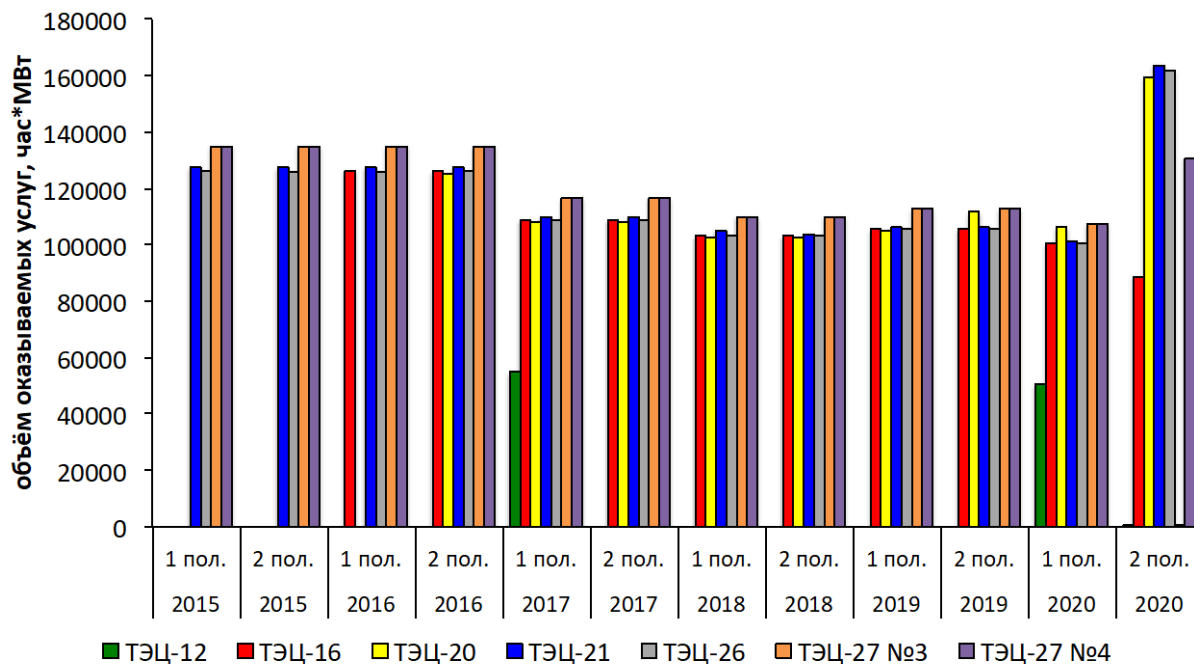
ЕЭС России характеризуется избытком генерирующих мощностей, работающих в базовой части суточного графика электрических нагрузок, и дефицитом генерирующего оборудования, работающего в пиковой части суточного графика.

С целью обеспечения баланса производства и потребления электрической энергии в ЕЭС России активно рассматриваются вопросы увеличения регулировочного диапазона паросилового оборудования ТЭЦ за счёт:

- перераспределение отпуска тепла в течении суток (использование аккумулирующей способности зданий и сетей);
- принудительная разгрузка ТЭЦ (переход от комбинированной к отдельной выработке тепла);
- форсировка котла и выработка пара сверх номинальной производительности;
- отключение части системы регенерации.

Сценарий активного участия блоков ТЭЦ в НРПЧ

Участие энергоблоков ПАО "Мосэнерго" в НРПЧ

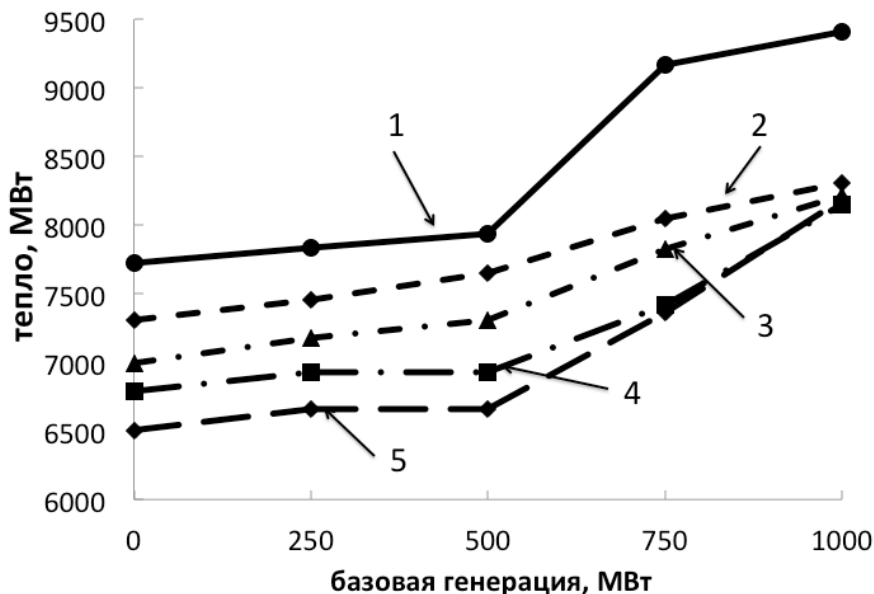


Строительство ПГУ ПАО «Мосэнерго» осуществлялось в рамках реализации программы ДПМ. В соответствии с требованиями к электрическим режимам загрузки генерирующего оборудования, ПГУ должны работать по электрическому графику нагрузок и предоставлять регулировочный диапазон до 50% установленной (располагаемой) электрической мощности

Разгрузка до 50% установленной (располагаемой) электрической мощности ПГУ приведёт к значительному снижению отпуска тепловой энергии потребителям и, как следствие, к дефициту тепловой мощности при расчётной температуре воздуха, которую необходимо будет компенсировать водогрейными котлами.

Сценарий активного участия блоков ТЭЦ в НРПЧ

Производство тепловой энергии водогрейными котлами в ЗСП Москва



Рост доли базовой генерации в ЗСП Москва приводит к росту производства тепловой энергии на водогрейных котлах.

При росте объёма базовой генерации на 1000 МВт и величины резерва электрической мощности с 0% до 20% рост производства тепловой энергии на водогрейных котлах в ЗСП₃ Москва может превысить 40%

1. - резерв электрической мощности 20%; 2. - резерв электрической мощности 15%; 3. – резерв электрической мощности 10%; 4. – резерв электрической мощности 5%; 5. – резерв электрической мощности 0%.

Таким образом, при разработке схем теплоснабжения необходимо учитывать электрические режимы загрузки генерирующего оборудования, их влияние на объём и структуру отпуска тепловой энергии.

Перспективы развития

- Проектирование развития энергосистемы Российской Федерации должно осуществляться с учётом результатов многофакторного анализа режимных, технических, технологических, экономических, экологических и социальных аспектов.
- Оптимальная структура генерирующих мощностей в ЕЭС России должна включать оборудование, способное работать в базовой, полупиковой и пиковой частях суточного графика потребления электроэнергии, обеспечивать резерв мощности для прохождения сезонных максимумов потребления электрической и тепловой энергии.
- Импортзамещение западных технологий в теплоэнергетике.
- С учётом климатических и географических особенностей развитие когенерации должно стать основным направлением повышения энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов в Российской Федерации. Размещение ТЭЦ в центрах электрических и тепловых нагрузок обеспечивает повышение эффективности производства электрической энергии и тепла, повышает надёжность (живучесть) системы электроснабжения потребителей.

Перспективы развития

- Текущая ситуация на оптовом рынке электрической энергии и мощности в Российской Федерации характеризуется критической ситуацией для существующих ТЭЦ особенно в первой ценовой зоне оптового рынка. В рамках действующих правил оптового и розничного рынков электрической энергии и мощности ТЭЦ являются искусственно убыточными. «Старая» тепловая генерация, включая ТЭЦ, субсидирует программы развития ПГУ, ВИЭ, ГЭС и АЭС. Сложившаяся стоимость электрической мощности по результатам КОМ не позволяет тепловой генерации в полном объёме обеспечивать капитальные ремонты и модернизацию оборудования.
- Для целей тарифного регулирования в сфере теплоснабжения приказом Минэнерго России №952 от 12.09.2016 года был принят тепловой метод распределения расхода топлива между электрической энергией, отпускаемой с шин электростанций, и тепловой энергии, отпускаемой с коллекторов электростанций, предусматривающий включение всего расхода электрической энергии на собственные нужды в состав затрат топлива, относимых на отпуск электрической энергии. Таким образом, формируется дополнительный объём перекрёстного субсидирования потребителей тепловой энергии за счёт потребителей электрической энергии, что снижает конкурентоспособность ТЭЦ на рынке электрической энергии.

Перспективы развития

- Учитывая, что расход электрической энергии на отпуск тепловой энергии для малых ТЭЦ может составлять значительную часть выработки электрической энергии, применение существующих тепловых метода разнесения затрат топлива по видам отпускаемой энергии искусственно формирует некорректный завышенный удельный расход топлива на отпуск электрической энергии для источников комбинированной выработкой малой электрической мощностью с большим объёмом отпуска тепла.
- Исследования показали, что комбинированная выработка ПСУ-ТЭЦ с докритическими параметрами рабочего тела на базе паровых турбин типа Р, Т и ПТ с учётом обязательных технологических пропусков пара в конденсатор при работе в базовой части суточного графика нагрузок и ГТУ-ТЭЦ на базе газовых турбин малой мощности при работе в пиковой и полупиковой частях суточного графика нагрузок имеют лучшие удельные показатели расхода топлива на выработку электрической энергии и тепла по сравнению с НДТ отдельного производства.

Перспективы развития

- При выборе состава генерирующего оборудования, используемого для покрытия сезонных максимумов потребления электрической энергии и тепла в ЕЭС России, в том числе для аномально холодных зим, ПСУ-ТЭЦ на базе отечественного оборудования имеют преимущество перед ПГУ.
- С целью повышения эффективности работы ТЭЦ по электрическому графику нагрузок комбинированная выработка ТЭЦ в полупиковой и пиковой частях суточного графика потребления электроэнергии целесообразно использовать высокоманевренные ТЭЦ малой мощности на ГТУ технологий отечественного производства в объеме до 10 ГВт. Такое решение оценивается в 188 млрд рублей в год, но позволит снизить стоимость электрической энергии на оптовом рынке (РСВ), снизить потребление органического топлива на 19,6 млн т/год в год, улучшить экологические характеристики и снять системные ограничения на загрузку энергоблоков АЭС (летом до 6ГВт, зимой до 4ГВт).



Спасибо за внимание