

# Перспективы обновления тепловой энергетики России в контексте Энергостратегии и Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики в период до 2035 года

Ф.В.Веселов, И.В. Ерохина, Т. В. Новикова, А. А. Хоршев

Совместное заседание Комитета по энергетическому машиностроению Союза машиностроителей России, Бюро НДТ (Бюро наилучших доступных технологий) и Секции «Энергоэффективность и экология в электроэнергетике» НП «НТС ЕЭС»

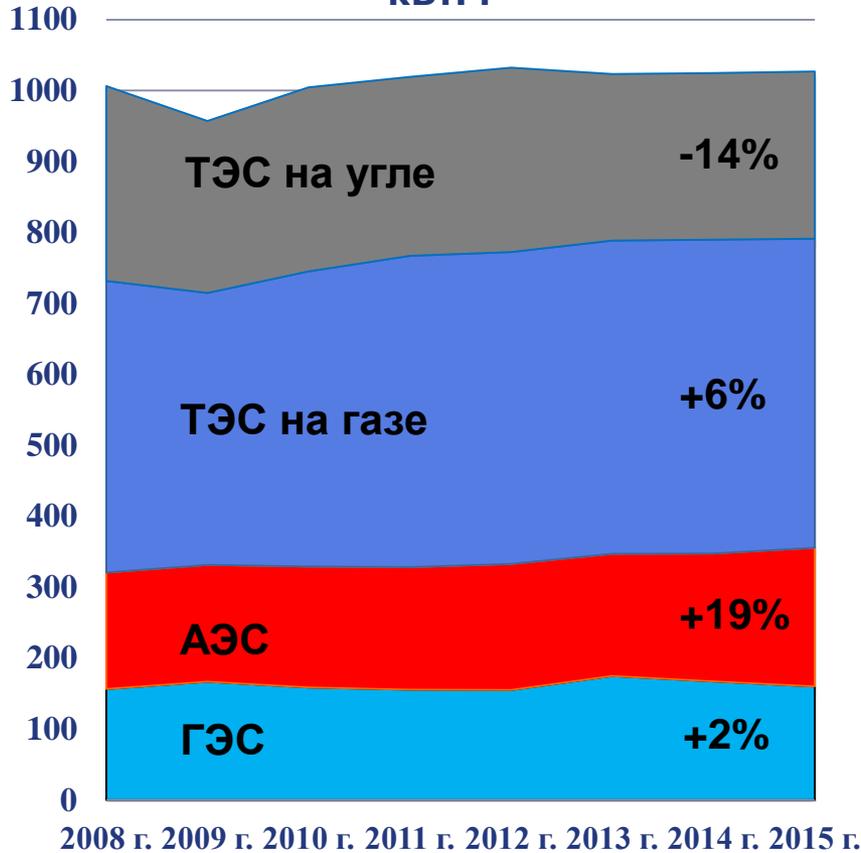
Москва, ноябрь 2016



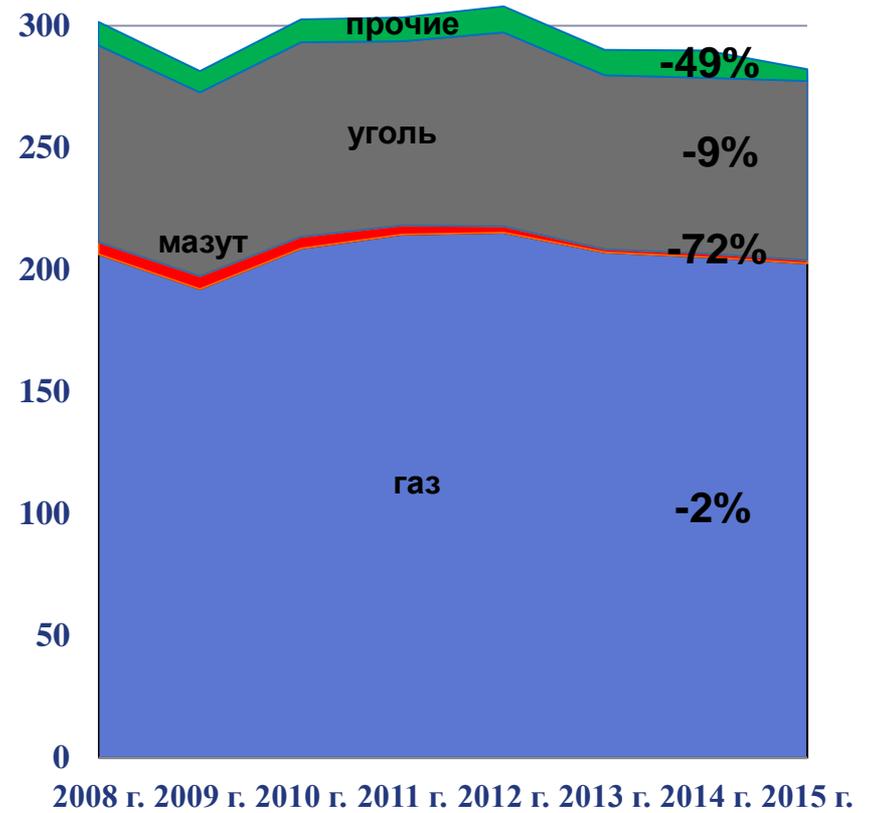
# 1. Существующее состояние тепловой энергетики России

# Роль тепловых станций в энергоснабжении страны. Тенденции использования различных ТЭР

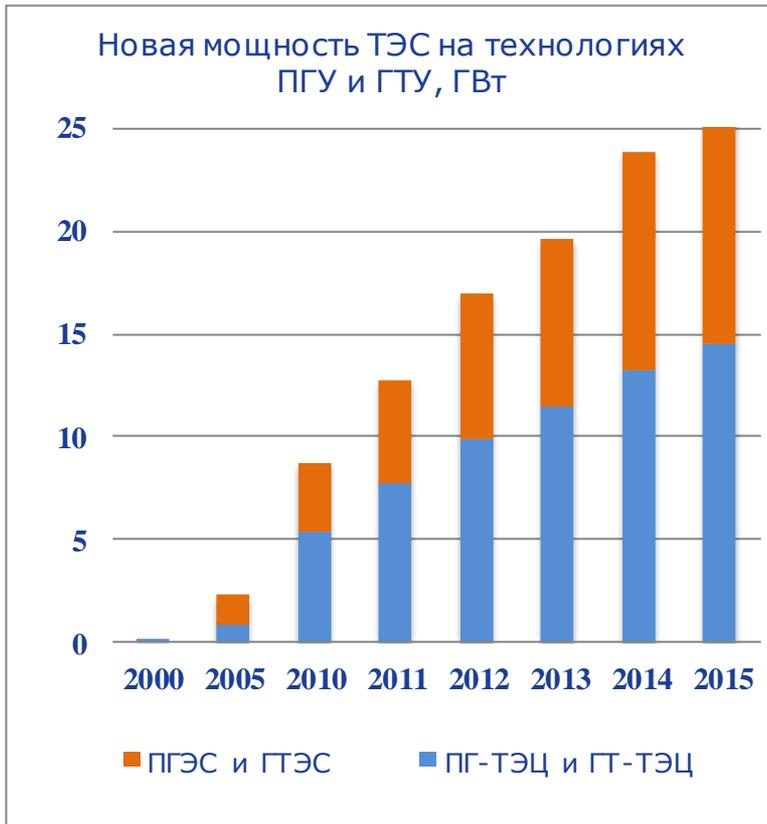
**Динамика производства электроэнергии в России, млрд. кВт.ч**



**Динамика потребления топлива ТЭС в ЕЭС России, млн т у.т.**



## Роль новых технологий в электроэнергетике. Результаты последних лет



Активизация инвестиционной деятельности в последние годы позволила существенно увеличить долю современных технологий газовой генерации на базе схем с ПГУ и ГТУ, но их вклад в общее повышение энергоэффективности ТЭС пока незначителен



## Динамика старения производственных мощностей

Средний возраст 1 МВт на тепловых электростанциях ЕЭС России, лет

Типы электростанций	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<b>Тепловые электростанции – всего</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
<b>ТЭЦ всего</b>	31	31	31	31	31
газотурбинные	29	28	28	28	27
угольные	35	36	36	37	37
<b>КЭС всего</b>	32	33	33	33	33
газотурбинные	32	31	31	31	30
угольные	34	35	36	37	37

Потенциальный объем выбытия действующей мощности ТЭС ЕЭС России по актуальным предельным срокам эксплуатации (в % от установленной мощности каждого типа электростанций в 2014 г.)

Типы электростанций	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
<b>Тепловые электростанции – всего</b>	<b>41%</b>	<b>64%</b>	<b>74%</b>	<b>89%</b>
<b>ТЭЦ всего</b>	38%	59%	68%	85%
газотурбинные	36%	57%	65%	83%
угольные	41%	64%	74%	90%
<b>КЭС всего</b>	45%	69%	82%	92%
газотурбинные	43%	67%	81%	90%
угольные	48%	72%	82%	94%

## Стратегические задачи, стоящие перед теплоэнергетикой

- ✓ Интенсивные темпы технологического обновления (до 7-10 ГВт/в год), обеспечивающие снижение среднего возраста мощностей
- ✓ Повышение энергоэффективности в условиях роста цен топлива (в части снижения удельного расхода топлива и расхода электроэнергии на собственные нужды) за счет улучшенных традиционных и новых типов оборудования
- ✓ Повышение экологичности в условиях ужесточения экологических требования (включая переход на НДТ) за счет комплексных систем снижения выбросов азота, серы, золы и других видов отходов

**Ключевое инвестиционное направление – проекты комплексной экологически-ориентированной модернизации действующих мощностей на базе новых и улучшенных типов оборудования**

## 2. Методология оценки перспектив обновления и развития тепловой энергетики

Ключевые отраслевые и межотраслевые работы последнего десятилетия, затрагивающие вопросы обновления ТЭС

**2005 г. Концепция технической политики РАО «ЕЭС России» до 2009 года**

**2008 г. Основные положения (концепция) технической политики в электроэнергетике России до 2030 года.**

**2008 г. Генеральная схема отрасли до 2020 года**

**2009 г. Энергетическая стратегия на период до 2030 года**

**2010 г. Генеральная схема отрасли до 2030 года**

**2011-12 г. Программа модернизации электроэнергетики до 2020 (с перспективой 2030 года)**

**2014-16 г. Энергетическая стратегия до 2035 года**

**2015-16 г. Генеральная схема до 2035 года**

## Основные этапы формирования структуры генерирующих мощностей

Сравнительная эффективность (screening analysis) типовых решений по техническому перевооружению и новому строительству электростанций  
**(оптимизация состава технологий)**

Инструментарий – расчеты дисконтированных затрат и ранжирование по эффективности энерготехнологий в условиях неопределенности их технико-экономических показателей

Критерий оценки – удельные дисконтированные затраты за жизненный цикл энерготехнологии (аналог LCOE, EGC)

Системная оценка сбалансированных и экономически эффективных вариантов развития электроэнергетики  
**(оптимизация масштабов развития технологий)**

Инструментарий – динамическая оптимизационная модель развития электроэнергетики в ТЭКе

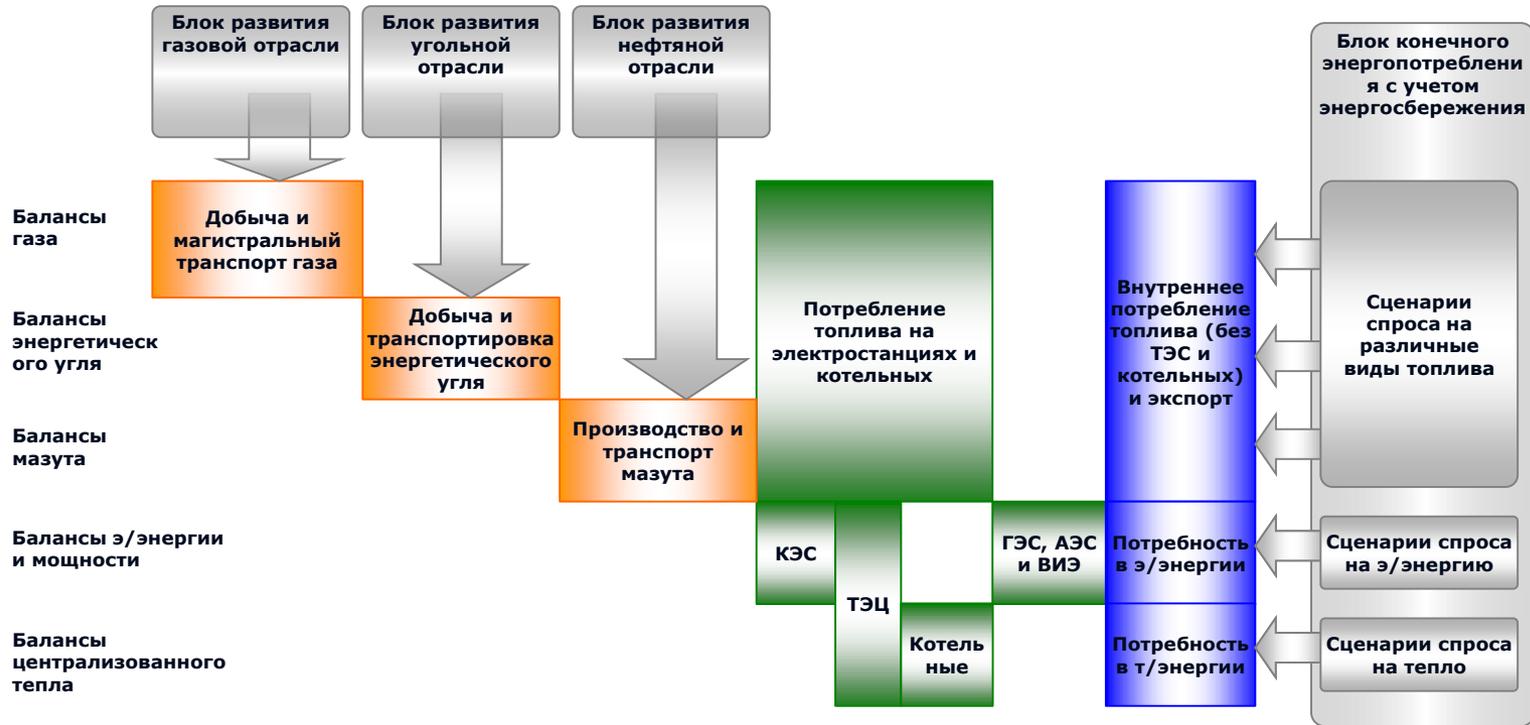
Критерий оптимизации – минимальная дисконтированная за период планирования стоимость энергоснабжения экономики

Формирование рационального варианта структуры генерирующих мощностей

Инструментарий – имитационные средства балансовых расчетов, перспективных схемно-режимных расчетов

Критерий анализа – минимальные отклонения от оптимальной структуры с учетом вариантов и стоимости сетевых решений, режимных факторов, единичной мощности блоков, определившегося состава проектов, дополнительных ресурсных ограничений

# Модель развития электроэнергетики в ТЭКе (EPOS) обеспечивает системную оптимизацию инвестиционных решений



**Система балансовых уравнений** модели обеспечивает:

- представление отраслевых территориально-технологических связей по условиям балансов электроэнергии, мощности, централизованного тепла энергосистем и регионов
- представление межотраслевых связей с топливными отраслями через матрицу удельных расходов в балансах топлива с учетом спроса остальных потребителей и экспортных поставок
- расширенный (на 10-15 лет) временной горизонт для учета экономических эффектов «последствия» выбираемых инвестиционных решений в период планирования

**Целевая функция (критерий оптимальности)** модели обеспечивает:

- поиск оптимального за период решения, исходя из требований общественной эффективности развития отрасли – минимума суммарных дисконтированных затрат на обеспечение спроса на электроэнергию и тепло

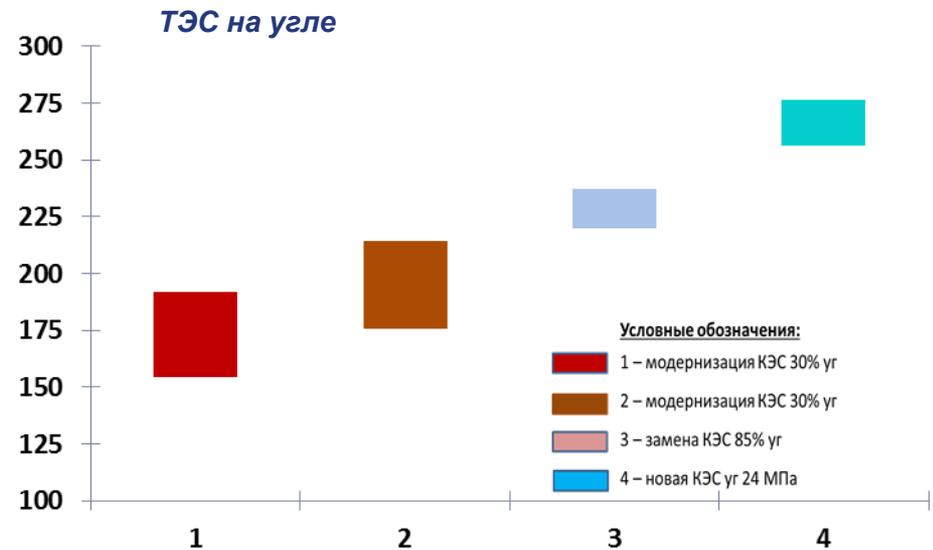
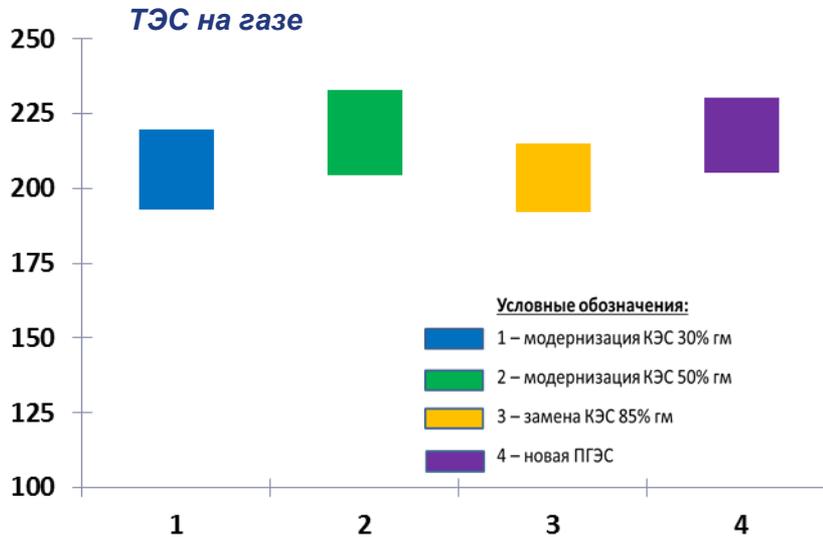
## Особенности представления электроэнергии в оптимизационной модели EPOS

- ✓ Балансы мощности и энергии по 42 узлам внутри 7 ОЭС
- ✓ Балансы тепла в каждом субъекте РФ с выделением зоны действующих и новых источников и 10 типов населенных пунктов
- ✓ Балансы топлива по 15 видам (газ, мазут, угли основных бассейнов)
- ✓ Эквивалентное представление существующих межсистемных связей между ОЭС/узлами и возможности увеличения их пропускной способности
- ✓ Гибкая детализация генерации:
  - ✓ Отдельные электростанции (как минимум, общесистемные - ГЭС, КЭС, АЭС)
  - ✓ Агрегированные технологические группы (топливо, оборудование, состояние) для новых и действующих ТЭС
- ✓ Индивидуальные технико-экономические показатели действующих ЭС на основе отчетных данных
- ✓ Варьирование годовых режимов работы ( $H_{min}$ ,  $H_{max}$ )
- ✓ Варьирование структуры топливопотребления (пропорции разных видов топлива)

### 3. Эффективность и масштабы инвестиционных решений в тепловой энергетике до 2035 года

# Прогноз динамики действующей мощности ТЭС. Экономическое сравнение типовых решений и стратегий обновления

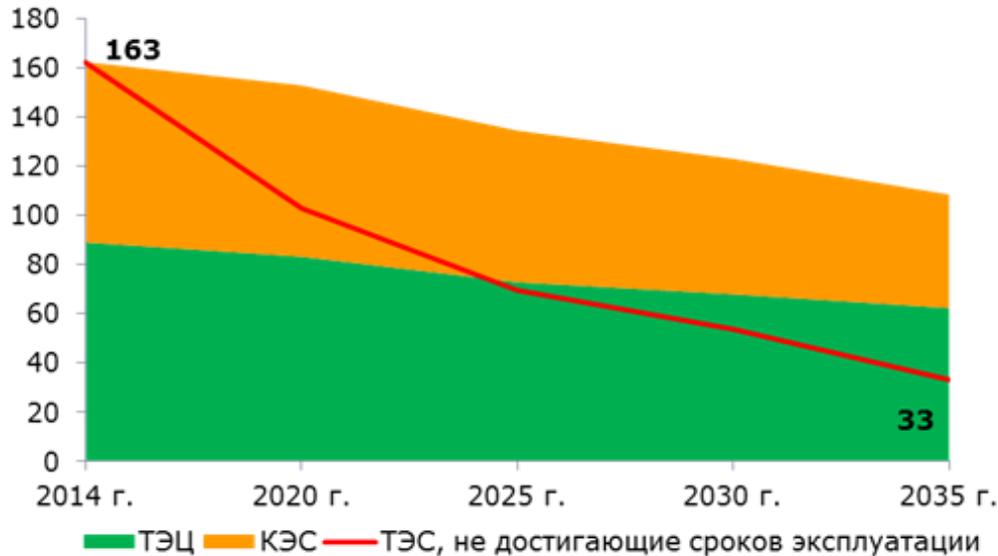
Удельные дисконтированные затраты на производство электроэнергии для **типовых решений** по обновлению и строительству новых ТЭС (расчет для ОЭС Центра), коп./кВт.ч



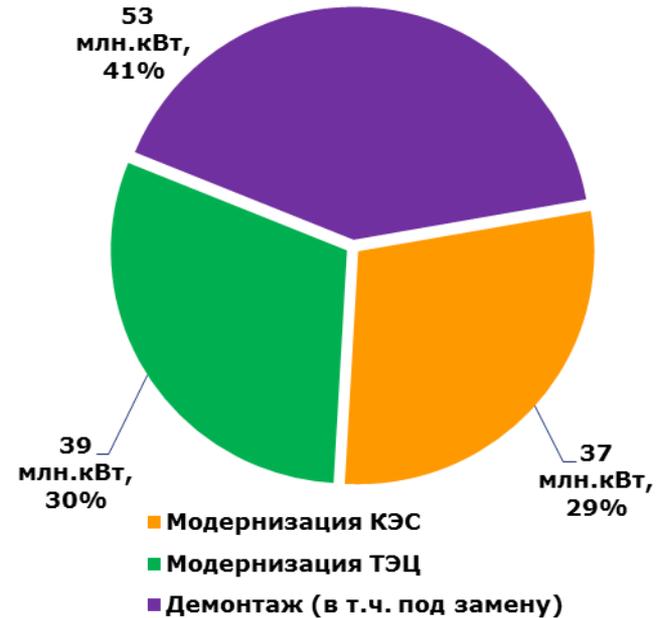
В большинстве районов Европейской части ЕЭС при ожидаемом росте цен газа  **типовые решения по замене паротурбинного оборудования газомазутных ТЭС**  оказываются равноэффективными или даже предпочтительными по сравнению с его модернизацией (при стоимости последней выше 30-50% от нового блока).

## Прогноз динамики действующей мощности ТЭС

Динамика снижения установленной мощности действующих ТЭС в ЕЭС России, млн. кВт



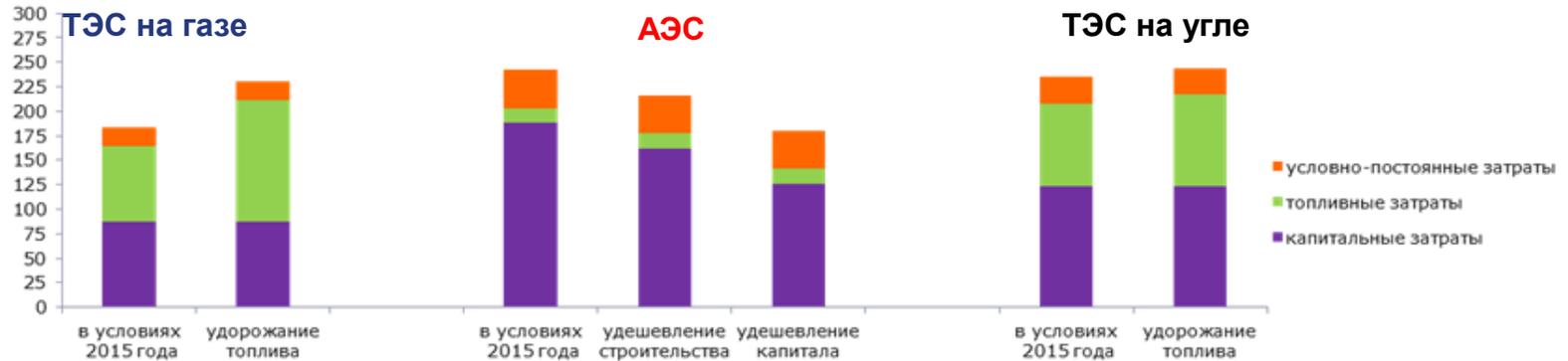
Структура решений по мощности, достигающей сроков эксплуатации, млн. кВт



Мощность модернизируемых ТЭС, млн. кВт	До 2025 г.	2026-2035 гг.
ТЭС всего	29,5	38,5
газотурбинные	18,8	24,3
угольные	10,7	14,2
КЭС всего	35,5	36,7
газотурбинные	23,5	20,6
Угольные	12,0	16,1
<b>Всего модернизируемая мощность действующих ТЭС</b>	<b>65,0</b>	<b>75,2</b>

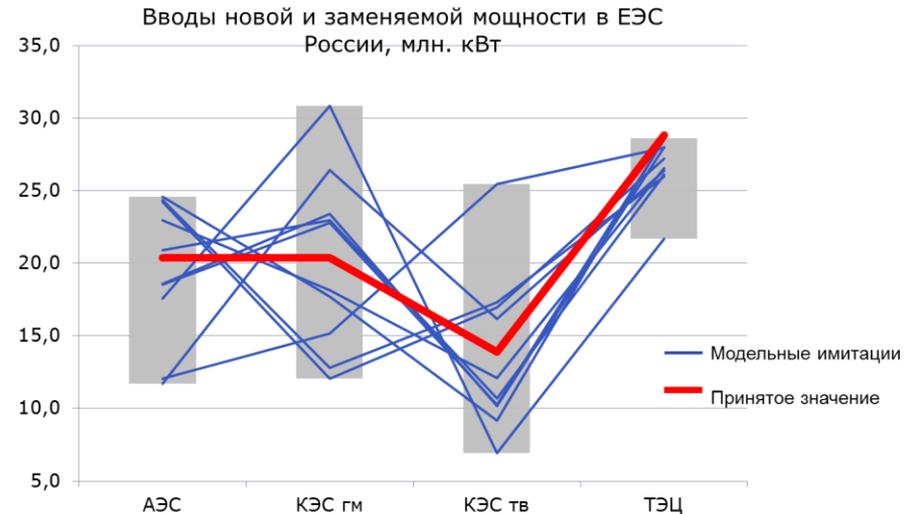
# Прогноз динамики новых общесистемных станций. Экономическое сравнение типовых решений и стратегий развития ТЭС и АЭС

Удельные дисконтированные затраты на производство электроэнергии на новых АЭС и газовых ТЭС (расчет для ОЭС Центра), коп./кВт.ч



*Существует широкая зона равноэффективности газовой, угольной и атомной генерации в большинстве ОЭС*

	ПГЭС	КЭС уг	АЭС
<b>Центр, С-запад</b>			
<b>Юг</b>			
<b>Урал, Волга</b>			
<b>Сибирь</b>			
<i>Критические факторы</i>	<i>Стоимость импортного оборудов. и сервиса</i>	<i>Цены угля</i>	<i>Капиталовложения</i>



# Системная оценка стратегий обновления

## Стратегии обновления ТЭС

Стратегия обновления ТЭС	Капиталоемкость	Доля новых технологий во вводах ТЭС, %	Энергоэффективность (снижение УРУТ ТЭС к 2035 г.)
Только модернизация	Низкая	20%	Низкая (-6%)
Только замена	Высокая	45%	Высокая (-30%)
Смешанная	Средняя	100%	Средняя (-16%)

## Изменение частных и интегральных критериев оценки «крайних» стратегий обновления ТЭС (относительно смешанной)

	Только модернизация	Только замена
<b>Частные критерии:</b>		
- изменение (экономия или прирост) годового расхода топлива в 2035 г., млн т у.т.	25	-28
- изменение (экономия или прирост) суммарных капиталовложений до 2035 г., млрд руб. 2013 г.	-1839	3358
<b>Интегральный критерий</b> – изменение дисконтированных затрат на функционирование (топливо, эксплуатация) и развитие (капиталовложения) электростанций, млрд. руб. 2013 г.	65	485

*«Крайние» инвестиционные стратегии обновления ТЭС привлекательны по одному из частных критериев, но уступают смешанной стратегии по интегральному экономическому критерию. Это показывает на важность оптимизации масштабов решений по модернизации или замене оборудования на ТЭС*

## Потенциальный ввод мощности ТЭС (замена и новые)

Объемы вводов ТЭС (накопленным итогом), ГВт	К 2025 году		К 2035 году	
	Консерв.	Предельная	Консерв.	Предельная
<b>Всего ТЭС</b>	<b>26,5</b>	<b>91,5</b>	<b>67,8</b>	<b>143,0</b>
Всего ТЭЦ	15,4	44,9	33,1	71,6
Газовые	13,4	32,2	28,9	53,2
Угольные	2,0	12,7	4,2	18,4
<b>Всего КЭС</b>	<b>11,0</b>	<b>46,5</b>	<b>34,5</b>	<b>71,2</b>
Газовые	7,6	31,1	23,9	44,5
Угольные	3,4	15,4	10,6	26,7

# Организация и эффективность межотраслевого взаимодействия при обновлении теплоэнергетики

## Документы системы стратегического планирования



Институт энергетических исследований РАН

[www.eriras.ru](http://www.eriras.ru)

[info@eriras.ru](mailto:info@eriras.ru)

**Спасибо за внимание!**