

# РЕАЛЬНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ «ЗЕЛЁНЫХ» ЗДАНИЙ И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

**Гужов Сергей Вадимович**

**Директор Центра подготовки и проф. переподготовки  
"Энергоменеджмент и энергосберегающие технологии"  
канд. техн. наук  
доцент НИУ «МЭИ»**

# Комплексное улучшение характеристик здания

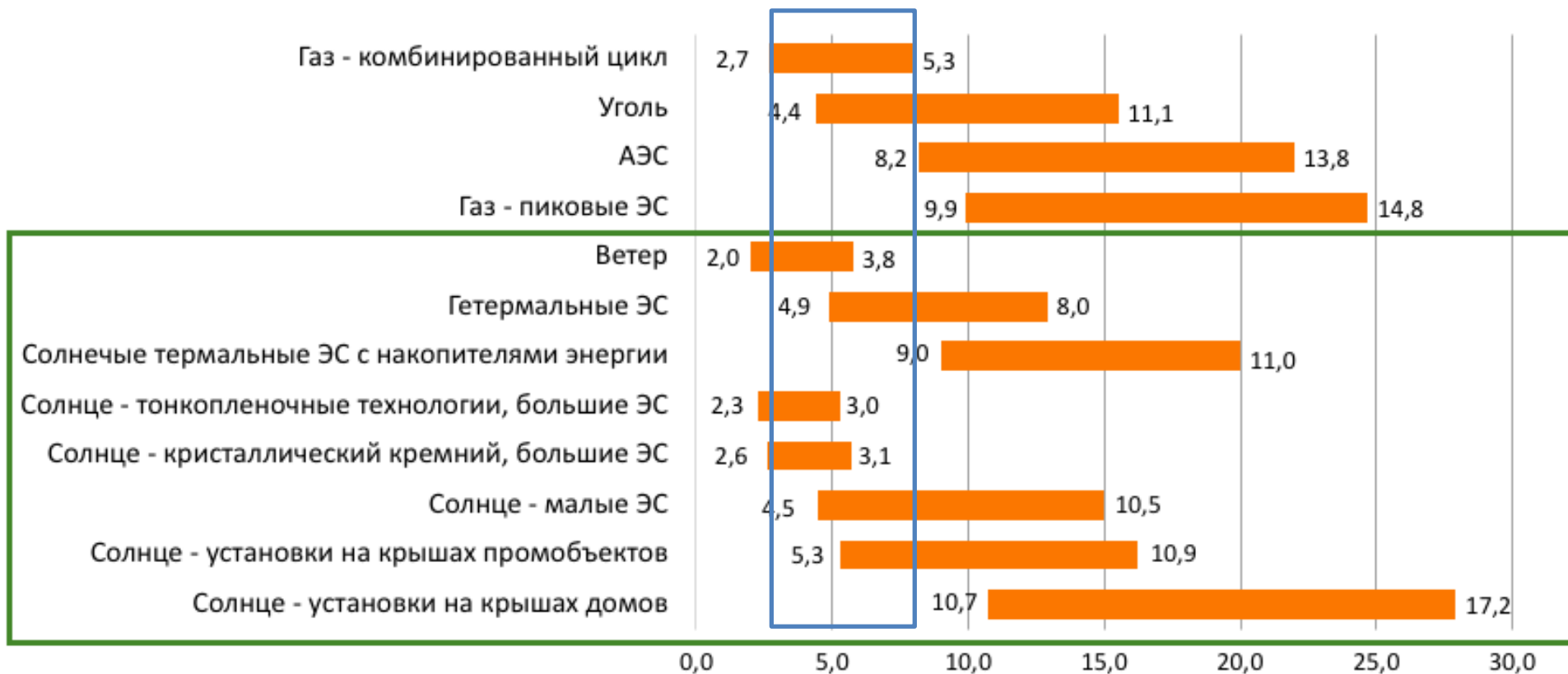
Виды эффектов	Составляющие эффектов
Энергетические	1. Высвобождение мощности за счёт НВИЭ; 2. Улучшение энергетических характеристик зданий и экономия энергоресурсов за счёт НДТ
Экономические	Снижение доли топливно-энергетических ресурсов в себестоимости продукции, рост (в том числе удельный) производительности, товарооборота, производства услуг, повышение капитализации зданий
Эргономические	Улучшение условий труда, комфортности пребывания, микроклимата в учебных, рабочих и жилых помещениях
Социальные	Повышение ответственности за эффективное использование ресурсов, производительности труда
Экологические	Сокращение одного или нескольких воздействий на окружающую среду (выбросов в атмосферу, водные источники, шума, отходов)
Финансовые	Снижение платежей за энергоресурсы, экономия и высвобождение бюджетных средств (на оплату энергоресурсов), снижение сумм оплаты за ресурсы, окупаемость мероприятий

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НВИЭ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

Источник энергии	Устройства	Потенциал экономии
<b>Окружающая среда</b>		
<b>Солнечная радиация</b>	Фото-вольтаика (с к.п.д. 14-17%)	10-15% для общедомовых нужд существующих зданий, до 70% для специально спроектированных зданий
	Солнечный коллектор	15-20% тепловой энергии для существующих зданий, до 70% для специально спроектированных зданий
<b>Ветровая энергия</b>	Ветрогенератор	5-7% потребностей объекта в электроэнергии
<b>Водоемы и реки</b>	Гидротурбина	4-7% потребностей объекта в электроэнергии
	ТНУ для выработки тепла/холода	20-45% потребностей существующих зданий, до 100% для специально спроектированных зданий
<b>Внутренние /вторичные ресурсы</b>		
<b>Тепло грунта</b>	ТНУ/тепловые трубы	20-25% тепловой энергии
<b>Вторичные стоки</b>	ТНУ, ТОА	25-30% тепловой энергии
<b>Вентиляционные выбросы</b>	Регенераторы, ТНУ	20-50% тепловой энергии объекта (до 100% для центров обработки данных)
<b>Коммунальные отходы</b>	Сжигание, пиролиз, биогаз	7-9% тепловой энергии
<b>Промышленные ВЭР</b>	Котлы-утилизаторы	До 15-30% потребности промышленного объекта
<b>Сбросы градирен ТЭЦ</b>	Крупные ТНУ выработки тепла/холода	До 15-20 МВт тепловой мощности тепла/холода на 100 МВт вырабатываемой электрической мощности
<b>Уходящие газы котлов</b>	Конденсационные котлы	Рост КПД котлов на 7-9%

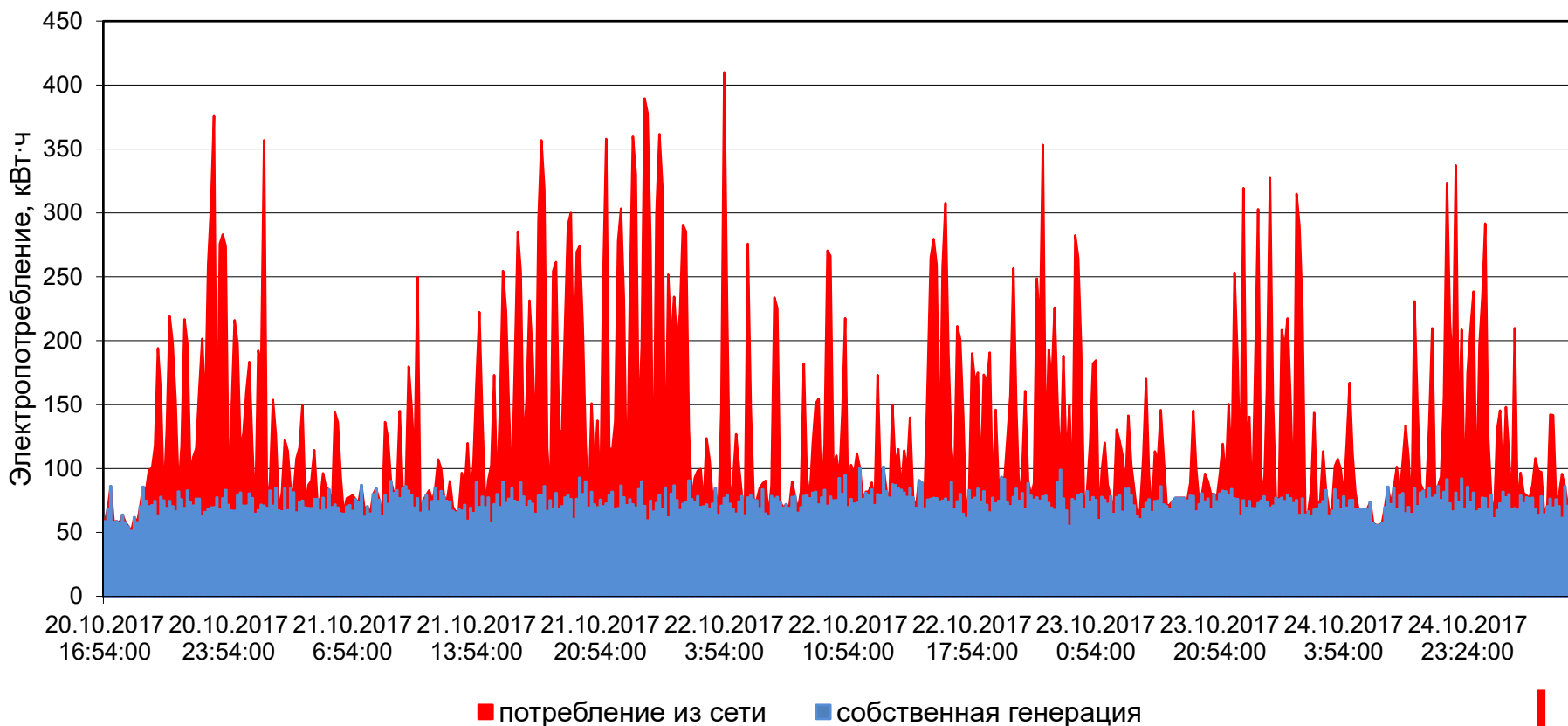


## Стоимость производства 1 кВт·ч электроэнергии за счет ВИЭ и за счет традиционных источников в мире в 2019 году, рублей



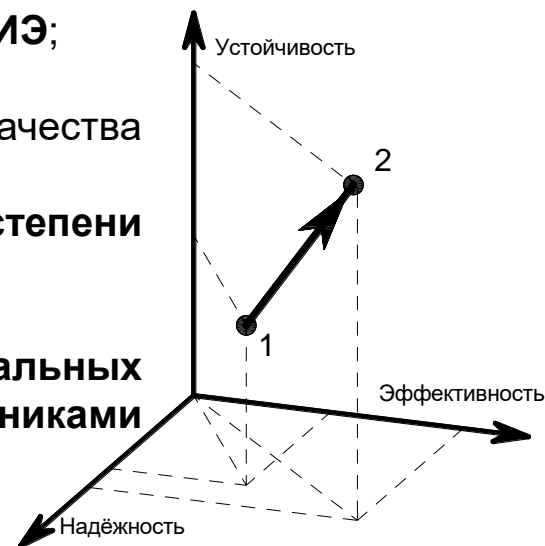
## Изменяется структура энергобаланса потребителей

- объёмы электропотребления повышаются, но за счёт внедрения объектов собственной генерации, малой и распределённой генерации электропотребление из сети становится неравномерным, пиковым, что **существенно снижает эффективность работы генерирующих станций**
- объёмы теплоснабжения снижаются как за счёт климатических изменений, так и за счёт внедрения эффективных НВИЭ и НДТ



## Вызовы отечественной энергетике

1. рост спроса на электрическую и тепловую энергию;
2. **снижение стоимости оборудования и технологий в области НВИЭ;**
3. обеспечение параметров качества энергоресурсов;
4. рост требований в отношении доступности, надежности и качества электрической и тепловой энергии;
5. **активное внедрение потребителями разнообразных по степени эффективности НВИЭ и НДТ;**
6. старение генерирующего и электросетевого оборудования;
7. **смещение вектора инвестирования в сторону индивидуальных энергоцентров, комбинированных с распределенными источниками энергии;**
8. ужесточение требований к экологии;
9. изменение модели поведения потребителей на энергетическом рынке;
10. рост тарифов на электрическую энергию и мощность;
11. рост численности населения городов.



Источник: ВЫЗОВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ

ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ИВАНОВСКИЙ Д.А., ЭНЕРГОЭКСПЕРТ № 3 – 2018

[https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41587408\\_16353890.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41587408_16353890.pdf)

Устойчивость

Надёжность

Эффективность

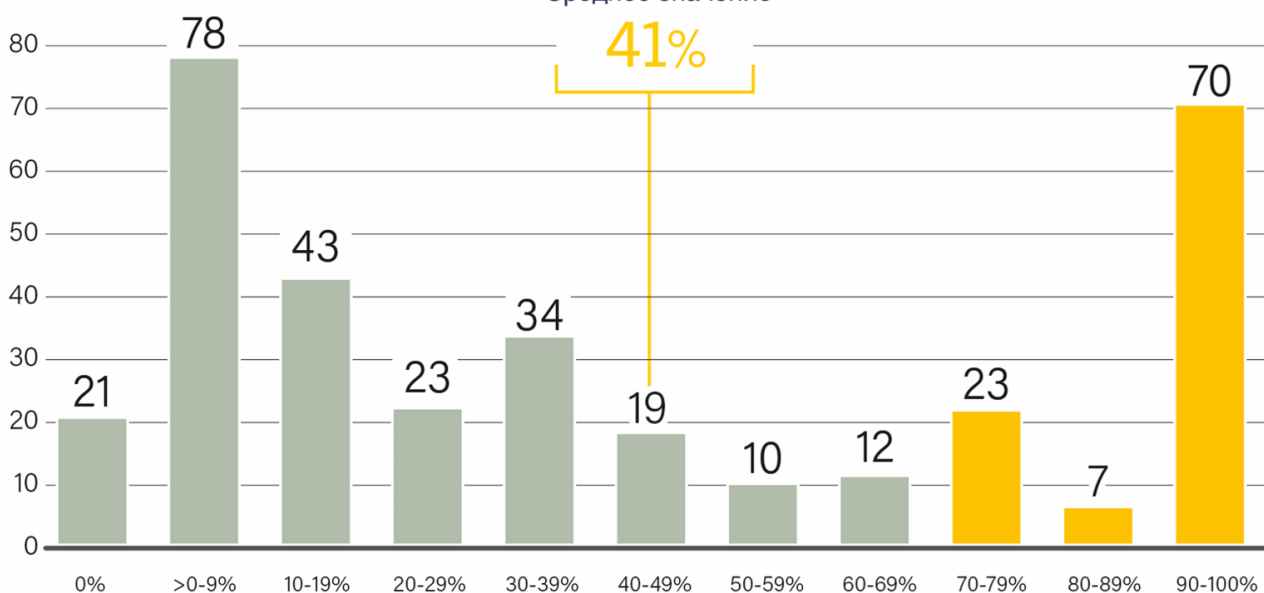
## Число городов с обязательствами в области ВИЭ в электроэнергетике, по доле ВИЭ, в 2017 году



Среднее значение

41%

Число городов



**2025г.**

Немецкий Мюнхен и столица Дании – город Копенгаген – перейдут на 100% ВИЭ в электроэнергетике.

**2030г.**

Столица Японии – Токио – перейдет на 30% ВИЭ.

Норвежский город Берген намеревается перейти на ВИЭ в теплоэнергетике.

**2040г.**

Японский город Фукусима будет полностью обеспечивать свои потребности в электроэнергии за счет ВИЭ.

Полностью возобновляемым должно стать отопление/охлаждение в Гааге.

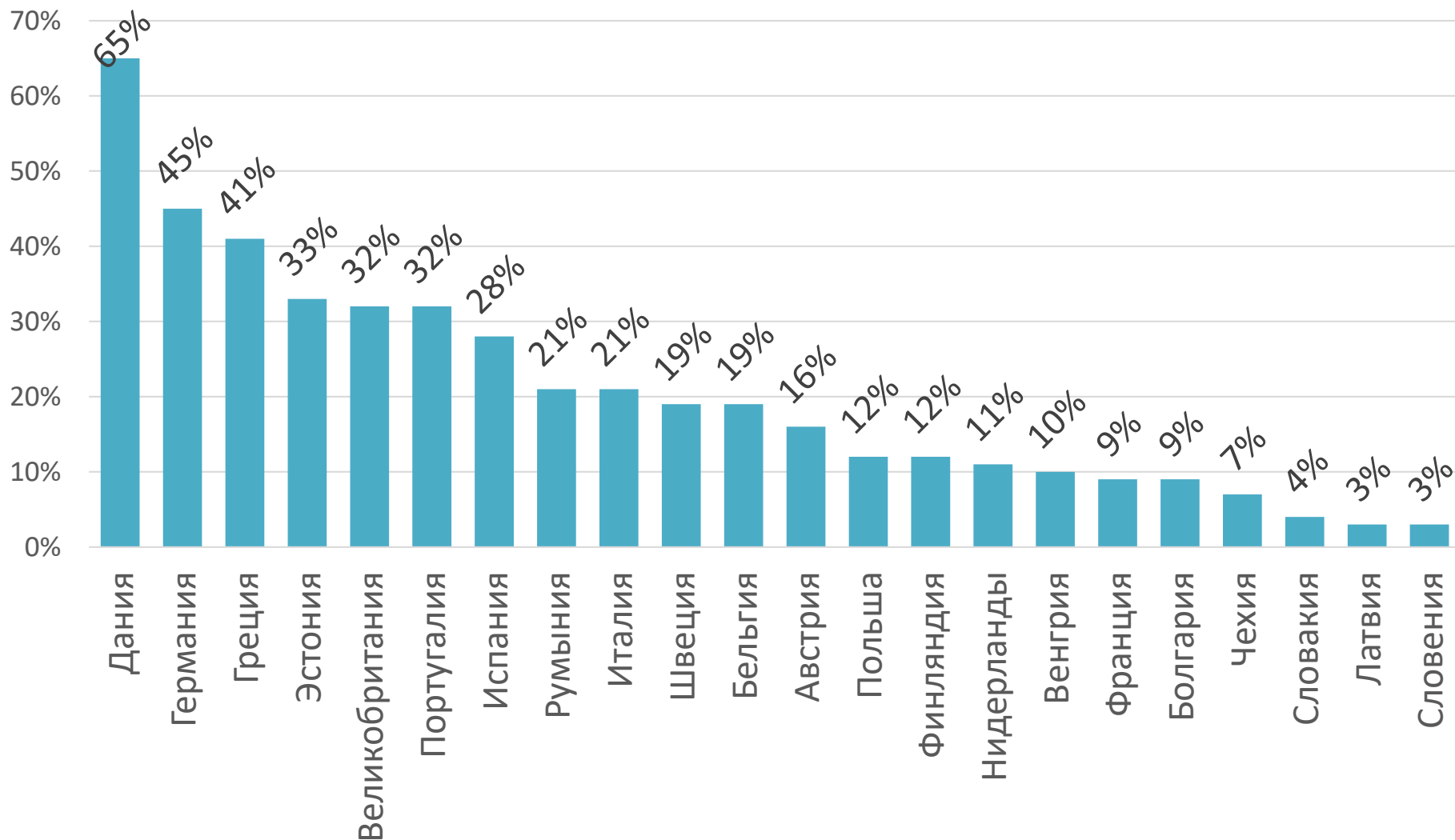
**2050г.**

Мадрид, Париж, Манчестер, Бонн и Ганновер – полностью перейдут на ВИЭ в электроэнергетике.

Полностью возобновляемым должно стать отопление/охлаждение в Женеве и в Манчестере.

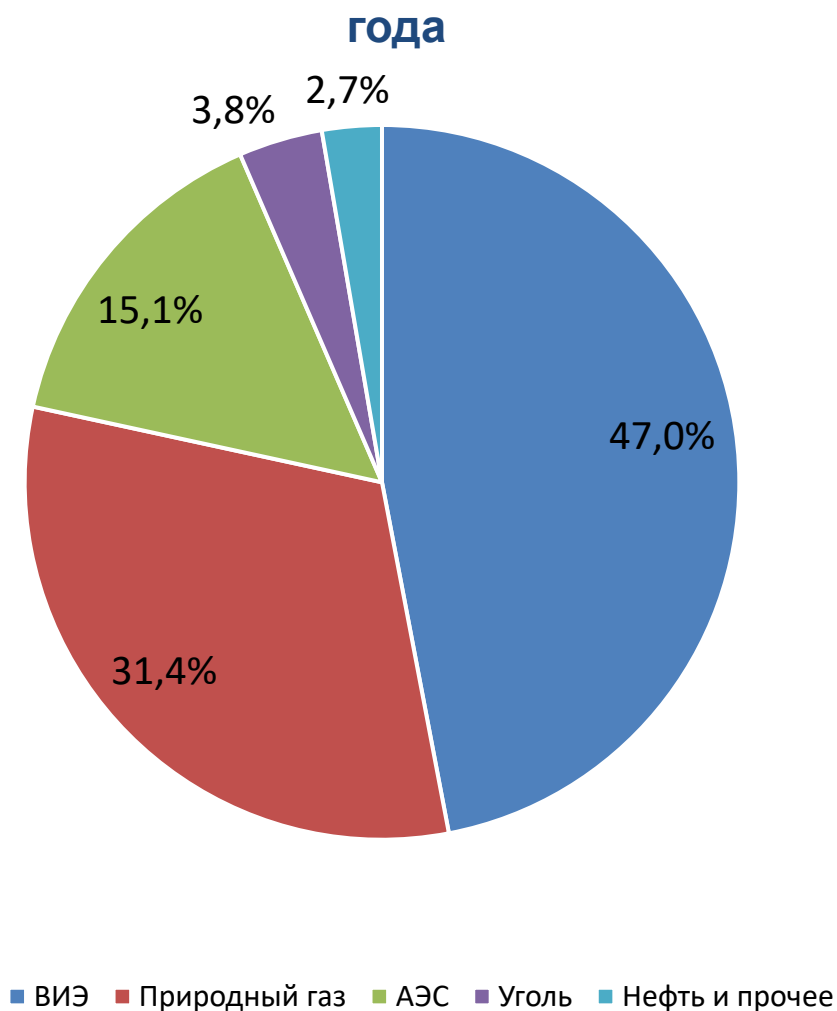
В 2017 году в мире насчитывалось не менее 100 городов с обязательствами по переходу не менее чем на 70% ВИЭ в электроэнергетике.

## Доля ветряной и солнечной энергетики в генерации электроэнергии в странах Европы в апреле 2020 года (28 марта – 26 апреля 2020 года)





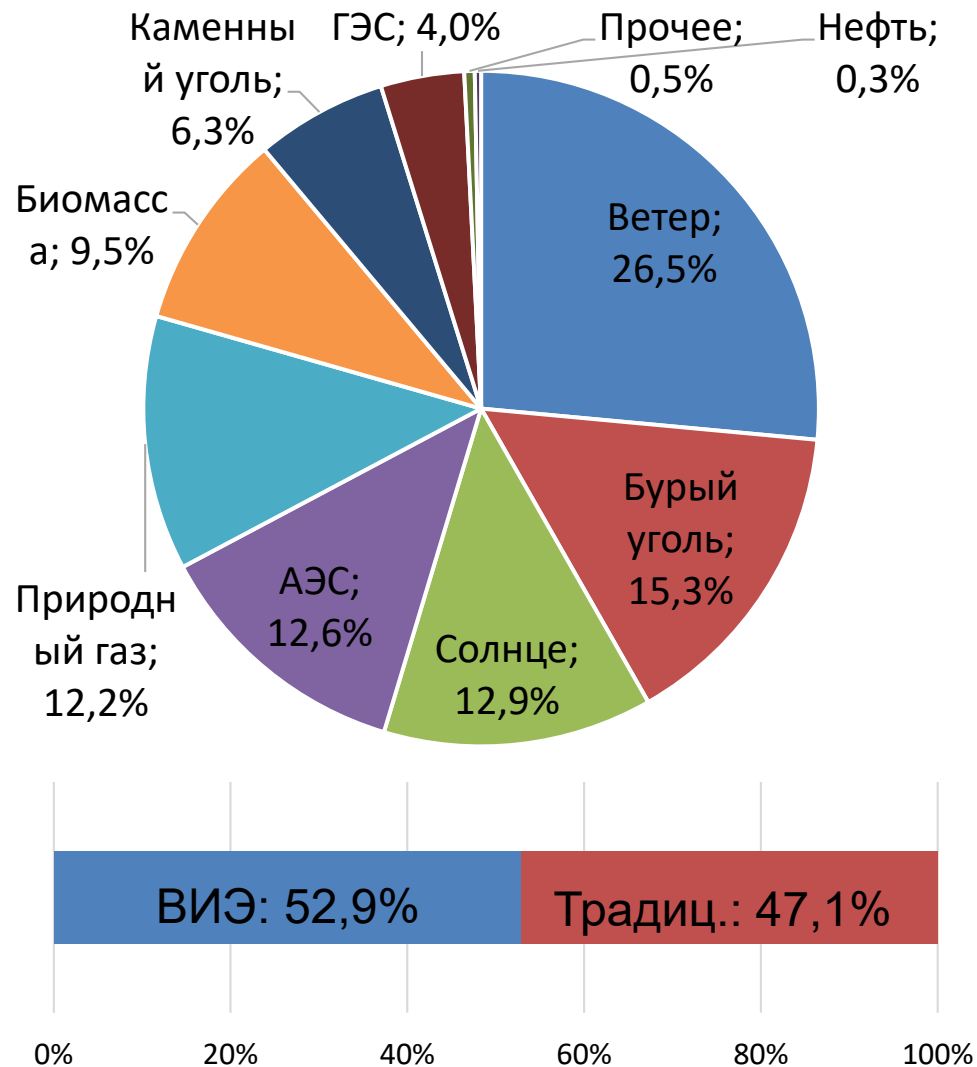
## Структура генерации электроэнергии в Великобритании в I квартале 2020 года



Источник:

<https://www.theguardian.com/business/2020/jun/25/renewable-energy-breaks-uk-record-in-first-quarter-of-2020>

## Структура генерации электроэнергии в Германии в январе-октябре 2020 г.



Источник: [https://energy-charts.info/charts/energy\\_pie/chart.htm?l=en&c=DE](https://energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=en&c=DE)



## Влияние НВИЭ на надёжность у поставщика: выдавливание из баланса теплофикационной выработки ТЭЦ

**Табл. 2. Коэффициент использования установленной мощности электростанций ЕЭС России**

Тип стан-ции	год	КИУМ, %			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
ВЭС	2015		6,35	4,99	9,97
	2016	6,72	5,52	3,45	5,29
	2017	17,53	10,3		
СЭС	2015	-	23,81	22,64	19,93
	2016	8,14	20,77	18,85	5,51
	2017	10,99	20,32		

Источник: Анализ показателей балансов электрической энергии и мощности ЕЭС РФ за 1-4 кварталы 2016 года и 1-2 кварта-лы 2017 года, СО ЕЭС.

Активное строительство ВЭС и СЭС по наличию ресурса, а не по наличию потребителя, без проведения системного анализа привело к ситуации, когда **значительная часть произведенной электроэнергии теряется в электрических сетях.**

## Влияние НВИЭ на устойчивость энергосистемы

**Комплекс ветроэлектростанций Ганьсу** — группа крупных [ветроэлектростанций](#) в провинции [Ганьсу](#) в городском округе [Цзюцюань](#), [КНР](#). В ноябре [2010 года](#) установленная мощность станций достигла 5,16 [ГВт](#).

Планируемый рост мощности составляет — 5,16 ГВт к 2010 году, 12,71 ГВт к 2015 и 20 ГВт к 2020 году.



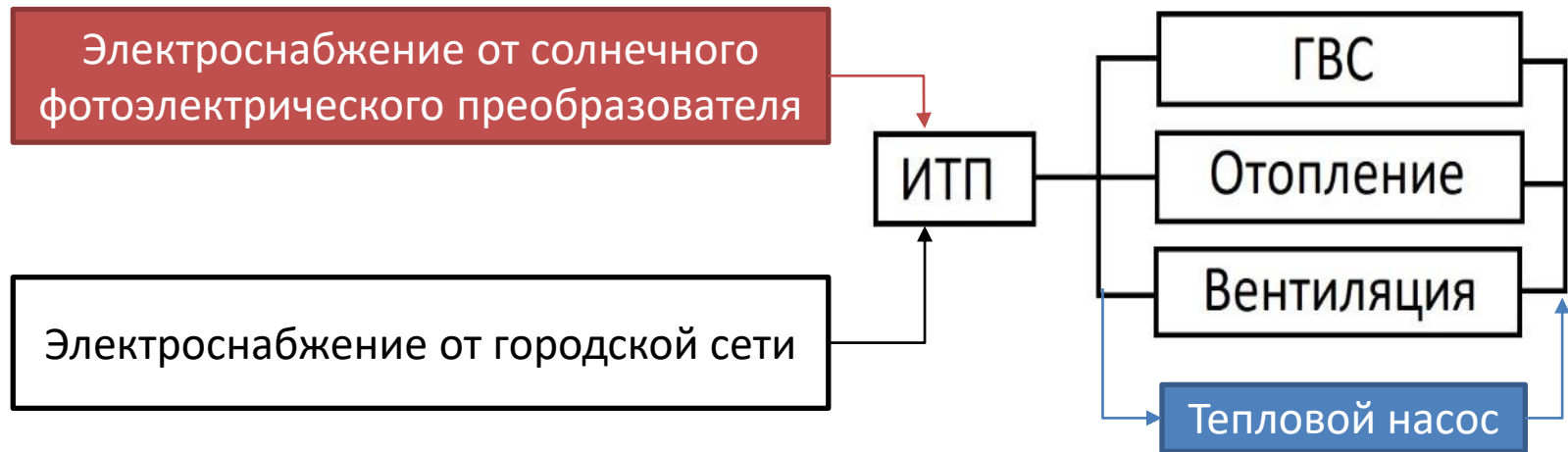
Доля выработки электроэнергии ВЭС и СЭС в энергобалансе Китая в 2016 году составила всего **5,3%** (СЭС – 1,1%, ВЭС – 4,2%), а уже **возникли серьезные проблемы в электрических сетях** и введено ограничение на строительство новой генерации.

В 2008 году велось строительство линии ЛЭП напряжением 750 кВ для передачи вырабатываемой электроэнергии. Электричество, производимое энергоузлом, продается по цене 0,54 юань/[кВт·ч](#) ( $\approx 2,5$  [руб](#)/кВт·ч).

**При какой доле выработки ЭЭ и ТЭ от НВИЭ переступается граница устойчивости энергосистемы страны мегаполиса?**

Источник: [Снижение эмиссии CO2: развитие когенерации или строительство ВИЭ? С.С. Белобородов, электронный](#)

## Влияние НВИЭ на надёжность у потребителя: благо или нет?



$$P(\text{сист. теплоснабж.}) = P(B_{\text{ГЭЭ}}) + P(B_{\text{ИТП}}) + P(A_{\text{ГВС}})P(A_{\text{От}})P(A_{\text{ВЕНТ}})$$

$$P'(\text{сист. теплоснабж.}) = P(B_{\text{ГЭЭ}}) + P(B_{\text{ИТП}}) + P(A_{\text{ГВС}})P(A_{\text{От}})P(A_{\text{ВЕНТ}})P(A_{\text{ТН}})$$

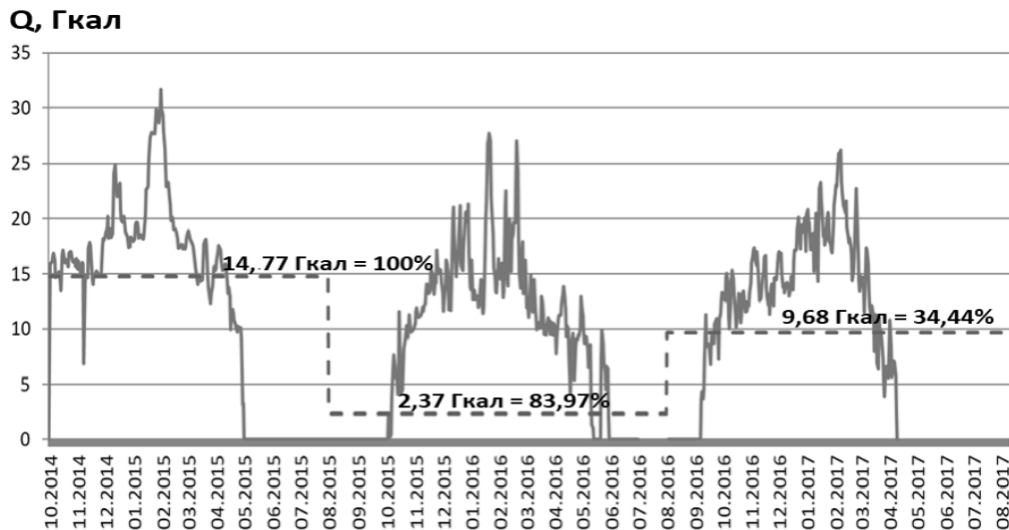
Вероятность отказа:  $P' > P$

$$P''(\text{сист. теплоснабж.}) = P(B_{\text{ГЭЭ}})P(B_{\text{СФЭП}}) + P(B_{\text{ИТП}}) + P(A_{\text{ГВС}})P(A_{\text{От}})P(A_{\text{ВЕНТ}})P(A_{\text{ТН}})$$

Вероятность отказа:  $P' > P'' > P$

**Чем выше сложность (приборонасыщенность) системы, тем вероятнее её отказ**

## Особенности эксплуатации

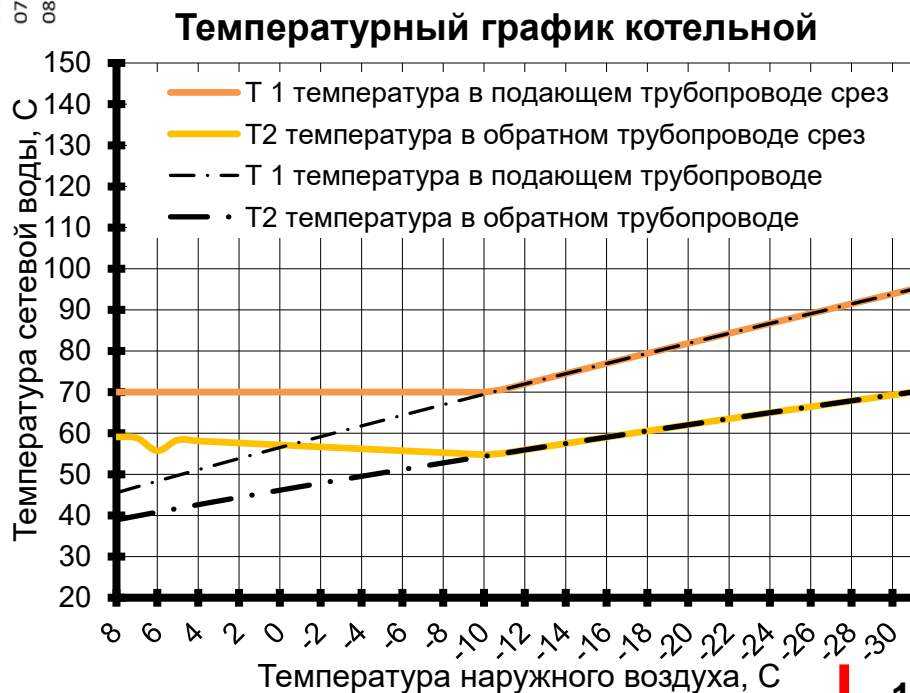


Эффект отскока при внедрении ИТП в МКД Москвы

### 2. Физический износ элементов теплоэнергетической системы :

- отложения в сетях потребителя;
- отложения в теплообменниках и котле;
- изменение гидравлических режимов в виду проведённых ремонтов;
- несоответствие фактических температурных графиков котельных утвержденным из-за отсутствия автоматизации при топливоподаче и пр.

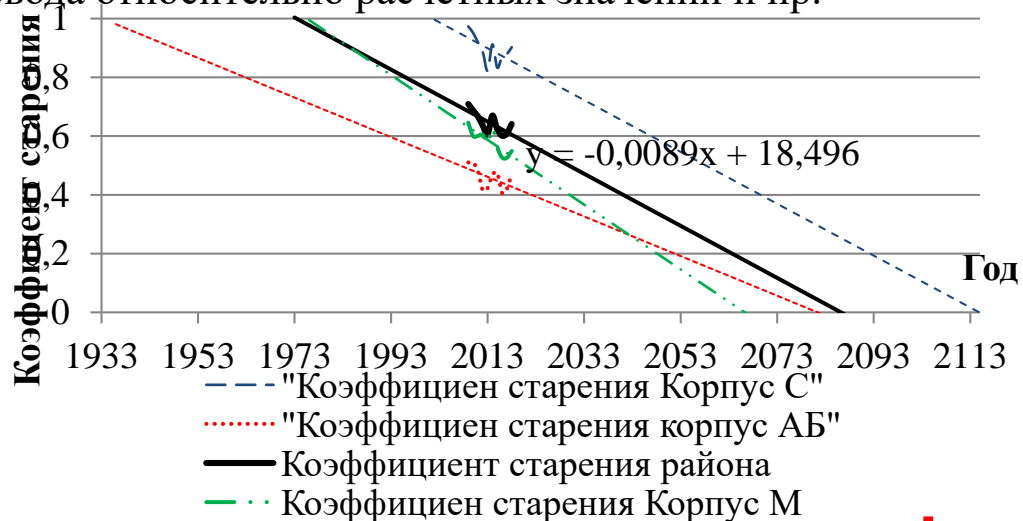
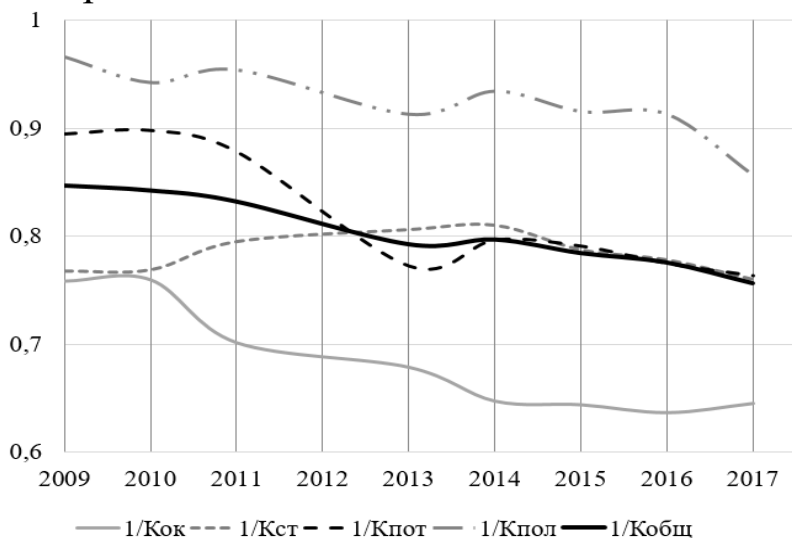
1. Эффект отскока. Принято выделять основных причины: сбой настроек микроконтроллера ИТП, отказ термодатчиков, дополнительное утепление комнат установки термодатчиков и пр.



## Физический износ (старение) ограждающих конструкций зданий

### 3. Определение влияния на потребление энергоресурсов (существенные различия по сравнению с бухгалтерской амортизацией):

- учёт наличия негативной связи между выбросами парниковых газов в атмосферу от ТЭЦ из-за интенсивности энергопотребления городом и **тепловым островом города**, возникающим и удерживающимся **как в зимний, так и в летний периоды**;
- учёт наличия негативной связи между **повышением влажности воздуха** из-за выбросов водного пара в атмосферу от ТЭЦ и **ускоренным снижением величины теплового сопротивления ограждающими конструкциями** зданий из-за увеличения циклов переходов через ноль конденсата на поверхности стен;
- учёт наличия негативной связи между **повышением влажности воздуха** из-за выбросов водного пара в атмосферу от ТЭЦ и **изменения интенсивности теплопотерь** изучением по причине изменения заоблаченности небосвода относительно расчётных значений и пр.



Тенденция старения группы зданий

# Возможные эффекты для здания

Виды эффектов	Составляющие эффектов
Энергетические	1. Высвобождение мощности за счёт НВИЭ; 2. Улучшение энергетических характеристик зданий и экономия энергоресурсов за счёт НДТ
Экономические	Снижение доли топливно-энергетических ресурсов в себестоимости продукции, рост (в том числе удельный) производительности, товарооборота, производства услуг, повышение капитализации зданий
Эргономические	Улучшение условий труда, комфортности пребывания, микроклимата в учебных, рабочих и жилых помещениях
Социальные	Повышение ответственности за эффективное использование ресурсов, производительности труда
Экологические	Сокращение одного или нескольких воздействий на окружающую среду (выбросов в атмосферу, водные источники, шума, отходов)
Финансовые	Снижение платежей за энергоресурсы, экономия и высвобождение бюджетных средств (на оплату энергоресурсов), снижение сумм оплаты за ресурсы, окупаемость мероприятий

# Комфортное здание Москвы

**Показатели, например, для офисных зданий:**

## **Безусловные:**

1. Цена за аренду площади;
2. Состояние арендной площади;
3. Безопасность;

## **Желаемые:**

1. Цена за эксплуатацию должна быть маленькой;
2. Комфорт в офисе;
3. Транспортная доступность;
4. Наличие парковки;
5. Развитая инфраструктура сопутствующих услуг, питания и пр.



## Комфортное здание Москвы



**Бизнес-центр Silver City (г. Москва, Центральный административный округ (ЦАО)  
Таганский район)**

### **1. Сделаем естественное освещение доступнее:**

- **снизит плату за электроэнергию,**
- **повысит комфортность пребывания,**
- **стабилизирует биоритмы человека.**

## Комфортное здание Москвы



### Бизнес-центр Silver City

2. Все ограждающие конструкции – светопрозрачные.

**Скорее всего панорамные окна будут быстрее выхолаживаться**

**Цель – сделать из здания «термос»**

**1.=> особое внимание качество стеклопакетов и отсутствию мостиков**

**холода:  $R_{\text{СТЕН}} \geq 4.0 \text{ (м}^2 \times \text{°C)/Вт}$**

**2.=> требуется выбор системы отопления. Предпочтительно: 20% Q - встроенный в пол конвектор; 80% Q – воздушное отопление с чувствительным регулированием по системе датчиков внутри помещения для устранения перетопов.**

## Комфортное здание Москвы

3. Требуется утилизация низкопотенциального тепла вентиляционных выбросов с последующим запуском (рекуперация):

- 1.=> в контур системы подогрева приточного воздуха
- 2.=> в контур ГВС

**Цель: 100% тепловой энергии вернуть в контур энергоснабжения.**



4. Система освещения – максимально экономичная:

- 1.=> светодиодные светильники
- 2.=> интеллектуальные системы управления освещением
- 3.=> дополнительные тепловыделения от осветительных электроприборов необходимо использовать

5. Использование электрооборудования с классами энергоэффективности А и выше

**Цель: не более 80Вт/кв.м.**

6. Использование тепловыделений персонала и посетителей при утилизации
7. Использование тепловыделений электрооборудования

# Комфортное здание Москвы

8. Система охлаждения здания должна быть комбинирована с системой транспорта тепловой энергии

1.=> использование тепловыделений от чиллера для системы теплоснабжения здания

2.=> сбор конденсата

Ну а если мы собираем конденсат, то:

3.=> разделение сливов воды и сбор технической воды

4.=> сбор дождевой воды для последующего использования

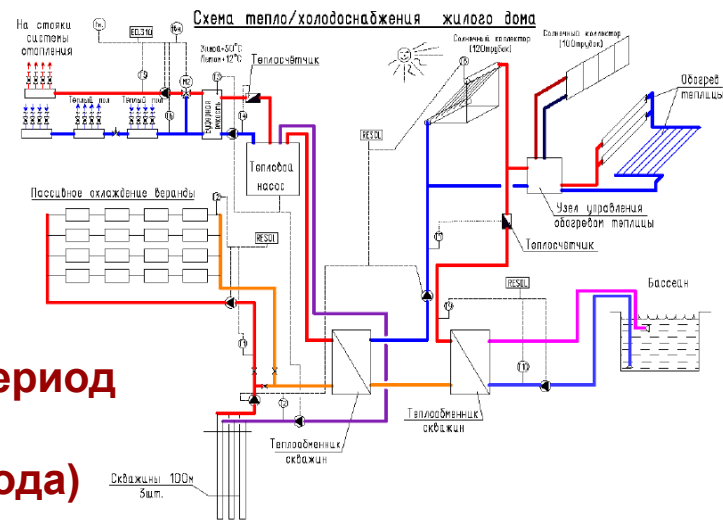
Цель: не более 15л./чел.

Поскольку есть прилегающая территория, то:

5.=> использование теплового насоса, для получения дополнительного теплового потока за счёт использования теплового градиента земли

6.=> использование части теплового насоса как устройства получения холода в летний период

7.=> использование теплового насоса как аккумулятора тепловой энергии (тепла и холода)





## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 1: поскольку в здании появляется система накопления и использования технической воды, то целесообразно **разделить потоки сбросной воды на 2 типа**: из писсуаров, унитазов, моек кухни и пр. – в канализацию, из раковин, душевых бассейна, слива прачечной, слива посудомоечных машин – **в систему накопления технической воды**. Такое мероприятие приведёт к дополнительному удорожанию, но позволит снизить затраты на водопотребление зданием.

Эффект 2: поскольку в здании появляется система накопления и использования технической воды, то целесообразно модернизировать **систему отвода дождевой воды и направить её в систему накопления технической воды**. Бак накопитель необходимо будет дополнительно оснастить системами фильтрации и обеззараживания. Такое мероприятие приведёт к дополнительному удорожанию, но позволит снизить затраты на водопотребление зданием.

## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 3: поскольку около здания находится территория с зелёными насаждениями, то целесообразно осуществить **использование теплового насоса**, для получения дополнительного теплового потока за счёт **использования теплового градиента земли**. Это позволит снизить затраты на систему отопления здания и/ или на систему ГВС. Вместе с тем, возрастет нагрузка на затраты электроснабжения здания. В условиях г. Москвы целесообразно отказаться от вертикальных скважин и выполнить тепловой насос горизонтального расположения максимально по всей площади территории.

Эффект 4: если в здании уже предусмотрен **тепловой насос**, то целесообразно выбрать его с возможностью **получения холода в летний период**. Это позволит снизить затраты на систему электроснабжения здания в летний период.

## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 5: если в здании уже предусмотрен **тепловой насос**, то целесообразно использовать его часть **в качестве аккумулятора тепловой энергии (тепла и холода)**. Это позволит в ночные часы при недорогом тарифе на электрическую энергию охлаждать (летом) или нагревать (зимой) некоторый объём теплоизолированного под землёй теплоаккумулятора. А в дневные часы, когда тариф на электрическую энергию большой, извлекать накопленную тепловую энергию из теплоаккумулятора, снижая тем самым затраты на эксплуатацию системы электроснабжения здания.

Эффект 6: поскольку в здании достаточно большое внимание уделяется воздушному отоплению и соблюдению теплового баланса здания, то необходимо максимально **уменьшить тепловую инерцию здания**. Таким образом, **все внутренние перегородки здания должны быть выполнены из материалов, обладающих незначительной тепловой инерцией**. Здание должно быть легко нагреть / охладить.

## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 7: поскольку кровля здания не затемняется на протяжении всего светового дня, принято решение об **установке** на кровле ВИЭ: **солнечных фотоэлектрических преобразователей**.

Эффект 8: установка ВИЭ потребует установки аккумуляторов электрической энергии и преобразователей DC/AC, что удорожает проект и несколько сокращает полезную площадь здания на нужды оборудования пом. аккумуляторной.



## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 9: Поскольку в здании присутствуют **электрические нагрузки I-й категории** электроснабжения, которые должны быть включены постоянно, принято решение о **присоединении** некоторых из них к **аккумуляторам СФЭП** (теперь БАП не отягощение, а дополнительная возможность!!):

- дежурное освещение;
- указатели «Выход» и эвакуационное освещение;
- автоматика систем контроля доступом;
- лифтовая автоматика;
- автоматика системы пожаротушения;
- система охраны;
- система видеонаблюдения;
- система телефонизации здания;
- система часофикации здания;
- система управления ИТП;
- система internet;
- система управления внутренним освещением;
- система управления наружным освещением;
- серверная и пр.

## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 10: поскольку в здании существует **ввод природного газа**, то принято **решение об установке топливного элемента** с системой работы на  $\text{CH}_4$ . Это позволит создать резерв собственной генерации зданием как по тепловой, так и по электрической энергии.

Эффект 11: Наличие постоянного источника **позволит снизить мощность Технических условий на присоединение по электроэнергии**, что снизит стоимость подключения к электросети города.

Эффект 12: **наличие дополнительного источника электрической энергии** позволило упростить проект подключения к системе внешнего электроснабжения в части **соблюдения категоричности объекта**.

## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 13: Наличие собственного источника электроэнергии и аккумуляторов с ВИЭ позволило **создать более гибкую систему накопления и потребления электроэнергии**. В часы наибольшей стоимости электроэнергии по трёхставочному тарифу часть электропотребителей здания полностью переводится на электроснабжения от собственного источника, что даёт дополнительный экономический эффект.

Эффект 14: поскольку выработка электрической энергии **топливным элементом** приводит к выработке достаточных объёмов нагретой воды, то **необходимо увеличить накопительные ёмкости технической воды**.

Эффект 15: наличие постоянного источника тепловой энергии **позволило снизить затраты на отопление здания в зимний период и на ГВС - в летний период**.

## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Эффект 16: наличие избыточных объёмов тепловой энергии утилизируется либо с применением АБХМ, либо посредством использования в иных потребителях здания. Часть из такого рода потребителей **нужно предусмотреть на этапе проектирования здания: кухня, пунктов питания, бассейн, лобби с большим внутренним объёмом воздуха, оранжерея и т.д.**

Эффект 17: **большой объём технической воды**, дождевой воды и воды из топливного элемента после механической, биологической, химической очисток целесообразно использовать на нескольких водоразборных устройствах, часть из которых **должна быть предусмотрена на этапе проектирования здания:** смыв в туалетах и писсуарах; **полив растений в оранжереи** и в летний период - **на прилегающей территории**; мойка полов в офисной части здания; мойка колёс при въезде на парковку; мойка полов в помещениях автопарковки; **помыв автомобилей (как оказание дополнительных услуг как сотрудникам, так и прочим автовладельцам)** и пр.

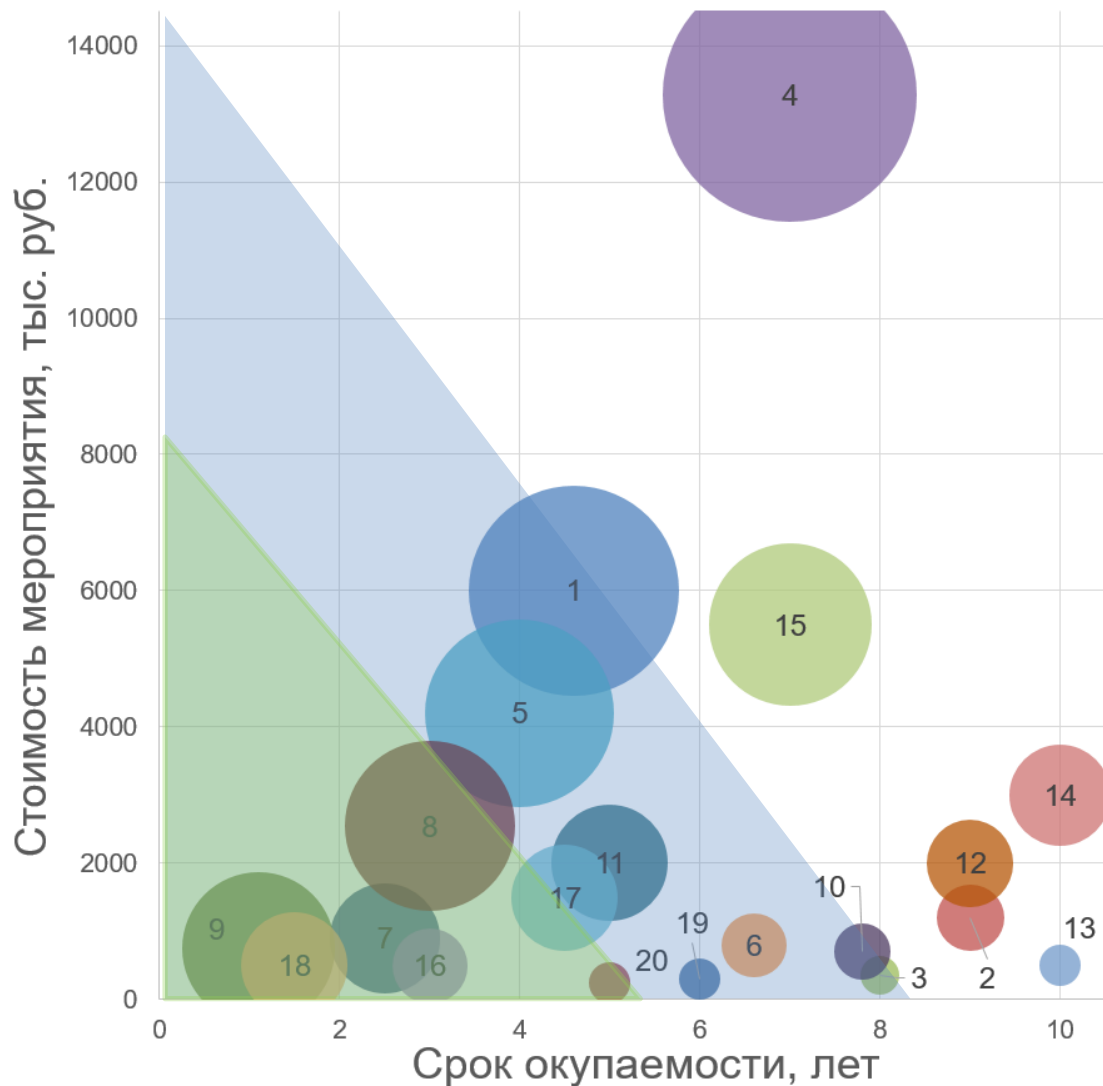
## Целесообразные-необходимые «бонусы»

Это позволит не только снизить затраты на объём потребляемой зданием воды питьевого водопровода, но и обеспечить устойчивый доход за счёт **диверсификации сфер деятельности** офисного центра.

Приведённым примером наглядно показано, что использование одного улучшения (переход к панорамным окнам) явилось причиной как минимум 30 крупных изменений в 10 инженерных системах здания:

1. конструктивная часть;
2. архитектурная часть;
3. система теплоснабжения здания;
4. система электроснабжения здания;
5. система горячего водоснабжения здания;
6. система водопровода технической воды;
7. система кондиционирования здания;
8. система эксплуатации прилегающей территории;
9. проектирование внутренних интерьеров
10. применение отделочных материалов.

# ДИАГРАММА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ



## Наиболее быстрокупающиеся мероприятия

- 9. Шаровые смесители с аэраторами с ограничением до 4л/мин
- 7. Стабилизация напряжения
- 16. Переход на пониженное теплотребление в нерабочее время, праздничные и выходные дни
- 20. Стиральные машины с расходом 40л на цикл
- 18. Душевой водораздатчик с расходом воды менее 6л/мин

**«Типовой» набор  
НВИЭ повышает  
CAPEX  $\approx 6 \div 7$  тыс.  $\text{Р}/\text{м}^2$**

## Рекомендуемые мероприятия

- 1. Узел регулирования с погодозависимой автоматикой
- 5. Индивидуальные приборы авторегулировки систем отопления
- 8. Светодиодные светильники
- 17. Сенсорные смесители с расходом воды 8л/мин
- 11. Рекуператор тепловой энергии с промежуточным теплоносителем в приточных вентиляционных системах
- 6. Промывка системы теплоснабжения
- 19. Посудомоечные машины с расходом воды менее 13л на цикл

## Длительно окупающиеся мероприятия

- 2. Солнечная электростанция мощностью 45 кВт
- 3. Солнечный водонагреватель 500 л.
- 4. Тепловой насос 55кВт в компл. буферный теплоаккумулятор 2,4 куб.м.
- 10. Двухпозиционная арматура сливного бачка унитаза
- 12. Система управления освещением
- 13. Рекуперация в лифтовых установках
- 14. Применение высокоэффективной тепловой изоляции воздуховодов
- 15. Установка частотных преобразователей на электродвигателях вентиляторов

# Благодарю за внимание!

**Гужов Сергей Вадимович**

**Директор Центра подготовки и проф. переподготовки  
"Энергоменеджмент и энергосберегающие технологии"**

**канд.техн. наук**

**доцент ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»**

**(965) 294-9111**

**[GuzhovSV@yandex.ru](mailto:GuzhovSV@yandex.ru)**