



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Институт проблем ценообразования и  
регулирования естественных монополий

# **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТСП ТОУ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ Г. МОСКВЫ**

Москва, 2018

# **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТСП ТОУ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ Г. МОСКВЫ**

## **РЕЗЮМЕ:**

- сохранение «энергетического кольца» ЛЭП 220 кВ с установкой соответствующих токоограничивающих устройств является эффективным вариантом развития энергосистемы г. Москвы в целях обеспечения надежного энергоснабжения потребителей
- капитальные затраты, связанные с установкой ВТСП ТОУ в 3,5 раза ниже существующих альтернатив
- установка ВТСП ТОУ не окажет существенной тарифной нагрузки на конечных потребителей электроэнергии г. Москвы; максимальный возможный прирост котлового тарифа на услуги по передаче электрической энергии составит до 1,0%, что является приемлемым в текущих условиях ограничения цен;
- прямой ущерб электросетевых организаций при отсутствии решений по предотвращению высоких ТКЗ, связанный с повреждением электросетевого оборудования, может составить до 22 млрд. руб.
- ущерб потребителей при наступлении «стресс-ситуации» в энергосистеме города Москвы может составить до 100 млрд. руб.
- суммарный полезный эффект от установки ВТСП ТОУ, сопряженный с экономией затрат на отключение транзитных ЛЭП 220 кВ, снижения риска аварийности и соответствующих ущербов потребителей, сетевых организаций и бюджета города, составит 148 млрд. рублей.

\*) ВТСП ТОУ – токоограничивающие устройства на основе высокотемпературных сверхпроводников

\*\*) ТКЗ – ток короткого замыкания

# СОДЕРЖАНИЕ

**I. Вызовы и варианты развития Московской энергосистемы с учетом роста токов короткого замыкания**

**II. Оценка тарифных последствий**

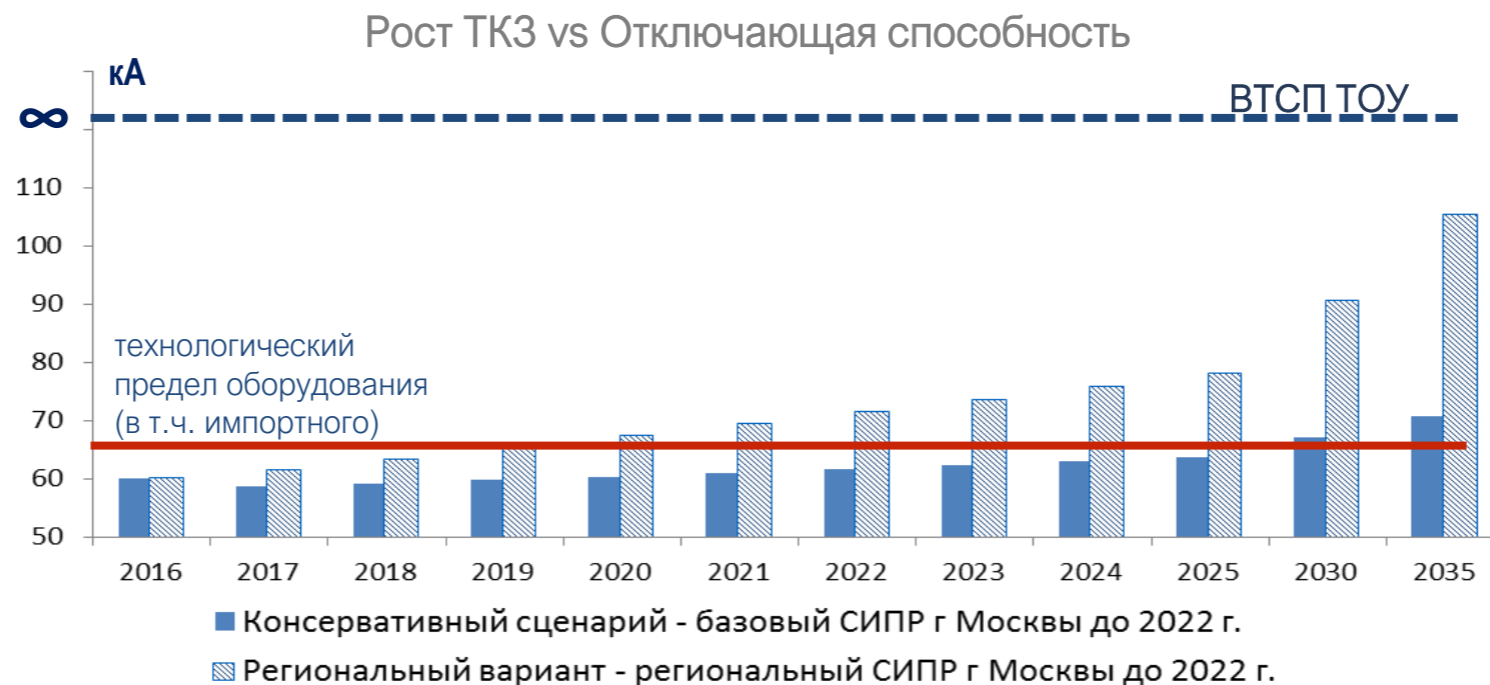
**III. Экономический ущерб от крупных аварий в энергосистемах (мировые примеры)**

**IV. Оценка экономического ущерба потребителей и потерь налоговых поступлений в бюджет**

**V. Оценка экономического ущерба электросетевых организаций**

# **ВЫЗОВЫ И ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ МОСКОВСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С УЧЕТОМ РОСТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**

# ВЫЗОВЫ: СНИЖЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И РОСТ ТКЗ



## □ Обеспечение возможности энергоснабжения потребителей города Москвы с учетом перспективного развития

- Новое строительство
- Сохранение транзитных линий
- Увеличение пропускной способности ЛЭП и свободной трансформаторной мощности
- Применение технологий управления нагрузкой и режимами работы электрической сети

## □ Обеспечение надежности энергоснабжения потребителей города Москвы

- Сохранение «кольцевой» схемы электроснабжения
- Использование современных коммутационных и защитных аппаратов высокого напряжения
- Резервирование
- с 2018 г. по региональному варианту ТКЗ будут превышать допустимые величины для существующего оборудования

Сохранение транзитных КЛ 220 кВ с установкой ВТСП ТОУ рассматривается как потенциально эффективный вариант для обеспечения развития энергосистемы и надежности энергоснабжения потребителей города Москвы

# ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПО ВАРИАНТАМ

Вариант А

установка  
ВТСП ТОУ

Совокупный  
положительный  
эффект

25 млрд. руб.



Эффект получен как разница

- ✓ Сохранение в работе «энергочерез» КЛ 220 кВ (стоимость «+» 46 млрд.руб)
- ✓ Дополнительные капитальные затраты на установку ВТСП ТОУ («-» 21 млрд.руб.)

Вариант В

замена силовых  
выключателей (КРУЭ)

Совокупный  
отрицательный  
эффект

-26 млрд. руб.



Эффект получен как разница

- ✓ Сохранение в работе «энергочерез» КЛ 220 кВ (стоимость «+» 46 млрд.руб)
- ✓ Дополнительные капитальные затраты на установку КРУЭ («-» 72 млрд.руб.)

Вариант С

отключение транзитных  
ЛЭП 220 кВ

Потенциальный  
значительный  
совокупный  
экономический ущерб

- 46 млрд. руб.

- 100 млрд. руб.

- 22 млрд. руб.

- до 1 млрд. руб.

СТОИМОСТЬ ОТКЛЮЧАЕМЫХ  
КЛ 220 кВ

ущерб потребителей

ущерб сетевых организаций

потеря налоговых поступлений

**Итого ущерб до 170 млрд. руб.**

**Совокупный полезный эффект  
от установки ВТСП ТОУ 148 млрд. рублей.**

# **СОХРАНЕНИЕ ТРАНЗИТНЫХ КЛ 220 КВ С УСТАНОВКОЙ ВТСП ТОУ ПОЗВОЛИТ:**

- ✓ **Минимизировать перспективные инвестиционные расходы, направляемые на повышение надежности энергоснабжения в связи с ростом электропотребления в Московской энергосистеме**
- ✓ **Минимизировать риски внешних повреждений, включая обусловленные природным воздействием (удар молнии, штормовой ветер, туман, образование гололеда) и др.**



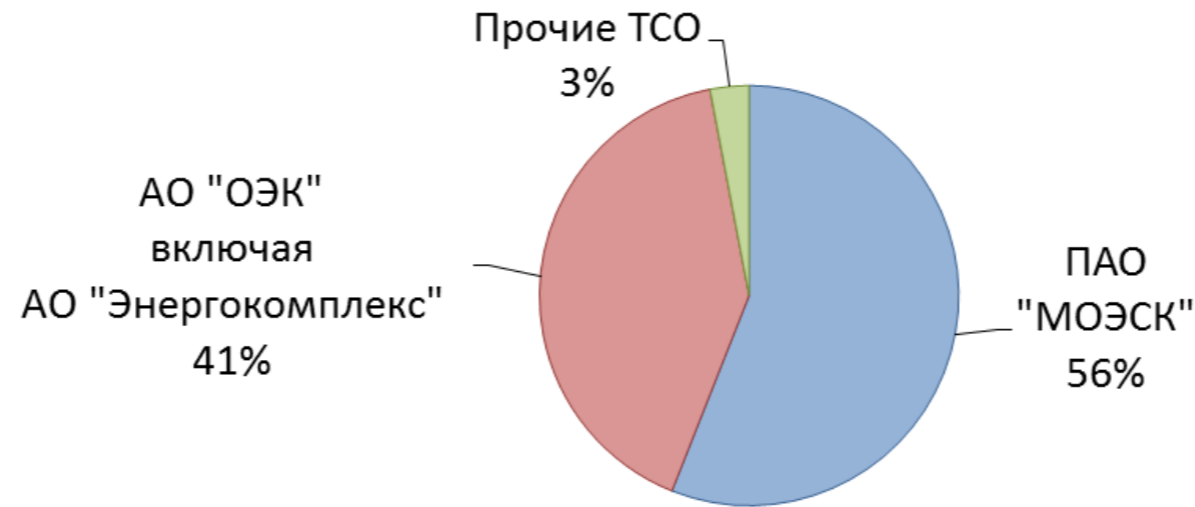
# **ОЦЕНКА ТАРИФНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ**

# ТАРИФНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ: ВЛИЯНИЕ НА КОТЛОВУЮ НВВ

## Параметры расчета

- Метод тарифного регулирования – долгосрочная индексация НВВ
- База расчета – принятые тарифные решения
- Срок амортизации – 35 лет
- Налог на имущество – 2,2%
- Ставка кредитования – 9,6%  
(при учете заемных средств)

## Структура котловой НВВ



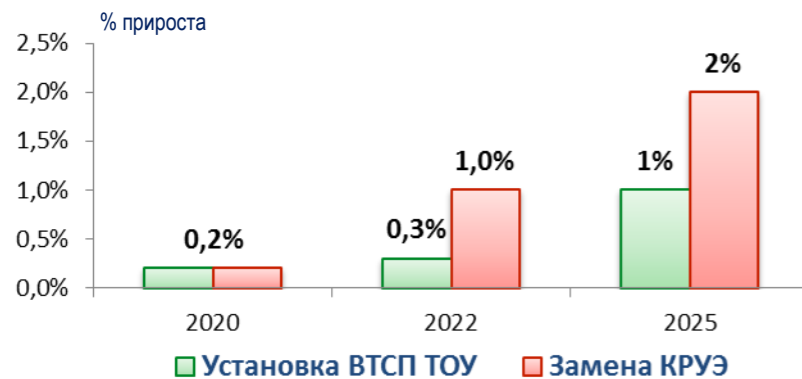
Котловая НВВ электросетевых организаций на 2018 год\*

**81,9 млрд. руб.**

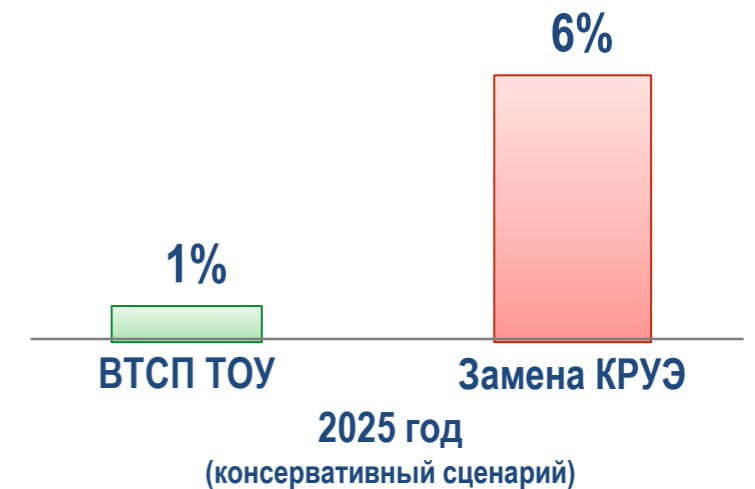
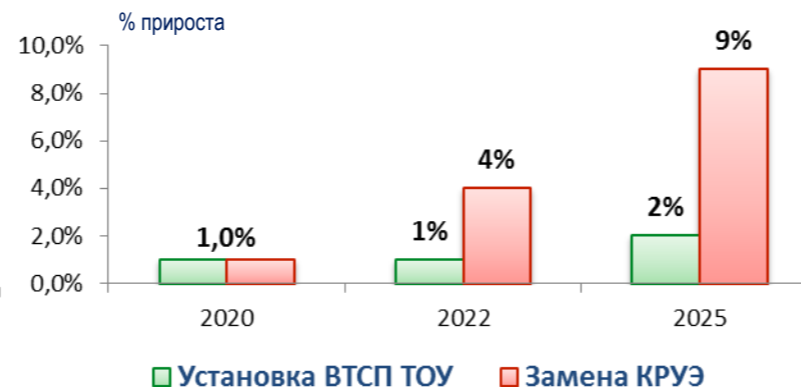
Прирост котлового тарифа на услуги по передаче электроэнергии, связанный с реализацией мероприятий по сокращению ТКЗ

## Влияние мероприятий по сокращению ТКЗ на котловую НВВ

### 100% собственных средств



### 100% заемных средств



### ➤ Прирост котловой НВВ, связанный с CAPEX на реализацию мероприятий по сокращению ТКЗ:

- за счет собственных средств сетевых компаний – не превышает 2% в расчете на год
- за счет заемных средств – до 9% в расчете на год

### ➤ При этом рост сетевых тарифов может быть сдержан за счет роста электропотребления. При прочих равных максимальный рост котлового тарифа складывается в рамках консервативного сценария:

- в случае замены силовых выключателей (КРУЭ) прирост котлового тарифа может сложиться до 6%
- в случае реализации мероприятий по установке ВТСП ТОУ прирост котлового тарифа не превысит 1%

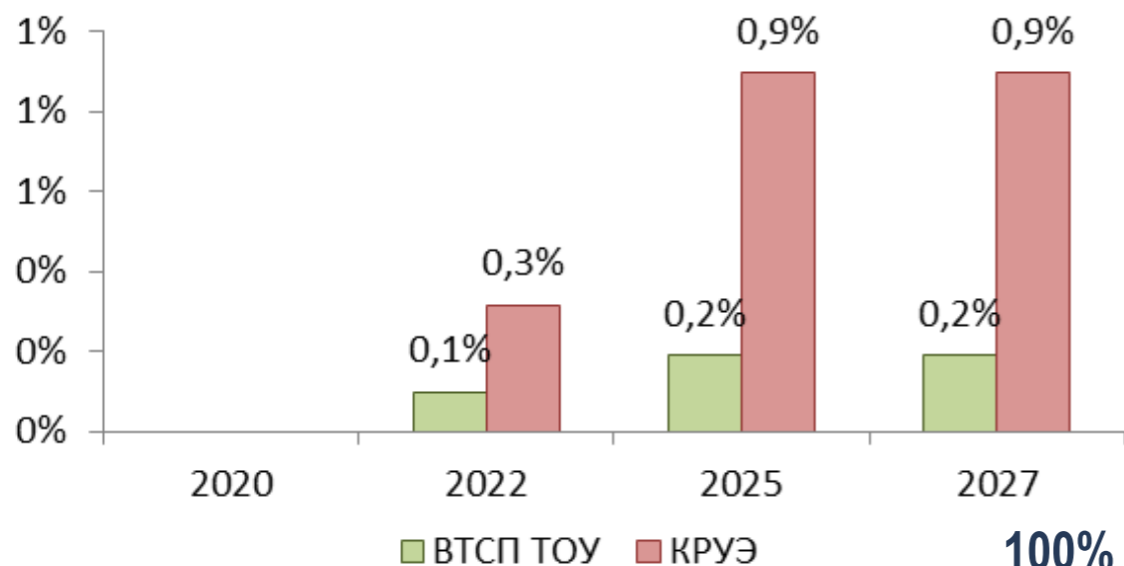
\*) на содержание электрической сети

# ТАРИФНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ

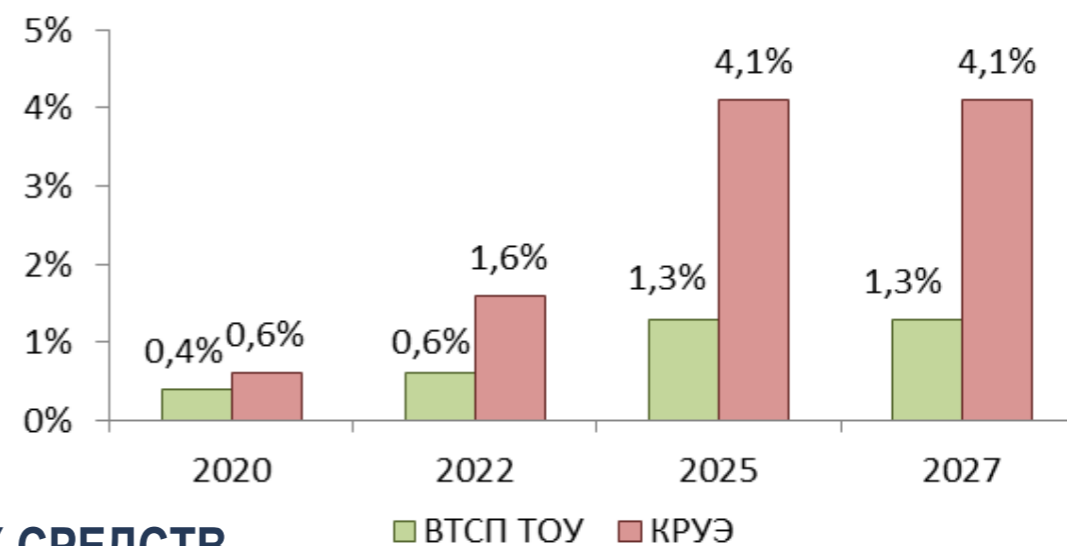
Влияние мероприятий по сокращению ТКЗ на НВВ сетевых организаций (% прироста НВВ)

## 100% СОБСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

ПАО «МОЭСК»

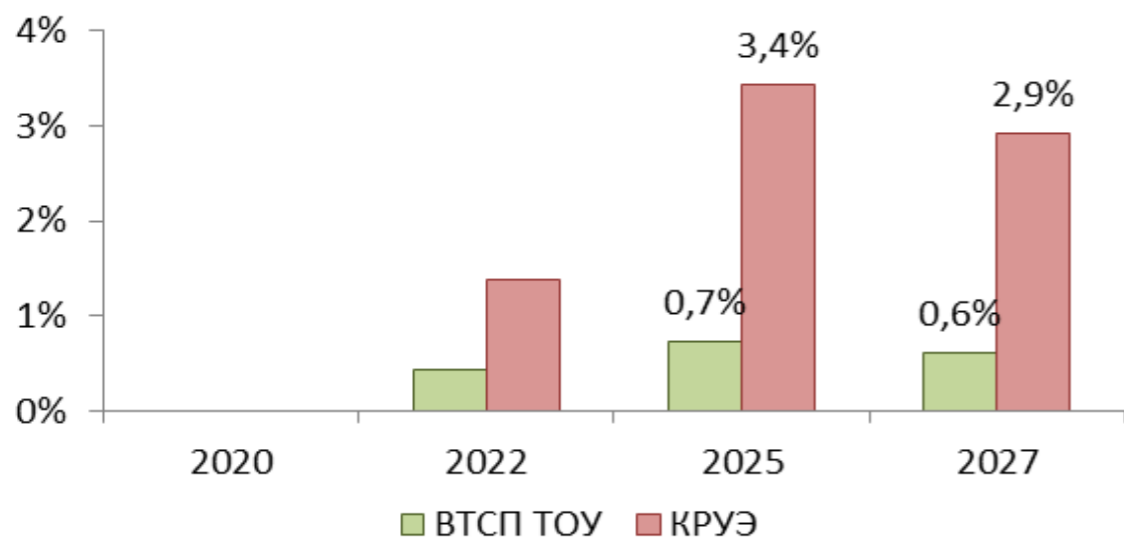


АО «ОЭК» включая АО «Энергокомплекс»

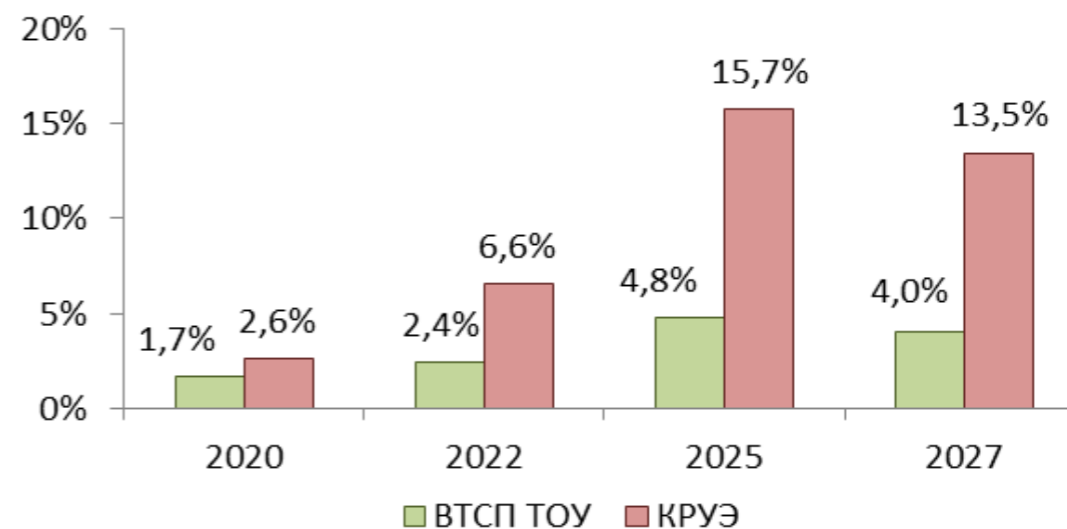


## 100% ЗАЕМНЫХ СРЕДСТВ

ПАО «МОЭСК»



АО «ОЭК» включая АО «Энергокомплекс»



Максимальный годовой прирост необходимой валовой выручки наблюдается для АО «ОЭКС» в 2025 году в случае реализации мероприятий по сокращению ТКЗ посредством замены силовых выключателей (КРУЭ) :

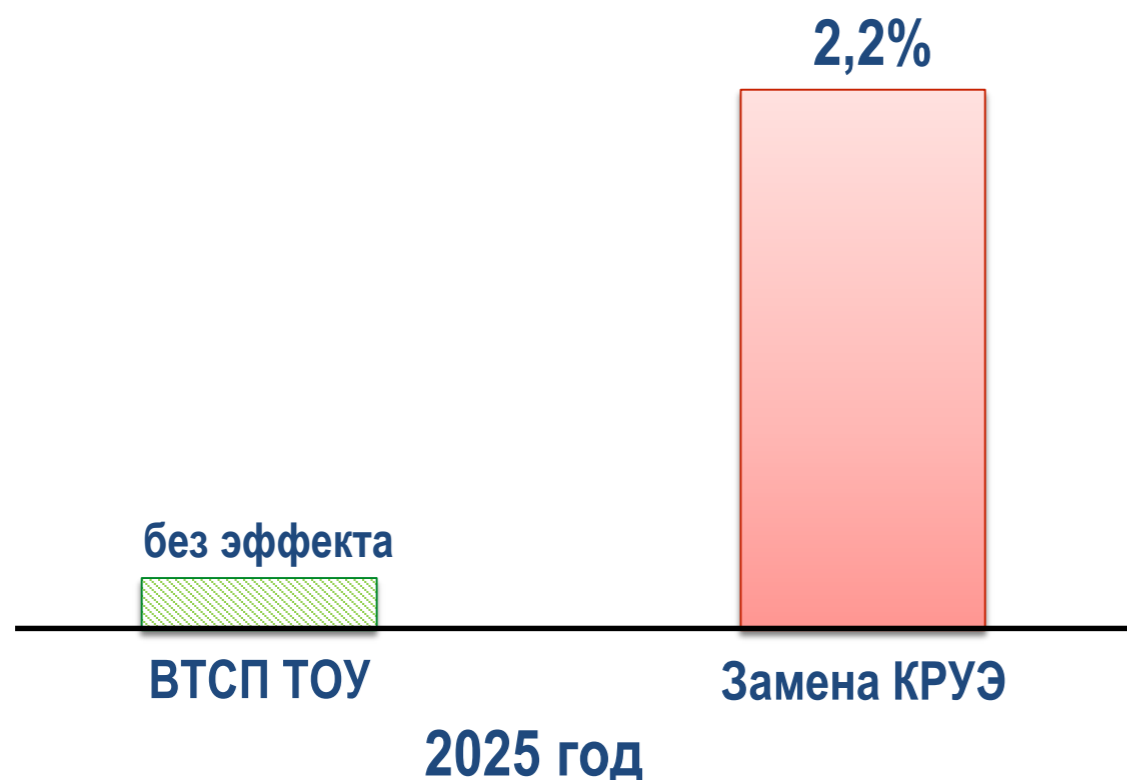
- 4% при реализации мероприятий за счет собственных средств
- 16% при реализации мероприятий за счет заемных средств

# ТАРИФНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Структура розничной цены на электроэнергию для потребителей в г. Москва за 2017 год



Прирост розничных цен на электроэнергию для потребителей города Москвы, связанный с реализацией мероприятий по сокращению ТКЗ



Сценарий расчета:

- Рост электропотребления принят по консервативному сценарию
- Реализация мероприятий осуществляется за счет заемных средств

- Максимальная тарифная нагрузка возникает в 2025 году
- В случае замены силовых выключателей (КРУЭ) прирост розничных цен на электроэнергию может сложиться до 2,2% (при прочих равных условиях)
- В случае реализации мероприятий по установке ВТСП ТОУ влияние незначительно (при прочих равных условиях)

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УЩЕРБ ОТ КРУПНЫХ АВАРИЙ В  
ЭНЕРГОСИСТЕМАХ  
(МИРОВЫЕ ПРИМЕРЫ)**

# КЛЮЧЕВАЯ УГРОЗА – ПРЕКРАЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (1)

## Зарубежные случаи

### ● 1965 год (перегрузка ЛЭП)

Авария в семи штатах США.

**12 часов**

25 млн. человек

207 тыс. км<sup>2</sup>

**150 млн. \$** - оценка ущерба\*

### ● 1977 год (удар молнии)

Нью-Йорк

**25 часов**

9 млн. человек

**1,2 млрд. \$** - оценка ущерба\*

### ● 1996 год (перегрузка ЛЭП)

Южные штаты США

**10 часов**

15 млн. человек

**600 млн. \$** - оценка ущерба\*

### ● 2003 год (КЗ+веерное отключение)

Северные штаты США и Канада

**44 часа**

50 млн. человек

**6 млрд. \$** - минимальный ущерб

Отключено 263 электростанции  
из них 10 АЭС

### ● 2003 год (повреждение ВЛ от деревьев)

Италия

**> 18 часов**

57 млн. человек

**340 млн. \$** - оценка ущерба

Источники данных:

1) <https://en.wikipedia.org>

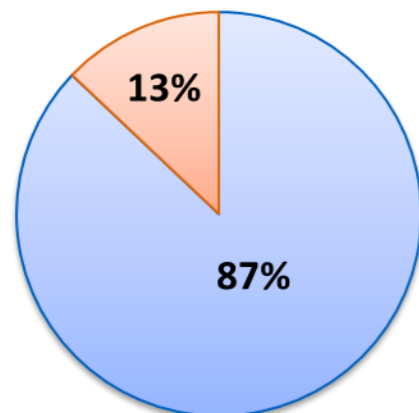
2) <https://www.nwcouncil.org/history/Blackout>

3) <https://www.kommersant.ru>

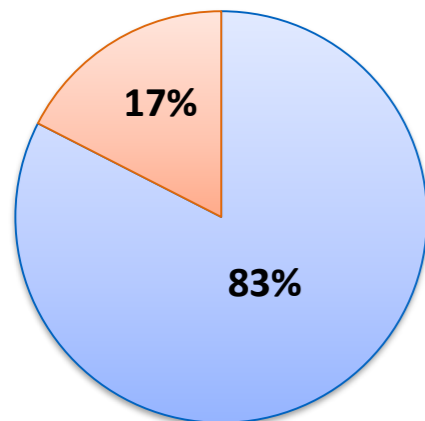
\*) Оценка в ценах 2017 г. по данным источника и НИУ ВШЭ

# КЛЮЧЕВАЯ УГРОЗА – ПРЕКРАЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (2)

## Россия и Москва



■ ВРП г.Москвы за сутки  
■ Экономический ущерб



■ ВРП г. Санкт-Петербурга за сутки  
■ Экономический ущерб

### 2005 год

Авария на ПС «Чагино»  
г. Москва

Длительность ≈ 8 часов  
Экономический ущерб ≈ 1,7 млрд. руб. (≈ 60 млн. \$)

<http://tass.ru>

### 2008 год

Отключение одного из  
трансформаторов на ПС  
«Павелецкая» г. Москва

Длительность ≈ 1-2 часа  
Экономический ущерб < 1 млн. руб. (< 30 тыс. \$)\*

<https://ria.ru/moscow/>

### 2010 год

Сбой автоматики на ПС  
«Восточная»  
г. Санкт-Петербург

Длительность ≈ 1,5 часа  
Экономический ущерб > 300 млн. руб. (> 10 млн. \$)

<http://expert.ru>

### 2017 год

Сбой кассовых аппаратов  
розничных магазинов  
г. Москва

Один магазин в формате «у дома» за сутки простоя  
потерял около 1 тыс. чеков (≈ 5 тыс. \$)

<https://www.rbc.ru/>

- Аварийные ситуации в любой энергосистеме непредсказуемы и могут быть различны как по масштабам, так и по длительности
- Для минимизации последствий меры по обеспечению надежности должны быть максимальными исходя из наилучших доступных технологий на текущий момент времени

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
УЩЕРБА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ПОТЕРЬ  
НАЛОГОВЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ В БЮДЖЕТ**



# ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ УЩЕРБ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ (РАСЧЕТ ОТ ВРП МОСКВЫ)

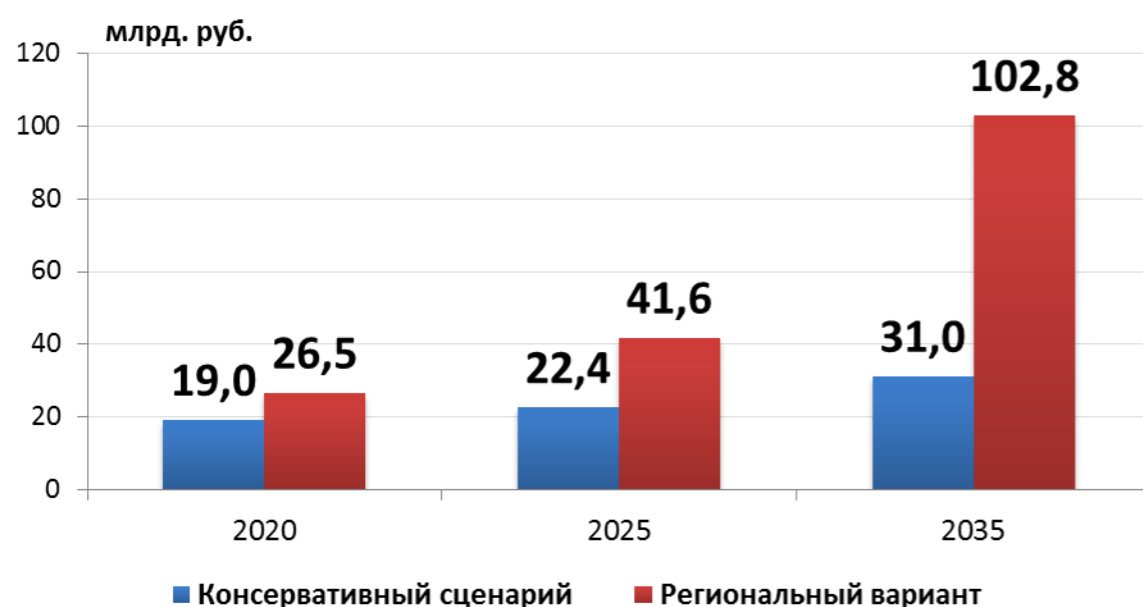
## Модель № 1

- 8 часов простоя в результате одного перерыва электроснабжения в год
- Blackout в пределах города Москвы
- Базовая величина ВРП г. Москвы\*  $\approx$  14 трлн. руб.

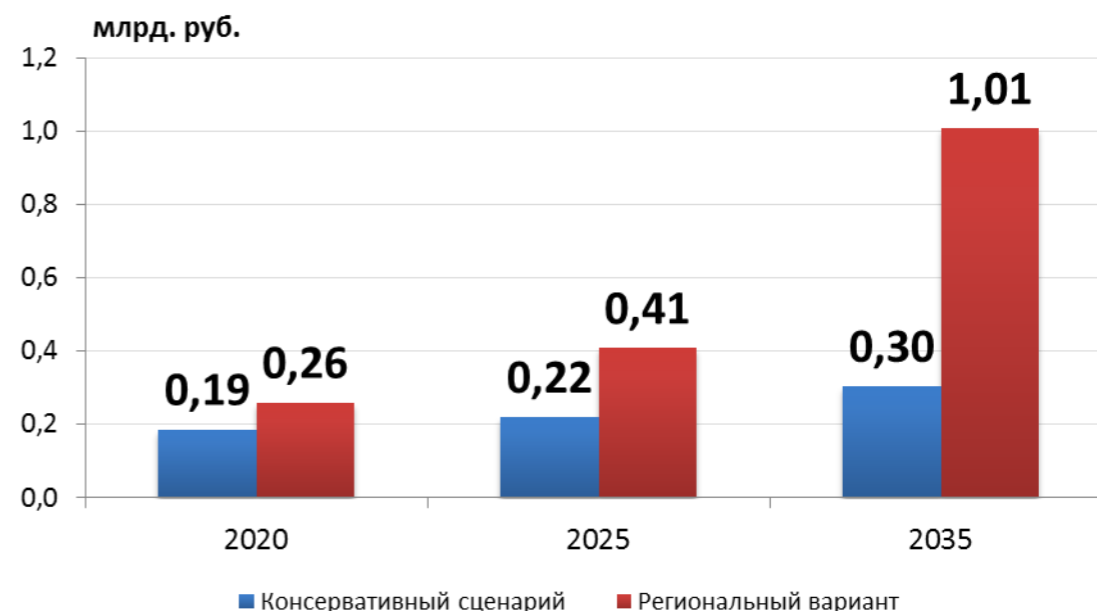
## Экономический ущерб

(без учета времени восстановления производственных линий)

Потеря выручки предприятиями города Москвы



Потеря налоговых поступлений в бюджет



**Blackout энергосистемы города Москвы может привести к значительному экономическому ущербу - сопоставимому иликратно превышающему стоимость мероприятий по установке ВТСП ТОУ**

\*) Оценка Росстат на 2016 год

## Модель № 2

- 8 часов простоя в результате одного перерыва электроснабжения в год
- отключение 5 крупных предприятий г. Москвы
- восстановление производственного цикла – 4 часа\*

- ГУП «Московский метрополитен»
- ЗАО «Рено России» (ОАО «Автофрамос»)
- АО «Газпромнефть-МНПЗ»
- ЗАО «Микояновский Мясокомбинат»
- ЗАО «Московский пивобезалкогольный комбинат «Очаково»

Выручка\*\*  $\approx$  220 млрд. руб.

Электропотребление\*\*  $\approx$  3 млрд. кВт·ч

\*) Оценка НИУ ВШЭ

\*\*) По данным за 2015 год

**Экономический  
ущерб**

(в условиях 2015 года)



Потеря выручки  $\approx$  625 млн. руб.

Потеря налоговых  
поступлений в бюджет  $\approx$  6 млн. руб.

8 часовой перерыв электроснабжения (12 часовой простой) приводит к экономическому ущербу эквивалентному стоимости произведенных товаров и затратам на запуск производственного цикла

# **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

## Экономический (прямой) ущерб электросетевых организаций

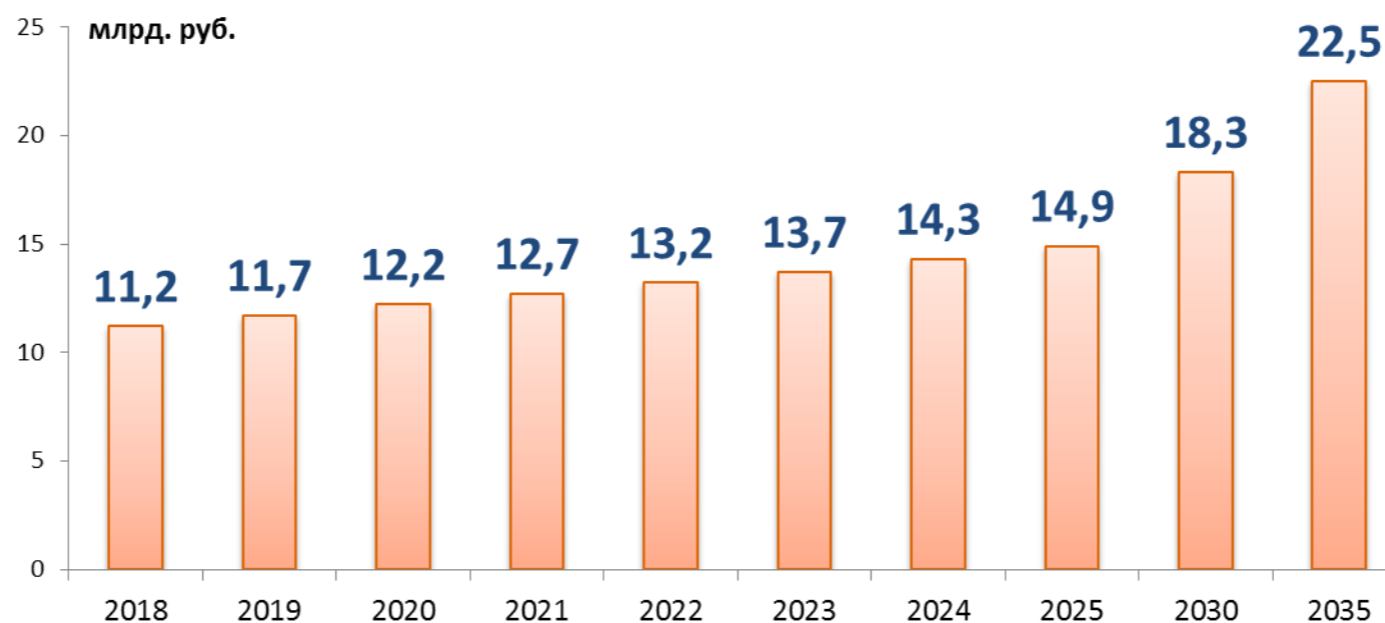
В случае возникновения аварийной ситуации при возникновении ТКЗ, превышающих отключающую способность силовых выключателей (КРУЭ), входу из строя подвержено дорогостоящее высоковольтное оборудование

### Модель № 4 сети

- возникновение ТКЗ в отдельных точках энергосистемы г. Москвы
- 13 ПС, сопряженных с рассматриваемыми транзитными КЛ 220 кВ
- оценка совокупного ущерба для всех электросетевых организаций (всех ПС) на основе стоимости капитального строительства объектов электросетевого хозяйства\*

### Динамика экономического ущерба

(в ценах соответствующих лет на основе укрупненных нормативов цен типовых технологических решений капитального строительства)



**Экономический ущерб в случае возникновения ТКЗ на ПС смежных с отключаемыми КЛ 220 кВ оценивается в размере около 11 млрд. руб. в ценах 2018 года**

\*) Индекс-дефлятор «Инвестиции в основной капитал (капитальные вложения)» принят в соответствии с прогнозом Социально-экономического развития РФ Минэкономразвития России на период 2018-2020 гг. (одобрен Правительством России от 18.09.2017г.)

# **ИСПОЛНИТЕЛИ ПРОЕКТА**

***Долматов Илья Алексеевич***

***Золотова Ирина Юрьевна***

***Карле Вадим Александрович***

***Минкова Валерия Сергеевна***



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Адрес: 117312, г. Москва, ул. Вавилова, д. 7

тел.: +7 (495) 772-95-90, доб. 44-177, 44-138

<http://www.ipcrem.hse.ru>

E-mail: [ipcrem@hse.ru](mailto:ipcrem@hse.ru)