

1 1 1 1 0 1 1 1 0  
1 1 1 0 1 0 0 0 0  
1 1 1 1 0 1 0 0 0  
1 1 1 1 0 0 0 0 0  
1 1 1 0 1 1 1 1 0  
1 1 1 0 0 0 1 0  
1 1 1 0 1 1 1 1 0  
1 1 1 0 1 0 0 1

ЦИФРОВОЙ  
ПРОРЫВ

РОССИЯ –  
СТРАНА  
ВОЗМОЖНОСТЕЙ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ЦИФРОВЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



RESEARCH CENTER  
FOR DIGITAL  
TECHNOLOGIES  
ST PETERSBURG MINING UNIVERSITY

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Команда «АС/IT»

Капитан Стоянова Антонина Денисовна

E-mail: [tonyastoyanova@list.ru](mailto:tonyastoyanova@list.ru)

Тел.: +7(921)419-00-31



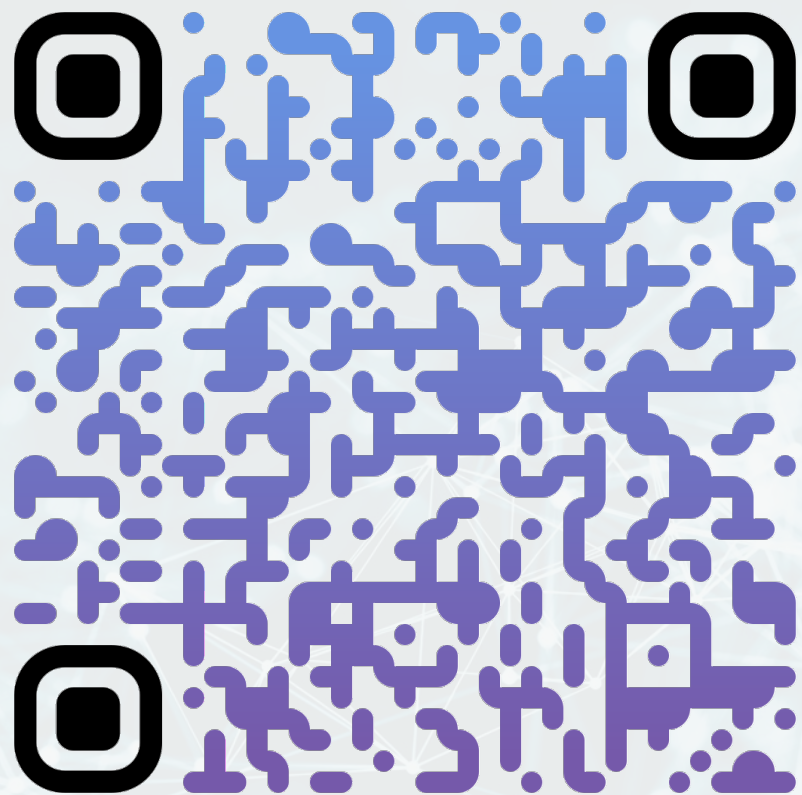
# ПОДХОД К РЕШЕНИЮ

## — EXECUTIVE SUMMARY



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1/11  
ЦИФРОВОЙ ПРОРЫВ | ФИНАЛ



ДЕМО ВИДЕО СИСТЕМЫ

**20+** Факторов использовано  
при прогнозировании

Учитывание особенностей каждой  
энергосистемы при составлении прогноза

Экономия в размере  **$1,2 \cdot 10^8$**   
тонн условного топлива за счёт  
нестроительства новой генерации  
(модель указывает на снижение  
максимума мощности потребления)



**СТОЯНОВА АНТОНИНА  
ДЕНИСОВНА**

Магистратура 1 курс

**Информационные  
системы и технологии**

Challenge Cup IT 2018  
GPN Intelligence Cup 2018  
CASE IN 2020  
DigiEduHack 2020 - 1 место



**ВАЛЬНЕВ ВЛАДИСЛАВ  
ВЛАДИМИРОВИЧ**

Магистратура 1 курс

**Автоматизация**

CASE IN 2019  
МегаХакатон 2020  
DigiEduHack 2020 - 1 место



**БИСЕНОВ ИЛЬЯ  
СЕРГЕЕВИЧ**

Бакалавриат 4 курс

**Информационные  
системы и технологии**

4 года стажа в коднге



**БОЛТОВ МАКСИМ  
МАКСИМОВИЧ**

Бакалавриат 4 курс

**Информационные  
системы и технологии**

Challenge Cup IT 2018  
Challenge Cup Russia 2018  
CASE IN 2020  
DigiEduHack 2020 - 1 место



**СУСЛИКОВ ПАВЕЛ  
КОНСТАНТИНОВИЧ**

Специалитет 4 курс

**Электрификация и  
автоматизация**

Прогноз ТЭК 2019–1 место  
CASE IN 2019 – 3 место  
CASE IN 2020 – 1 место



Необходимость прогнозирования **динамики экономической деятельности**

Отсутствие **оперативной картины** по отраслям и территориям в режиме реального времени

Планирование **оптимального** развития электросетевого комплекса

Необходимость в создании **системы моделирования** зависимости  
потребления электроэнергии и экономических показателей

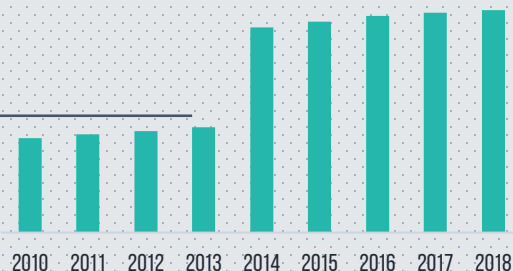
## РЕШЕНИЕ ВОПРОСА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЗВОЛИТ:

- **Оптимизировать** процесс укрепления межсистемных связей для улучшения качества электроснабжения
- **Уточнить** схему развития ЕЭС России (учесть больше факторов)
- Получить **точную и оперативную** информацию по отраслям и регионам
- Перейти к предиктивному, а в последствие и к **проактивному** управлению электросетевым комплексом

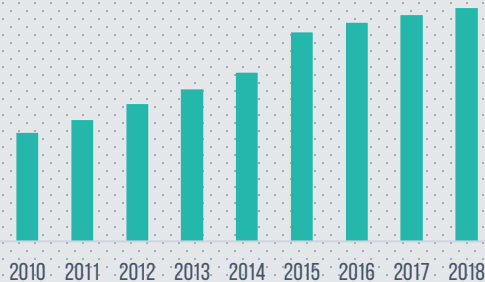
# АНАЛИЗ ОЭС ЮГА

## ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

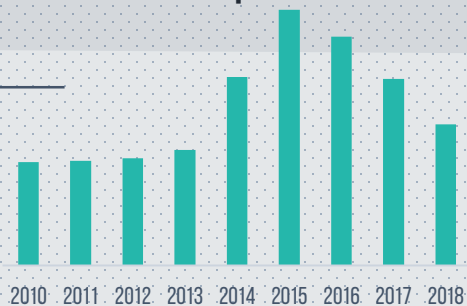
Численность населения



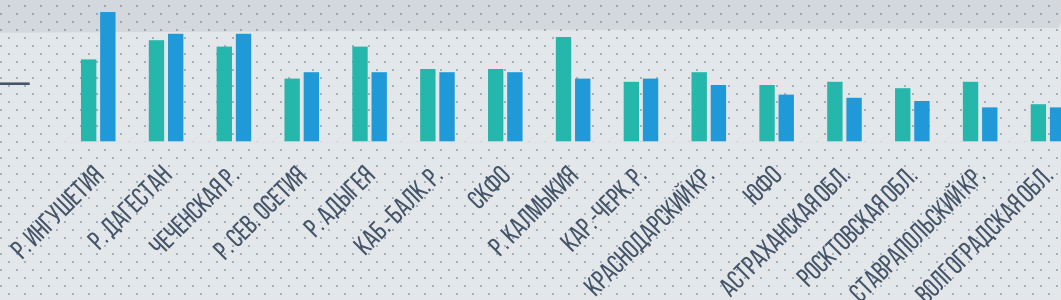
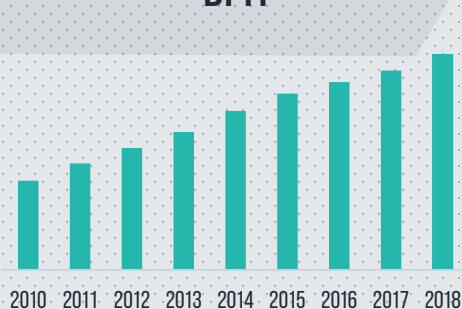
Уровень жизни



Индекс производства



ВРП



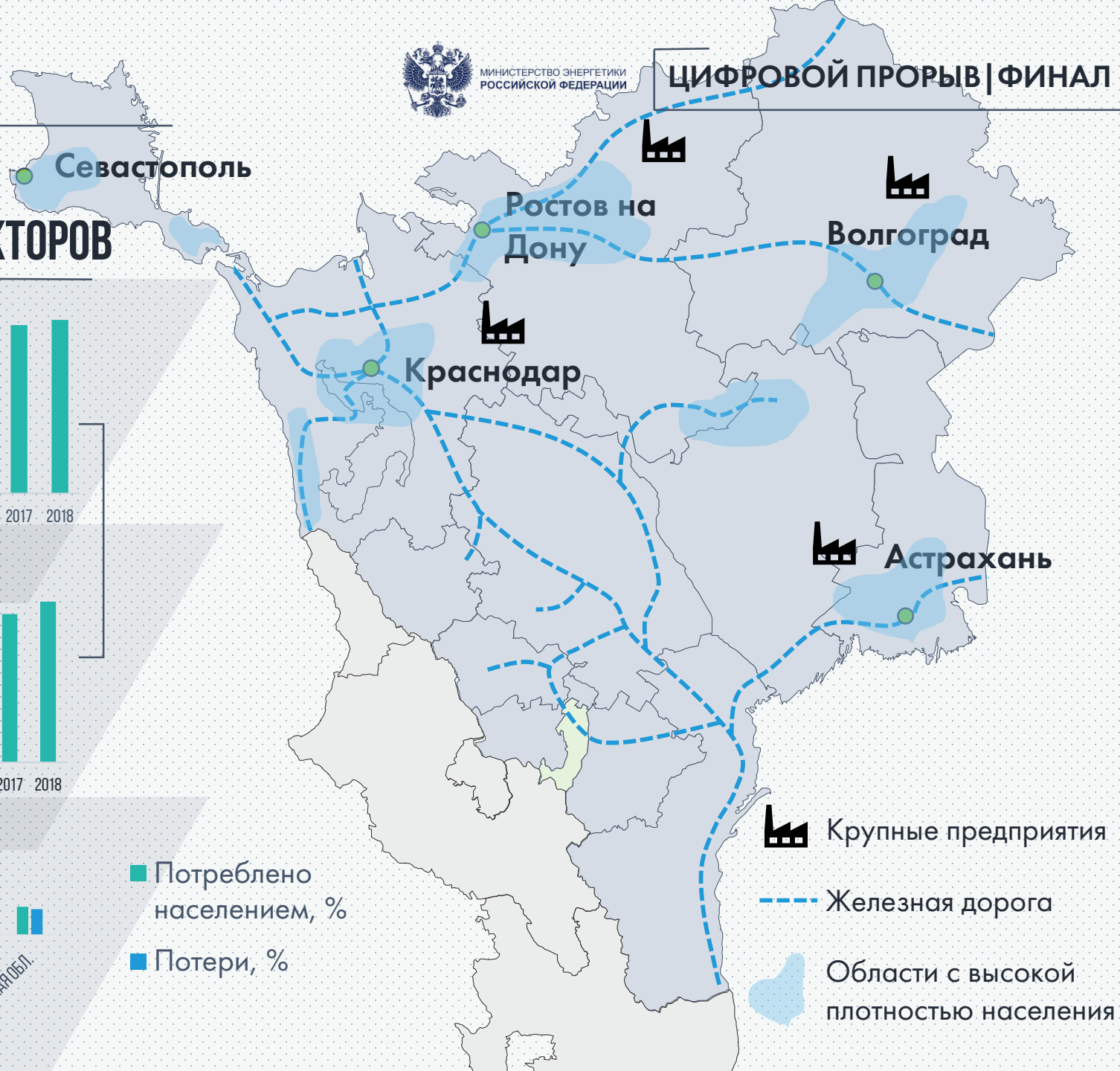
■ Потреблено населением, %

■ Потери, %



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЦИФРОВОЙ ПРОРЫВ | ФИНАЛ



# АНАЛИЗ ОЭС ЮГА



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

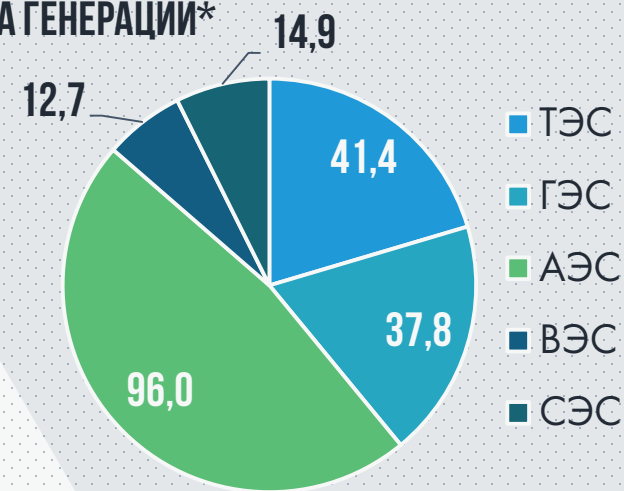
ЦИФРОВОЙ ПРОРЫВ | ФИНАЛ



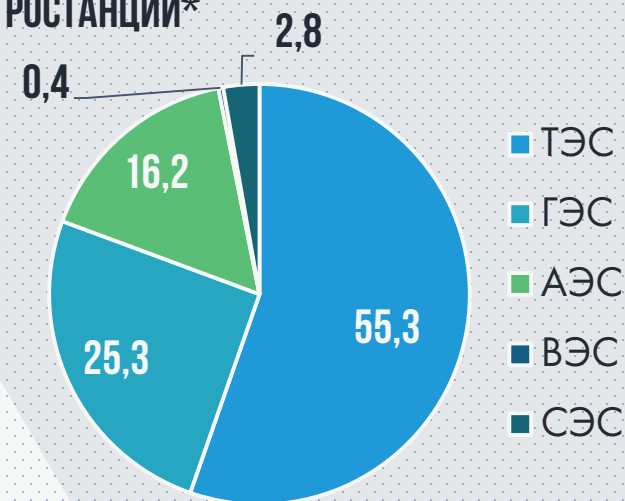
Крупные ветропарки

Области  
строительства МГЭС

СТРУКТУРА ГЕНЕРАЦИИ\*



КИУМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ\*



СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ



## ОСОБЕННОСТИ ОЭС ЮГА

Высокая доля тяговой нагрузки  
Развитие ВИЭ  
Большое количество МГЭС  
Отрицательная динамика развития  
электросетевого комплекса\*\*

\* Минэнерго. Основные характеристики российской электроэнергетики

\*\* Минэнерго. Показатели технико-экономической эффективности объектов электроэнергетики





# СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ

Многофакторный анализ топологии сети,  
позволяющий находить «узкие места»

Анализ информации в реальном времени,  
позволяющий оптимизировать процессы в  
распределительных сетях

Отсутствие предиктивной аналитики и  
работа только в распределительных сетях  
классом напряжения 35 кВ и ниже

## SCHNEIDER ELECTRIC



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЦИФРОВОЙ ПРОРЫВ | ФИНАЛ



## СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР

Для прогнозирования значений коэффициентов  
базовой модели используются **упрощённые  
математические модели**

Возможность построения прогноза только на  
сутки и неделю вперёд. Отсутствие механизма  
долгосрочного прогнозирования

**Малое количество факторов**, которые  
учитываются при прогнозировании  
(температура, освещённость, влажность,  
осадки, скорость и направление ветра)

# КОНЦЕПЦИЯ РЕШЕНИЯ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЦИФРОВОЙ ПРОРЫВ | ФИНАЛ

## СОЦИАЛЬНЫЕ

Возрастной состав населения  
Культура энергопотребления  
Уровень образования  
Демография  
ИЧР

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ

ИТС  
КИУМ  
Доля ВИЭ  
SAIDI/SAIFI  
МЭК 61850\*  
Структура генерации  
Управление спросом  
Доля малой генерации  
Плотность потребления  
Аварийность на предприятиях  
Неиспользуемые резервы мощностей

## МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА

## РЕЗУЛЬТАТ

Выбросы CO<sub>2</sub>  
Прогноз потребления  
электрической энергии  
Общий энергетический баланс

Затраты на НИР и НИОКР  
Доля промышленности в ВВП  
Стоимость строительства 1 МВт генерации

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ

7/11

\*Количество устройств МЭК 61850 – показатель уровня проникновения Smart Grid в сети



## АС/IT

Home	About	Services	Projects	Контакты	
------	-------	----------	----------	----------	--

Карта ОЭС по регионам



## ГЛАВНАЯ СТРАНИЦА:

### СДЕЛАНО:

- Выбор ОЭС для прогноза
- Краткая информация по ОЭС при наведении курсора

### ПРЕДСТОИТ СДЕЛАТЬ:

- Ленту новостей, оказывающих влияние на режимы в ЕЭС и ОЭС
- Цветовую сигнализацию/градацию по общему состоянию энергосистемы

## АС/IT

Home

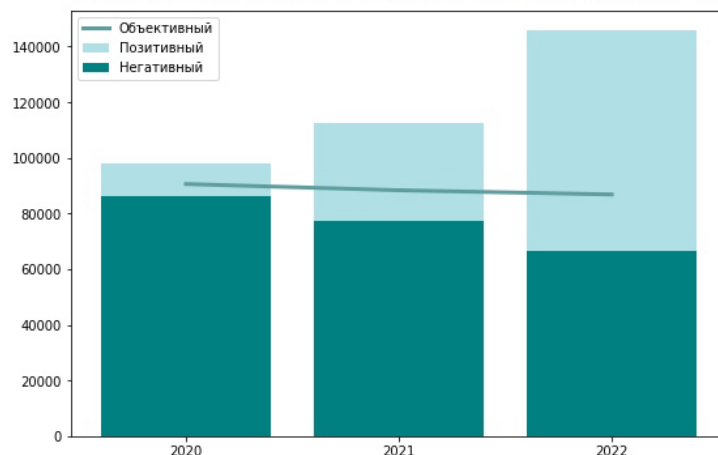
About

Services

Projects

Контакты

Модель прогнозирования энергопотребления в зависимости от фактора инвестиции в производство



Представленная модель относится к классу моделей линейной регрессии. Было выделено три сценария, определяемых прогнозируемыми значениями инвестиций в производство:

Сценарий 1 – Объективный. Будущие значения показателя инвестиций рассчитываются на основе предыдущих значений методом регрессии.  
Сценарий 2 – Оптимистический. При данном сценарии предполагается, что фактические значения предсказанных показателей окажутся больше, чем предполагалось.  
Сценарий 3 – Пессимистический. Является противоположным второму, полагается, что значения будут меньше предсказанных на определенный процент.

При построении прогнозной модели потребления в качестве значений для обучающей выборки использовались собранные в ходе анализа данные. На тестовую выборку подавались предсказанные ранее значения инвестиций. В результате работы модели построен прогноз потребления электроэнергии с учетом влияния на него объема инвестиций. Расчет выполнен по годам для каждого субъекта РФ, входящего в ОЭС Юга, но для наглядности при построении графиков данные агрегированы.

## СТРАНИЦА ОЭС:

### СДЕЛАНО:

- Вывод зависимости потребления от набора факторов (части факторов)
- Выбор диапазона времени прогнозирования
- Предоставление трёх сценариев

### ПРЕДСТОИТ СДЕЛАТЬ:

- Схему-карту размещения объектов энергетики с указанием «узких мест» (по прогнозным данным)
- Выбор графической информации для предоставления, персонализация рабочего места



ЭКОНОМИЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
**РЕСУРСОВ**, тут

ПОВЫШЕНИЕ ИНДЕКСОВ  
**SAIDI/SAIFI** (КАЧЕСТВО  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ)

СНИЖЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ  
**РЕЗЕРВОВ МОЩНОСТИ**  
ГЕНЕРАЦИИ (ОТН. ОТЧЁТНОГО)

СНИЖЕНИЕ  
ВЫБРОСОВ **CO<sub>2</sub>**, т

**1,2 · 10<sup>8</sup>**

**S** Высокая точность прогнозов на долгосрочную перспективу; возможность выбора учитываемых факторов; масштабируемость ввиду гибкости факторов

**3,5%**

**W** Потребность в большом количестве вычислительных мощностей при увеличении количества факторов; зависимость от предоставляемых со стороны данных

**O** Масштабирование как вверх по топологии (до масштаба ЕЭС), так и вниз (до масштаба РЭС); увеличение точности прогнозов с увеличением рассчитываемых факторов

**T** Невозможность спрогнозировать внезапные глобальные изменения (пандемия, нетипичные природные явления); увеличение расхождений между сценариями на большом сроке

**17,2%**

**4,5 · 10<sup>5</sup>**

## КАЧЕСТВЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ:

- Применение технологии управления спросом позволит не строить новую генерацию и при этом поднять КИУМ
- Платформа позволит более детально прогнозировать процессы в энергосистемах с большим количеством распределённой генерации
- Детальный расчёт режимов на длительную перспективу позволит регулировать объёмы добычи угля/газа/нефти

11110110  
11101000  
111101000  
111100000  
11101110  
11100010  
11101110  
11101001

ЦИФРОВОЙ  
ПРОРЫВ

РОССИЯ –  
СТРАНА  
ВОЗМОЖНОСТЕЙ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ЦИФРОВЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



RESEARCH CENTER  
DIGITAL  
TECHNOLOGIES  
ST. PETERSBURG MINING UNIVERSITY

# ПОЧЕМУ МЫ?

СТУДЕНТЫ СТАРШИХ/ВЫПУСКНЫХ КУРСОВ

НАЛИЧИЕ «ЦИФРОВЫХ» КОМПЕТЕНЦИЙ

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЭС

ОРИЕНТИРОВАННОСТЬ НА РЕЗУЛЬТАТ