



Научно-технический центр  
Единой энергетической системы

# Система мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ) как активный элемент управления режимами и уставками ПА.

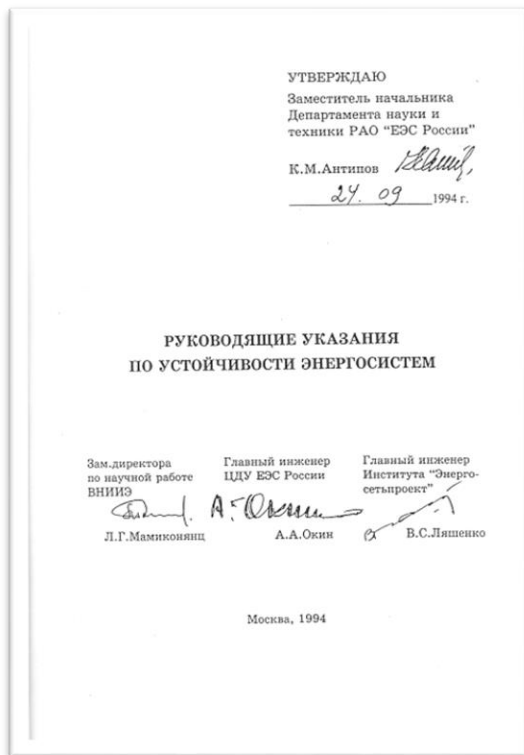
На примере решения, внедренного  
в АО «Системный оператор  
Единой энергетической системы»

Казань апрель 2024

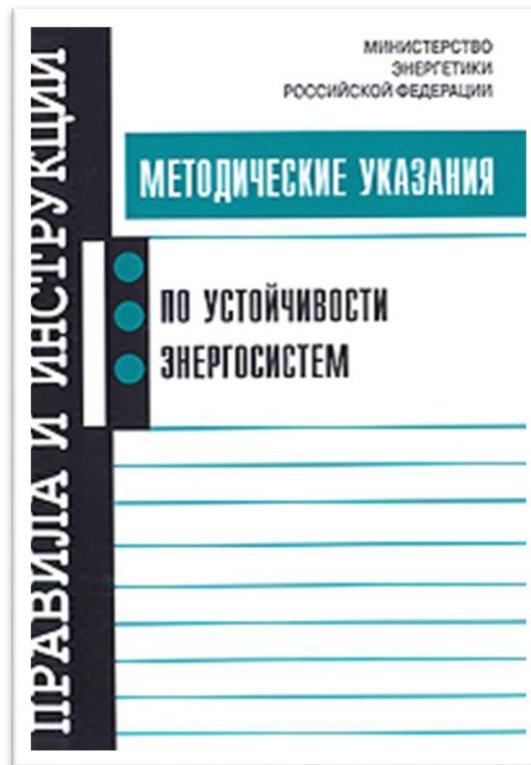
**Докладчик:**  
А.А. Лисицын  
[ntcees.ru](http://ntcees.ru)



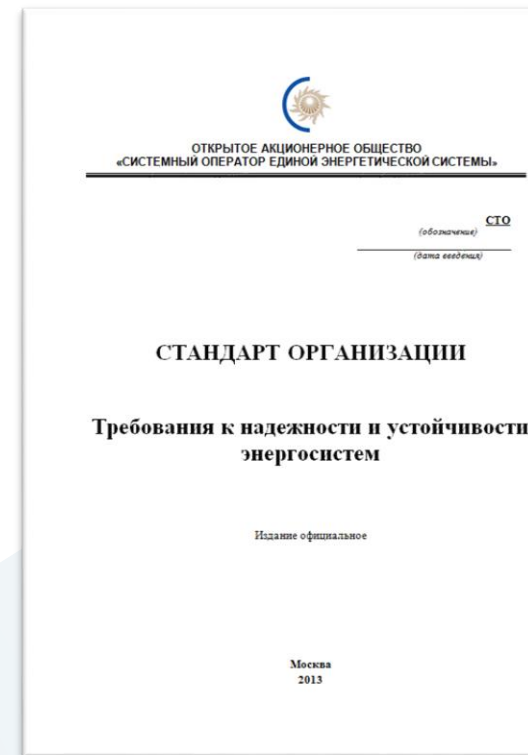
## Требования к устойчивости. Развитие нормативной базы.



**Руководящие указания  
по устойчивости энергосистем.  
Департамент науки и техники  
ОАО РАО «ЕЭС России», 1994 год**



**Методические указания  
по устойчивости  
энергосистем.  
Минэнерго России.**

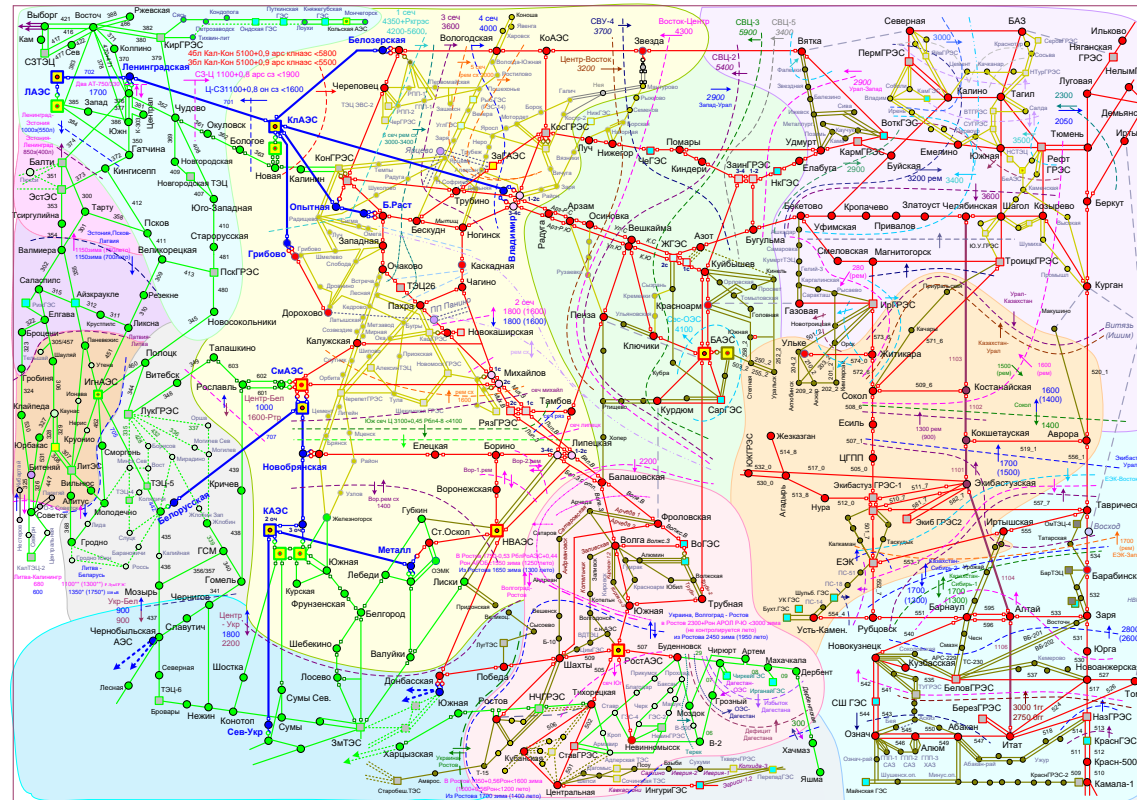


**Стандарт ОАО «СО ЕЭС»  
«Требования к надежности и  
устойчивости энергосистем».**



## Основные термины и определения. Контролируемое сечение.

**Сечение** – совокупность таких сетевых элементов одной или нескольких связей, отключение которых приводит к полному разделению энергосистемы на две изолированные части.  
**Связь** – последовательность элементов, соединяющих две части энергосистемы (ЛЭП, АТ (Т), СШ, коммутационные аппараты).



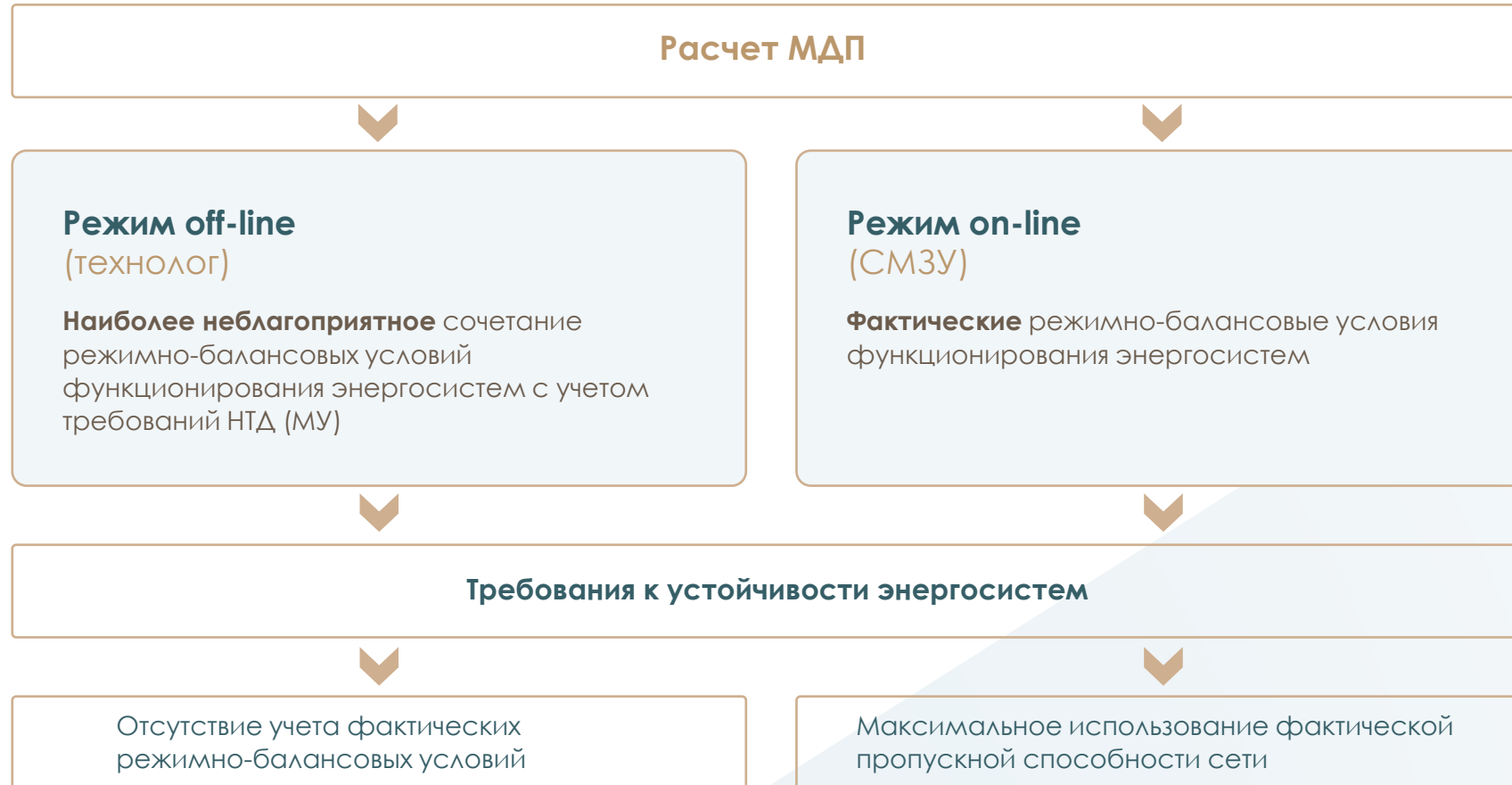


## Требования к устойчивости. Критерии определения МДП – 2.

№	Критерий	Норматив
1	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической апериодической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в нормальной (ремонтной) схеме	20 %
2	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки в нормальной (ремонтной) схеме	15 %
3	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической апериодической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в послеаварийных режимах при нормативных возмущениях	8 %
4	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки в послеаварийных режимах при нормативных возмущениях	10 %
5	Отсутствие нарушения динамической устойчивости при нормативных возмущениях	
6	Обеспечение допустимых токовых нагрузок линий электропередачи и электросетевого оборудования: ✓ длительно допустимых – в нормальной (ремонтной) схеме; ✓ аварийно допустимых (на время 20 минут) – в послеаварийных режимах при нормативных возмущениях.	



## Необходимость применения технологии СМЗУ

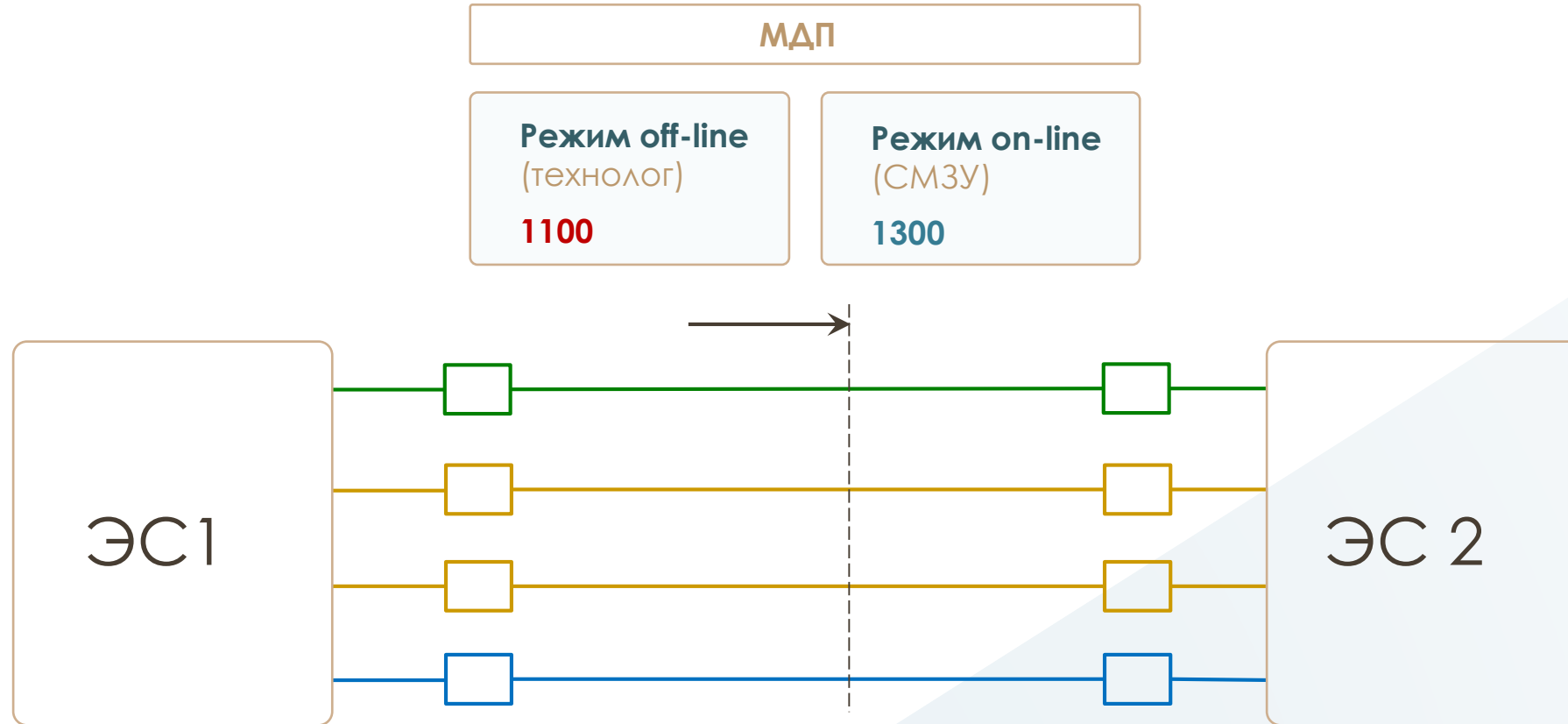


**СМЗУ позволяет осуществлять управление электроэнергетическим режимом с максимальным использованием пропускной способности сети в текущих схемно-режимных и режимно-балансовых условиях функционирования энергосистемы**



## Система мониторинга запасов устойчивости





### Влияющие на величину МДП факторы:

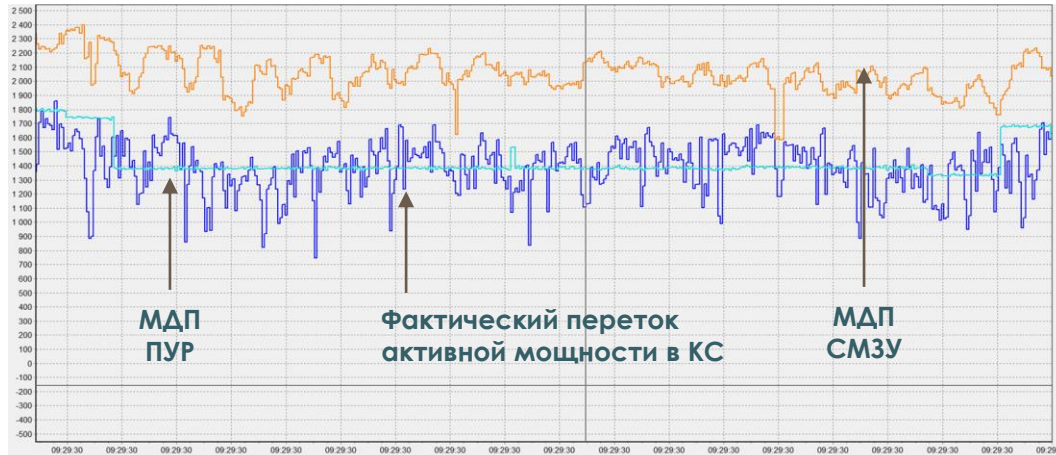
- Уровни напряжений в прилегающей сети
- Состав и режим работы ГО, СКРМ
- Топология электрической сети





## Технический эффект применения СМЗУ при управлении электроэнергетическим режимом

ОЭС Сибири. КС «Назаровское»



ОЭС Юга. КС «Восток»



### Максимальная эффективность СМЗУ

по увеличению использования  
пропускной способности КС **800 МВт**

### Максимальная эффективность СМЗУ

по увеличению использования  
пропускной способности КС **500 МВт**



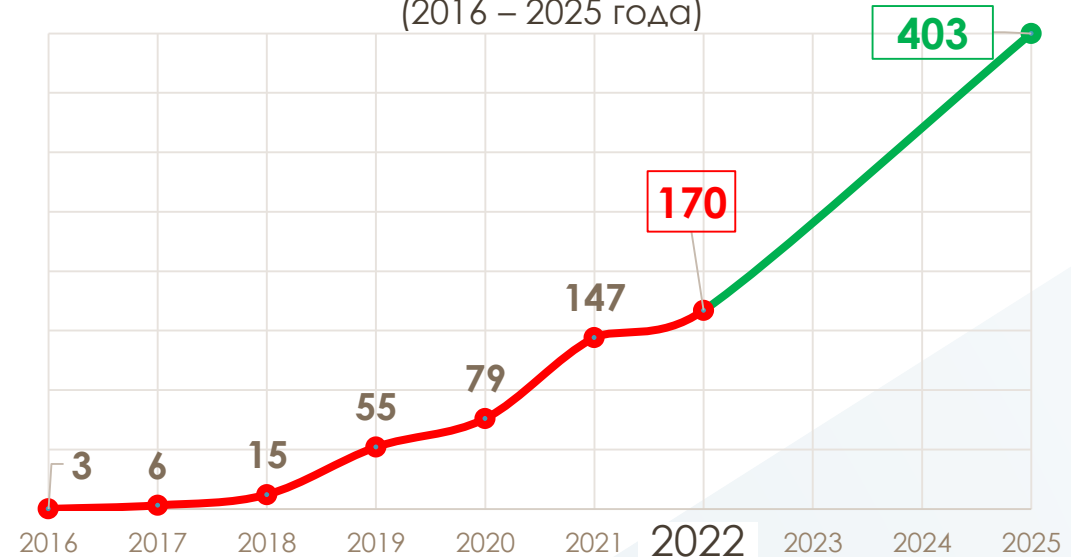


## Развитие технологии системы мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ)

СМЗУ для управления режимом внедрена в **31** ДЦ для **170** КС

**Перспективы внедрения:**  
СМЗУ внедрена в **37** ДЦ для **403** КС  
(2025 год)

Динамика увеличения КС с СМЗУ  
(2016 – 2025 года)



### Преимущества технологии:

Повышение степени использования пропускной способности электрической сети (в среднем до 10-20%)

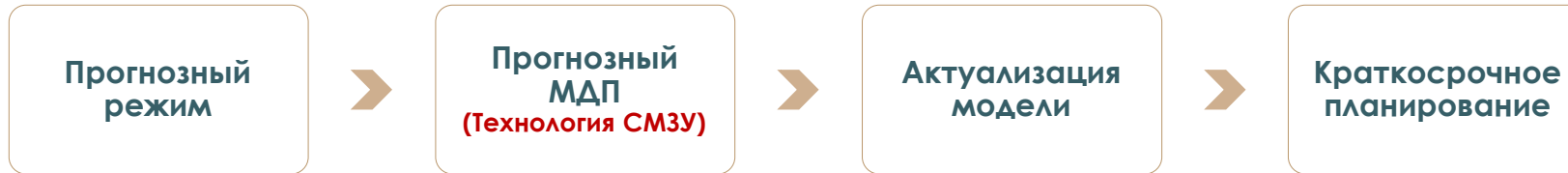
Не требуется разработка режимных указаний в сложных схемно-режимных условиях

Существенное упрощение подходов к формированию диспетчерской документации

Использование технологии СМЗУ для планирования обеспечивает более полное использование пропускной способности КС на стадии планирования

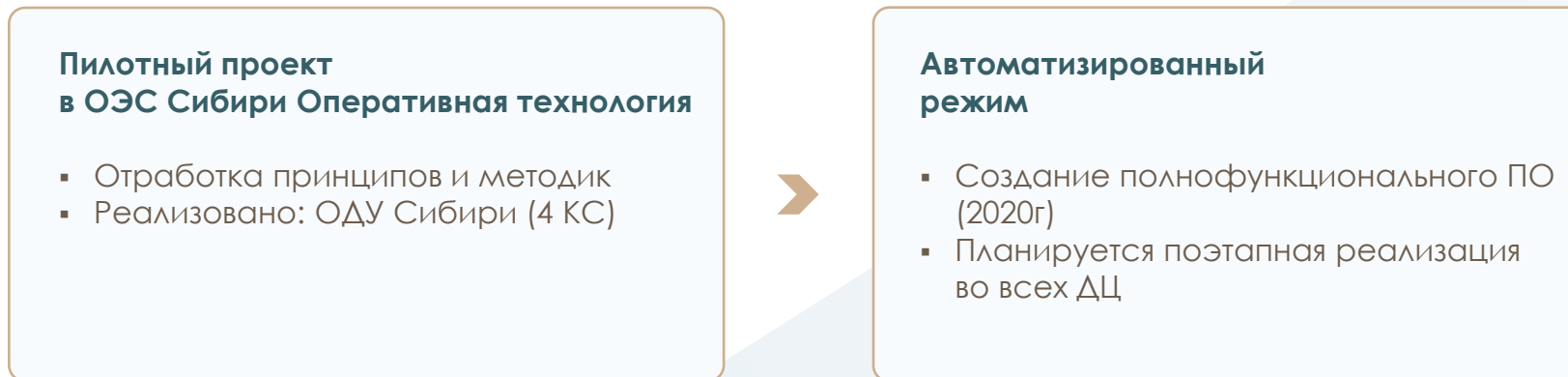


## Технология СМЗУ в задачах краткосрочного планирования



**Определение сетевых ограничений для прогнозируемых схемно-режимных и режимно-балансовых условий функционирования энергосистем:**

- повышение точности планирования
- оптимизация режима работы генерирующего оборудования



**Пилотный проект в ОЭС Сибири Оперативная технология**

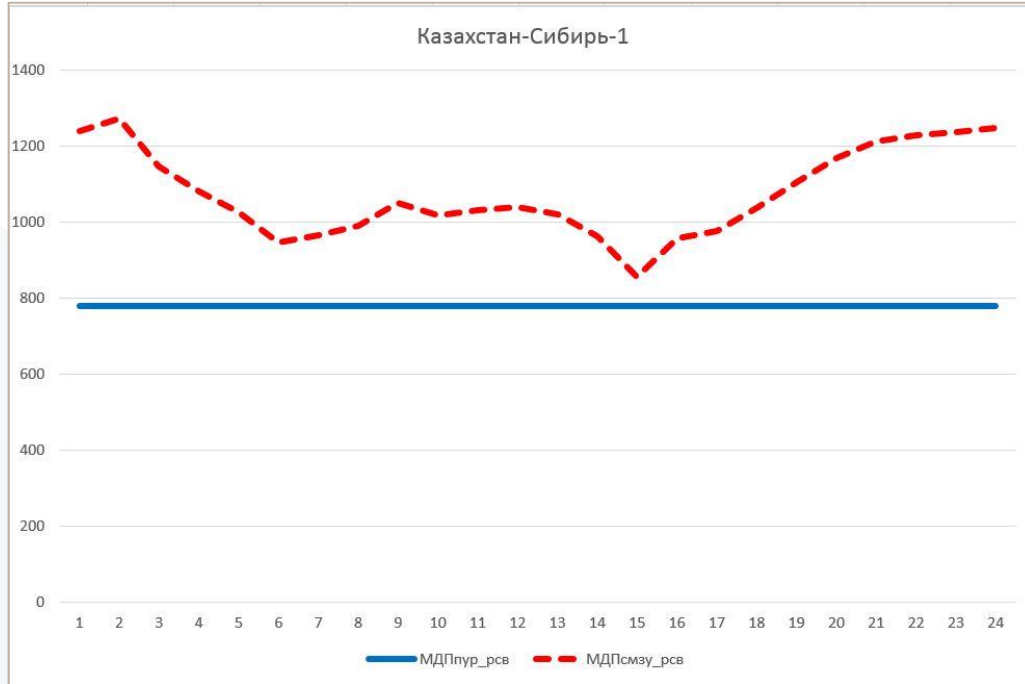
- Отработка принципов и методик
- Реализовано: ОДУ Сибири (4 КС)

**Автоматизированный режим**

- Создание полнофункционального ПО (2020г)
- Планируется поэтапная реализация во всех ДЦ

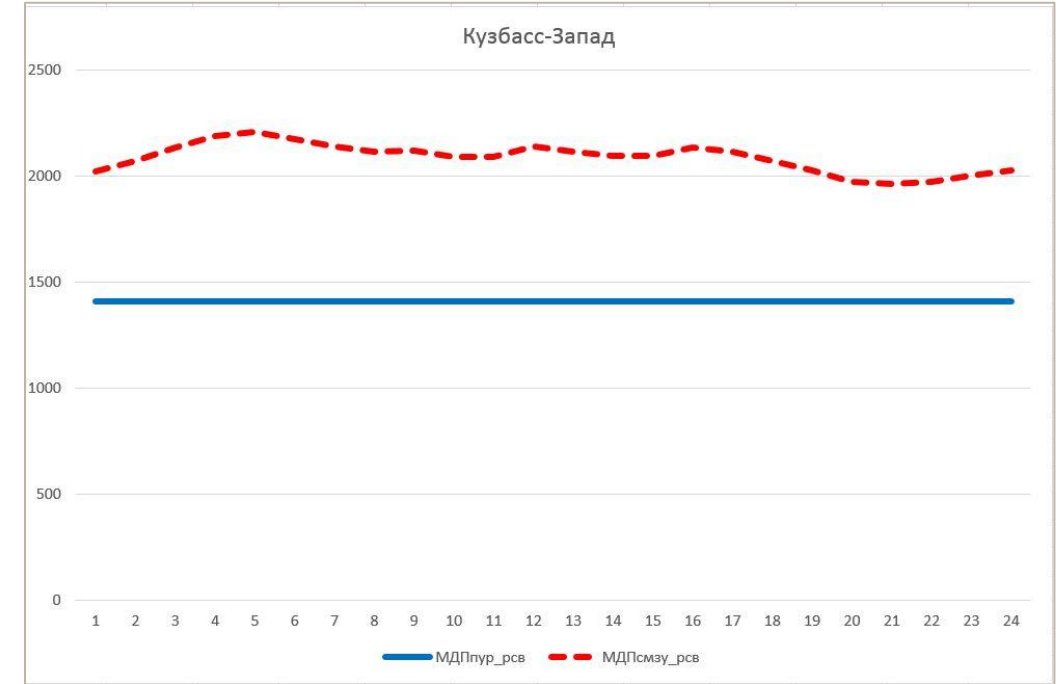


## Эффективность применения технологии СМЗУ в задачах краткосрочного планирования



### Эффективность СМЗУ:

увеличение степени использования  
пропускной способности КС – **400 МВт**



### Эффективность СМЗУ:

увеличение степени использования  
пропускной способности КС – **700 МВт**



Задача АРПМ – отключение генераторов или нагрузок при передаче по ЛЭП активной мощности  $P$ , превышающей допустимую.



Сейчас уставка по мощности АРПМ выбирается по наименьшему АДП, то есть исходя из **худшей** ситуации



В итоге в большинстве ситуаций АРПМ будет работать **излишне**, когда реальное значение АДП ещё не достигнуто (запас по  $P$  больше 8%)



Это ограничивает эффективность СМЗУ, т.к. цель СМЗУ – увеличить значение МДП, а уставка АРПМ остаётся неизменной и может сработать при **любом** отключении ЛЭП



Для решения проблемы предлагается совместное использование СМЗУ с устройством АРПМ



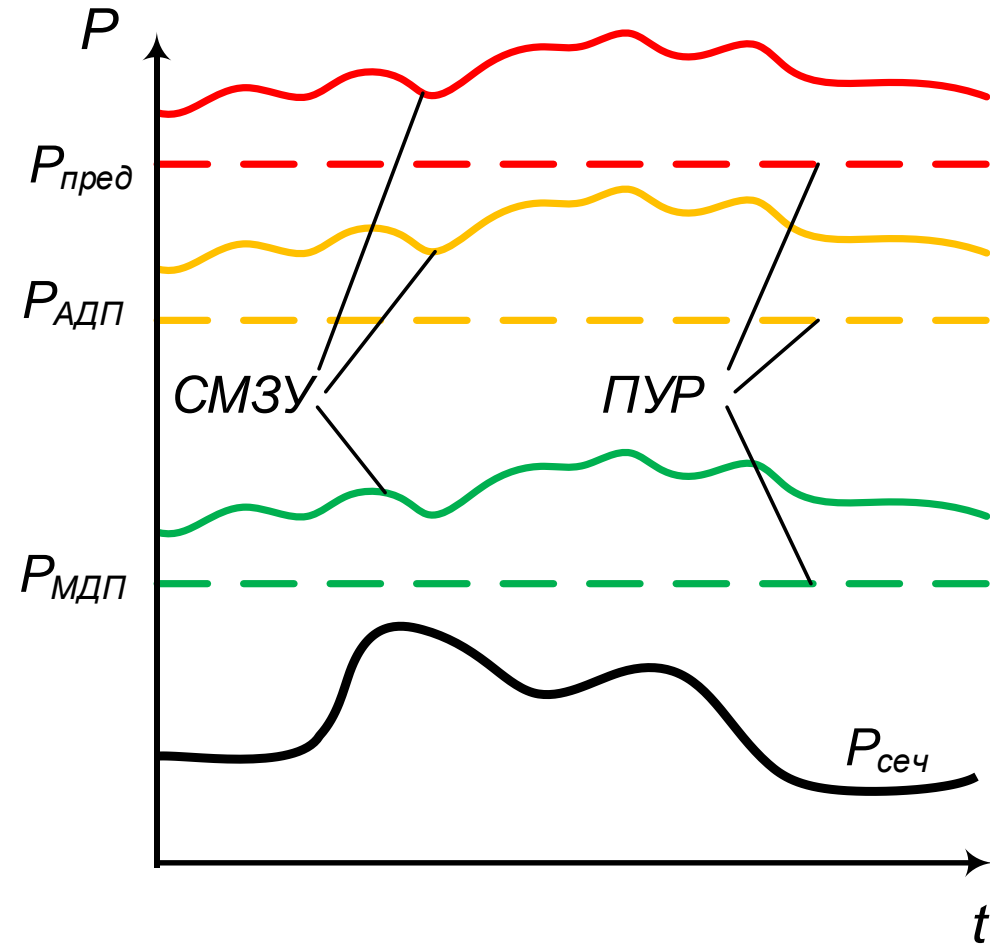
Сейчас СМЗУ на основании текущего режима работы ЭС рассчитывает МДП



Предлагается добавить в расчёт СМЗУ уставку АРПМ для текущего режима



Целью данной работы является разработка и тестирование системы координации АРПМ и СМЗУ





Научно-технический центр  
Единой энергетической системы

# Спасибо за внимание!

АО «Научно-технический центр  
Единой энергетической системы»

Россия, 194223, г. Санкт-Петербург,  
ул. Курчатова, д. 1, лит. А.

+7 (812) 297-54-10, доб. 272;  
+7 (812) 552-62-23 (факс);  
ntc@ntcees.ru.

Россия, 109074, г. Москва,  
Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3.

+7 (499) 788-15-88

## **Лисицын Андрей Андреевич**

Директор по противоаварийной автоматике,  
системам управления и релейной защиты

lisitsyn\_a@ntcees.ru

Казань, 2024

