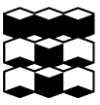




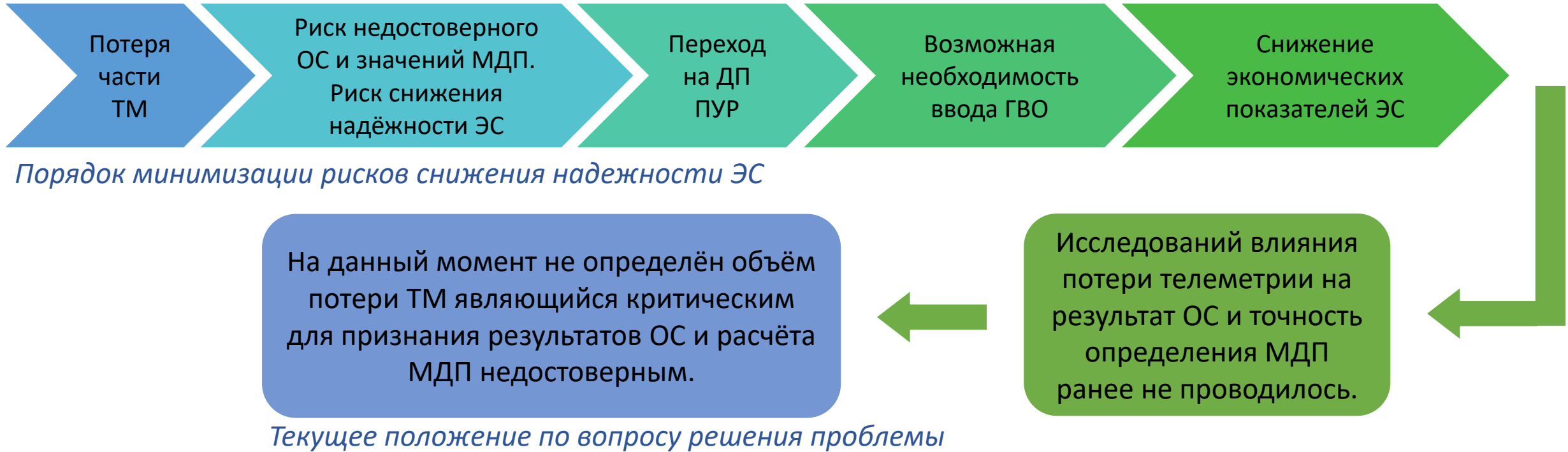
ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАПАСОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ПОТЕРЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

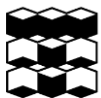
Докладчик: Подглазова Валентина Викторовна
Организация: Томский политехнический университет
Руководитель: доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ, к. т. н. Васильев А.С.



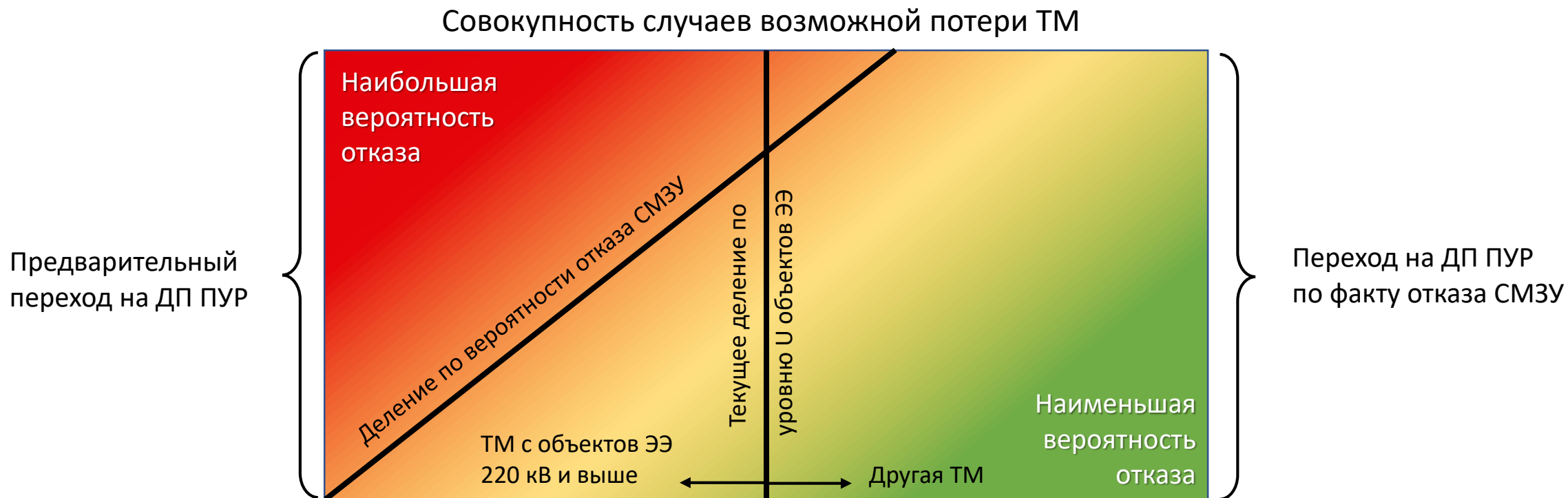
Введение



Цель работы – предложить и обосновать подход к снижению числа случаев переходов от ДП СМЗУ к ДП ПУР, направленного на повышение экономичности энергосистемы без снижения надёжности ЭС.

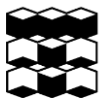


Предлагаемый подход

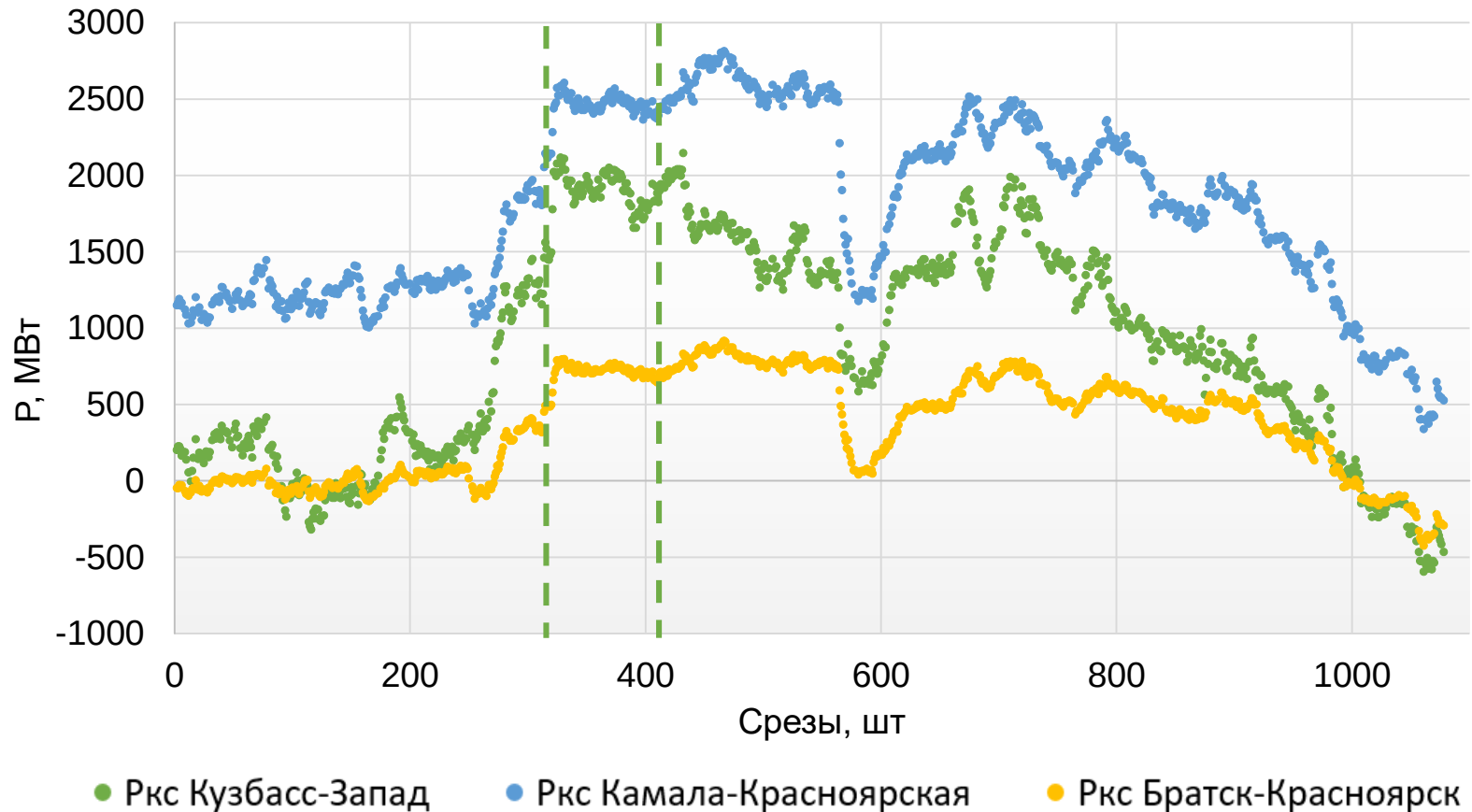


Отказ СМЗУ – невозможность выдачи ДП СМЗУ по заданному КС в течение заданного интервала времени или выдача значения МДП отличающегося от реального на величину, превышающую критическое значение для КС.

Неуспешное ОС (НОС) – невозможность получения сбалансированного УР в результате оценивания состояния.



Формирование входных данных



Изменение перетока мощности в КС за сутки 11.01.2023

Объём выборки: $n = 100$ срезов ТМ

Критерием подобия режимов является среднеквадратическое отклонение:

- перетоков в КС,
- мощности генерации на станциях, участвующих в утяжелении этих КС.

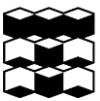
$$|P - P_{\text{ср}}| < 3\sigma$$

В выбранных ста срезах отклонение перетока от среднего значения не превышает 3σ .

Эти срезы используются для проведения экспериментов.

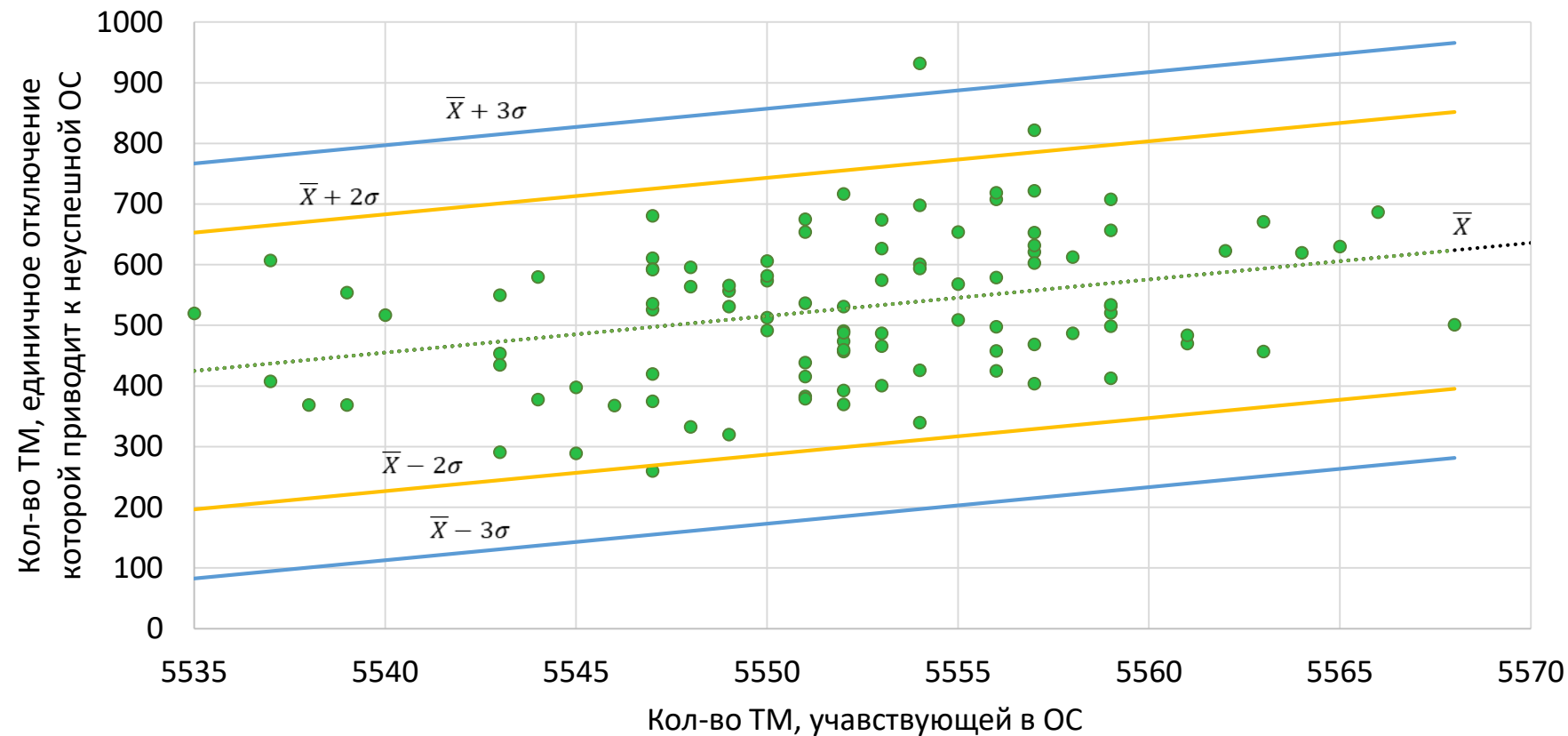
• **Общее количество расчётов:** более 500 000

• **Инструмент автоматизации:** консольное приложение на языке программирования C#



Отключение единичной ТМ

Диаграмма рассеивания зависимости количества случаев неуспешных ОС в каждом срезе от общего объёма ТМ, используемой в ОС



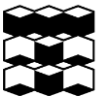
Чем больше количество ТМ, участвующей в ОС, тем больше количество ТМ, отключение которой приводит к неуспешному ОС.

В данной выборке изменение количества ТМ, участвующей в ОС составляет 33 единицы, что дополнительно свидетельствует об устойчивости ОС к потере ТМ.



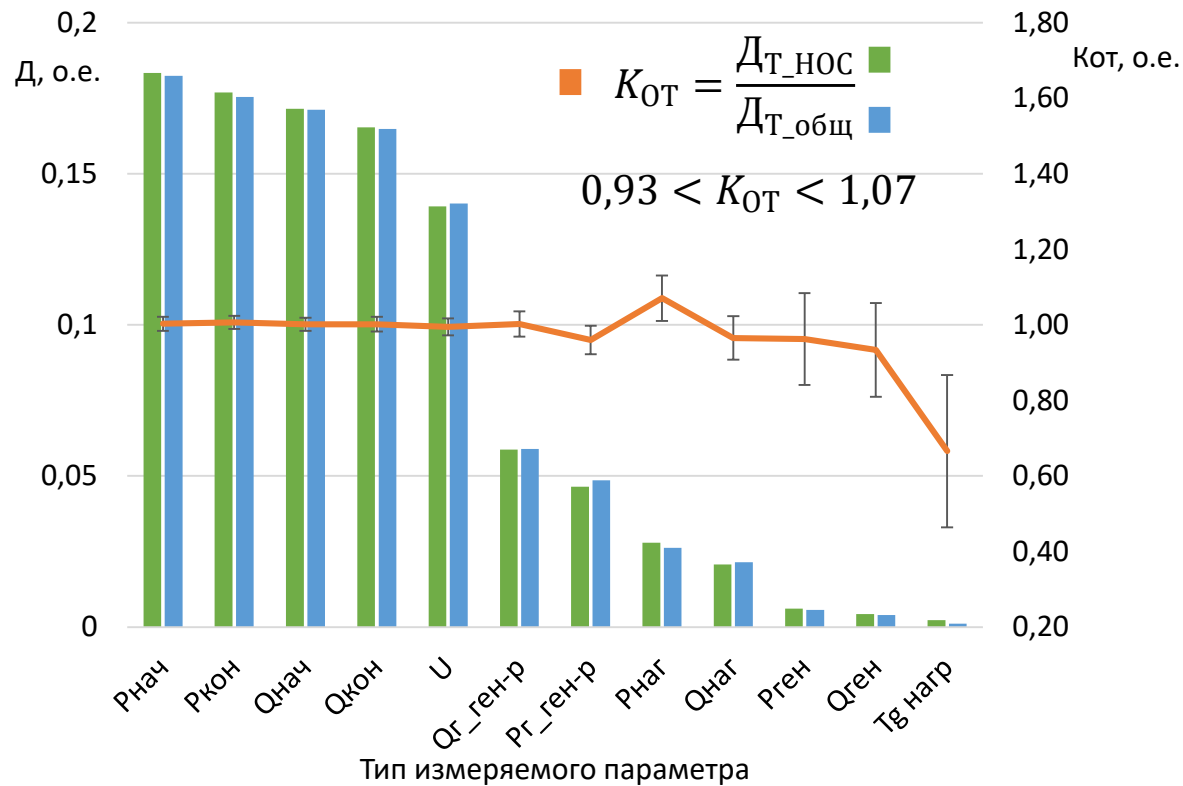
ТМ, отключение которой приводит к неуспешному ОС не ограничена конкретной областью, а распределена по всей схеме операционной зоны ОДУ Сибири.

Неуспешное ОС (НОС) – невозможность получения сбалансированного УР в результате оценивания состояния.



Отключение единичной ТМ

Диаграмма распределения ТМ, отключение которой приводит к неуспешному ОС по типу измеряемого параметра

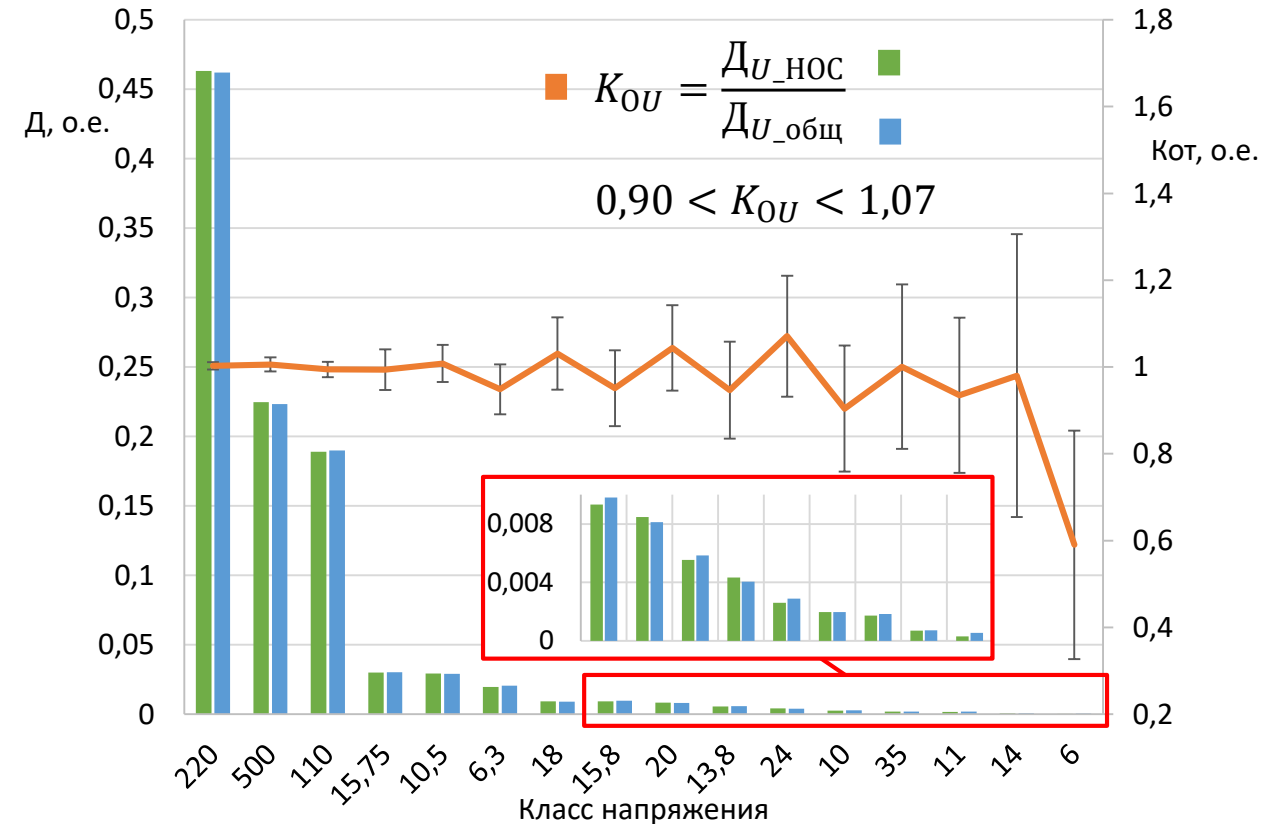


K_{OT} (K_{OU}) – коэффициент обусловленности неуспешности оценивания состояния типом измеряемого параметра (классом напряжения), о.е.

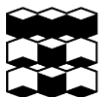
$D_{T_НОС}$ ($D_{U_НОС}$) – доля ТМ одного типа (класса напряжения), отключение которой приводит к неуспешному ОС.

$D_{T_ОБЩ}$ ($D_{U_ОБЩ}$) – доля ТМ одного типа (класса напряжения) участвующей в ОС от всей участвующей в ОС ТМ.

Диаграмма распределения ТМ, отключение которой приводит к неуспешному ОС по классу напряжения

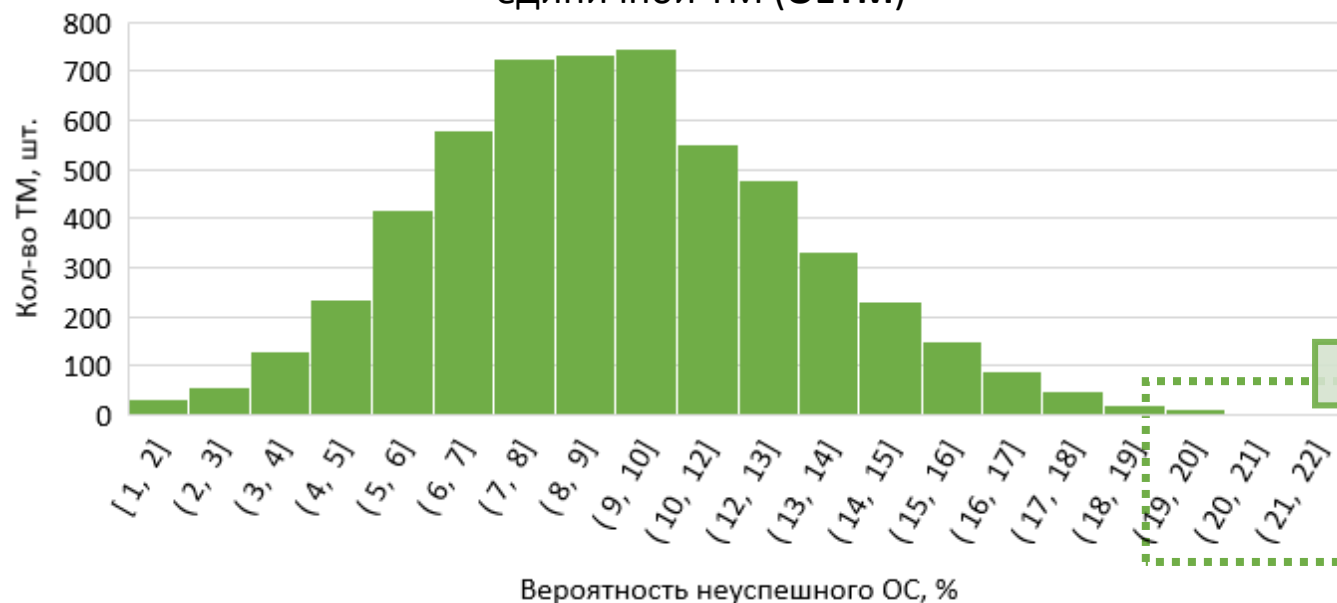


По типу измеряемого параметра и по классу напряжения нельзя выделить ТМ, отключение которой с большей вероятностью приводит к неуспешному ОС



Отключение единичной ТМ

Гистограмма распределения вероятности неуспешного ОС при потере единичной ТМ (ОЕТМ)



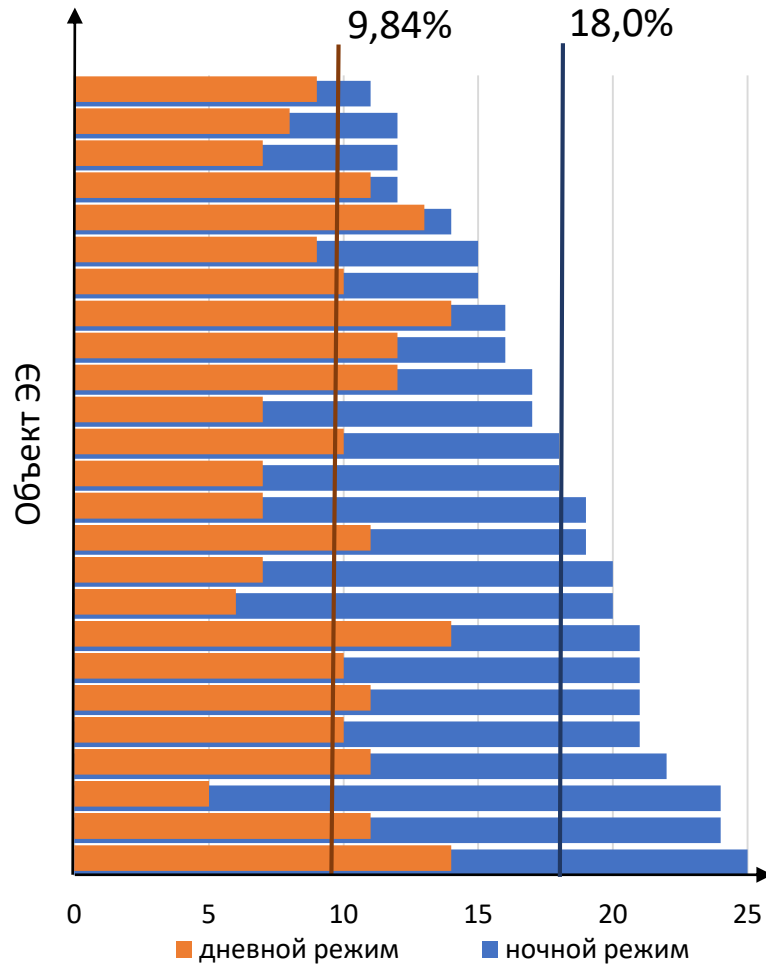
Номер ТМ	Вероятность неуспешного ОС при отключении ТМ, %
1	72
2	51
3	22
4	20
5	20
...	...

- Наибольшая вероятность неуспешного ОС при ОЕТМ составляет 72%.
- В 67% случаев вероятность неуспешного ОС при ОЕТМ составляет 6–11%.
- В 99,9% случаев вероятность неуспешного ОС при ОЕТМ не превышает 20%.



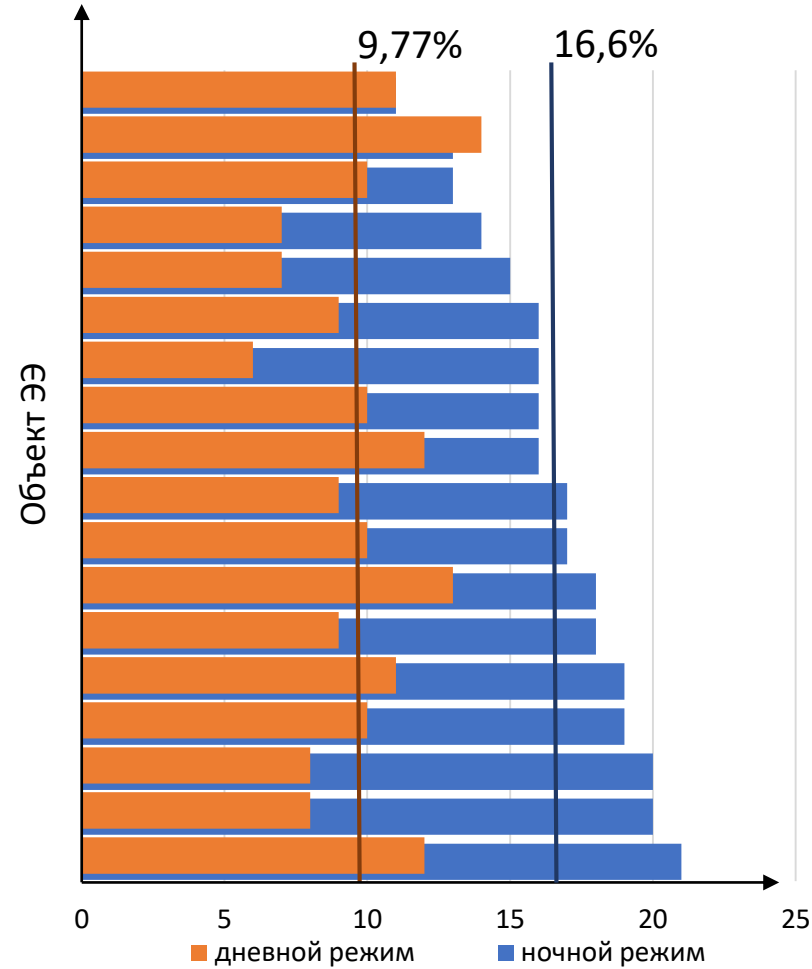
Отключение всей ТМ с объекта ЭЭ

Объекты 500 кВ



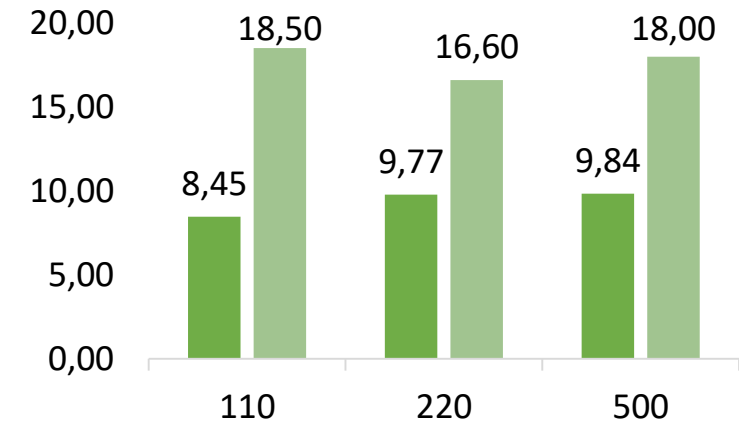
Вероятность неуспешного ОС при отключении всей ТМ с объекта ЭЭ 500 кВ, %

Объекты 220 кВ



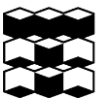
Вероятность неуспешного ОС при отключении всей ТМ с объекта ЭЭ 220 кВ, %

Не выявлены объекты ЭЭ, потеря всей ТМ с которых с высокой вероятностью приводит к неуспешному ОС



Вероятность неуспешного ОС при отключении всей ТМ с объекта ЭЭ

Не выявлено явное влияние класса напряжения объекта ЭЭ на вероятность неуспешного ОС



Отклонения предельного перетока от эталонного

$$\Delta P = P_{\text{пред}} - P_{\text{пред}}^{\text{эт}}$$

$P_{\text{пред}}$ — предельный переток в КС при отключении ТМ.

$P_{\text{пред}}^{\text{эт}}$ — предельный переток в КС без отключения ТМ.

$\Delta P_{\text{крит}}$ — критическое отклонение предельного перетока. $\Delta P_{\text{крит}} = \Delta P_{\text{НК}}$

$$\Delta P > 0$$

Завышенное
значение ДП

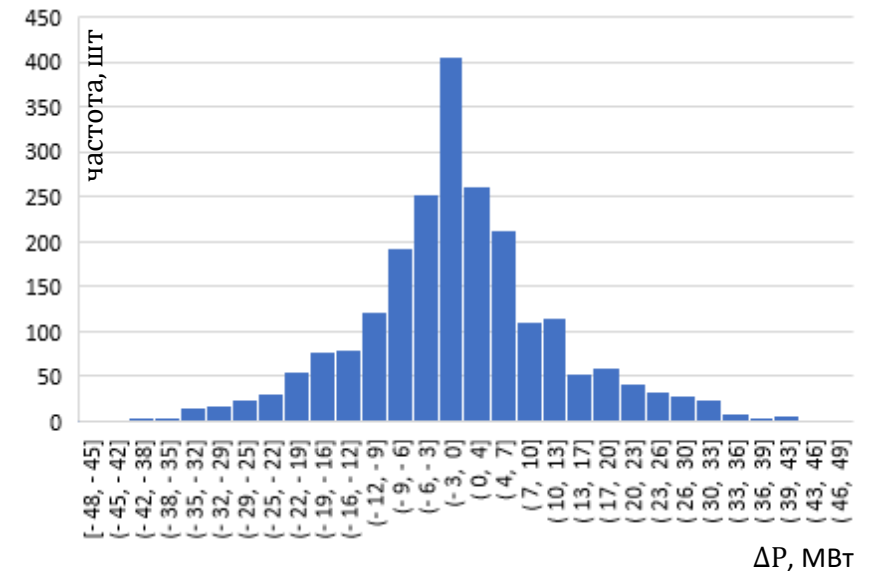
Снижение
надёжности ЭС

$$\Delta P < 0$$

Пониженное
значение ДП

Возможен
избыточный
ввод ГВО и
снижение
экономических
показателей ЭС.

Гистограмма распределения ΔP в КС «Кузбасс-Запад» при отключении объектов ЭЭ 500 кВ.



При отключении всей ТМ с объекта:

- $\Delta P_{\text{max}} = 49,1$ МВт.
- $\Delta P_{\text{min}} = -48,2$ МВт.
- С вероятностью 87% ΔP находится в диапазоне $[-20; 20]$ МВт.

При отключении единичной ТМ:

- $\Delta P_{\text{max}} = 43,4$ МВт.
- $\Delta P_{\text{min}} = -55,2$ МВт.
- С вероятностью 86% ΔP находится в диапазоне $[-1,0; 1,0]$ МВт.

$$\Delta P_{\text{max}} < \Delta P_{\text{крит}}$$

Потеря единичной ТМ или всей ТМ с объекта ЭЭ в случае успешного ОС не приводит к отклонению предельного перетока выше принятого критического значения.

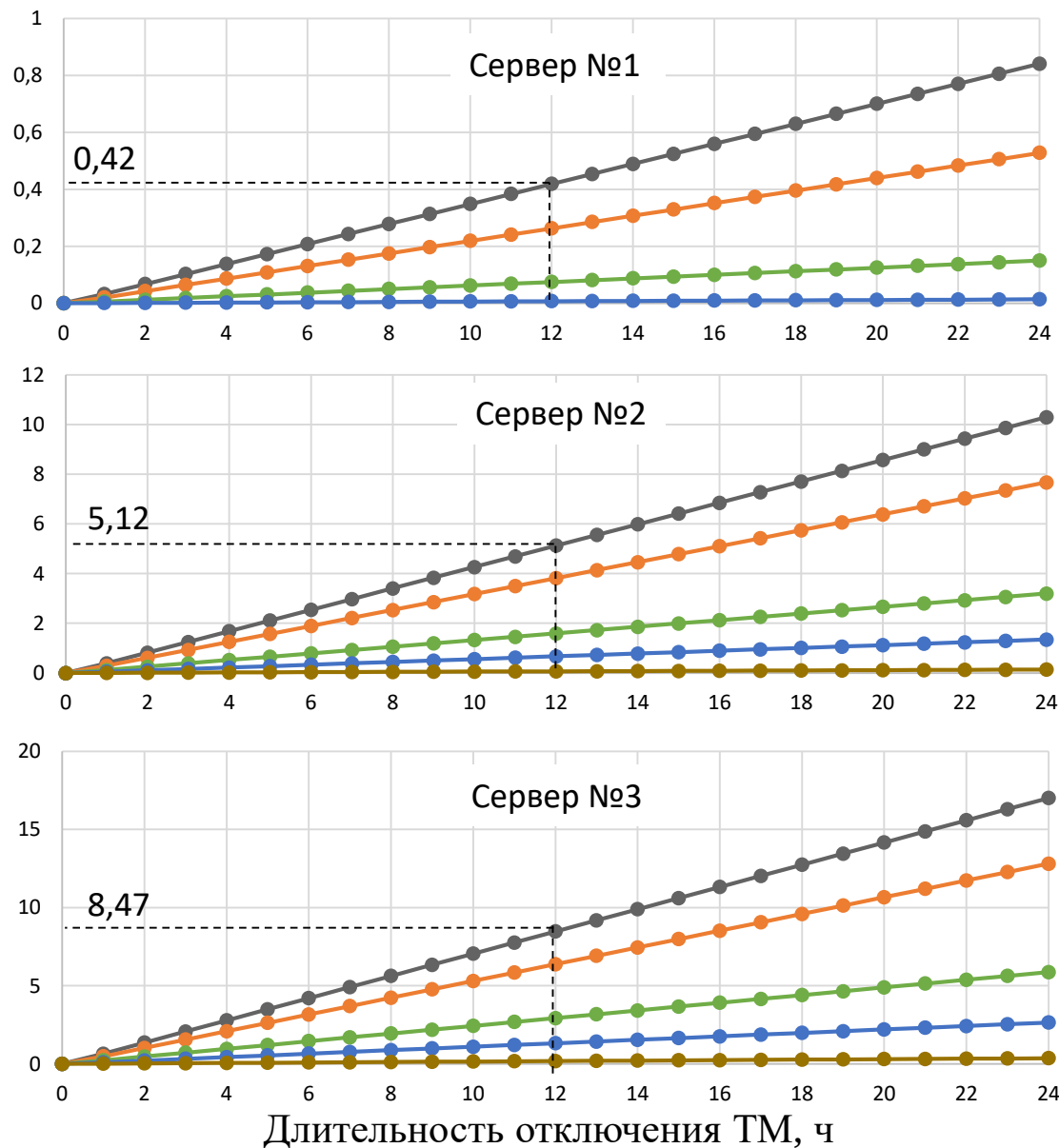


Моделирование случаев отказа СМЗУ

Ожидаемое кол-во отказов СМЗУ, шт

Вероятность неуспешного ОС при ОЕТМ, %

— 72 — 70 — 65 — 60 — 50



T_{max} — максимальная длительность цикла расчёта ДП СМЗУ.

$T_{уц}$ — время ускоренного цикла (принимается 60 с).

T_3 — время перехода на ДП ПУР.

При неуспешном ОС: $t_{цикла\ НОС}^{СМЗУ} = 15с$.

$$T_3 = 2 \cdot T_{max} + 5 + T_{уц}$$

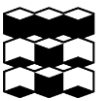
	$N_{НОС}, шт$
Сервер №1	18
Сервер №2	12
Сервер №3	11

Количество последовательных циклов неуспешного ОС, после которых Арбитр СМЗУ осуществляет переход на ДП ПУР:

$$N_{НОС} = \frac{T_3 - T_{max}}{t_{цикла\ НОС}^{СМЗУ}} + 1$$

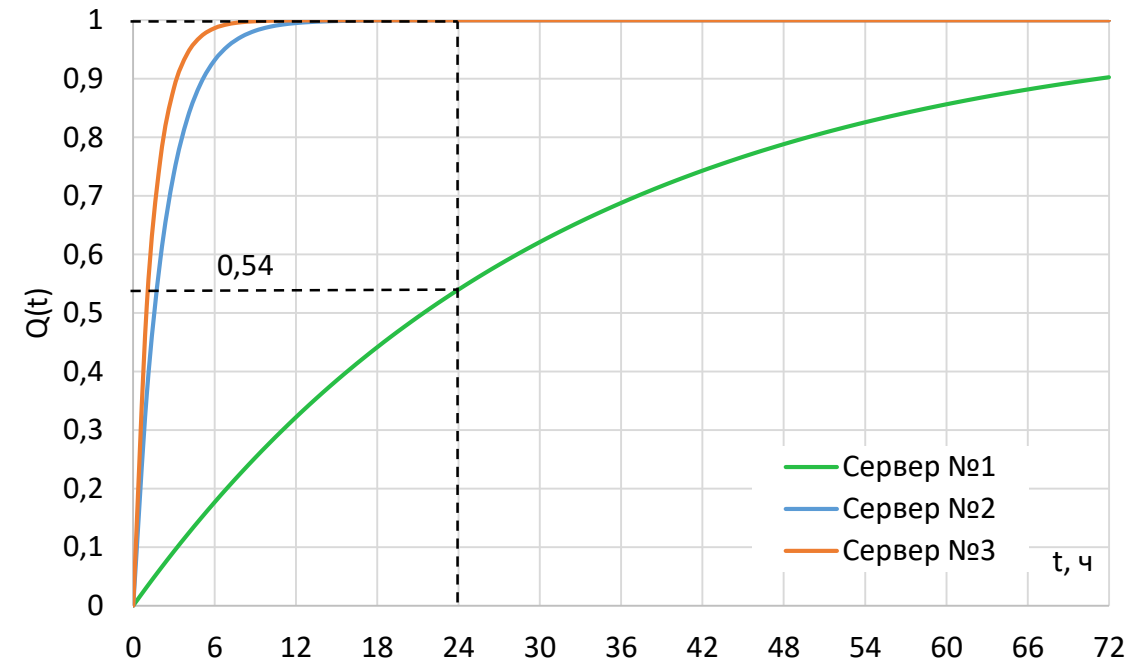
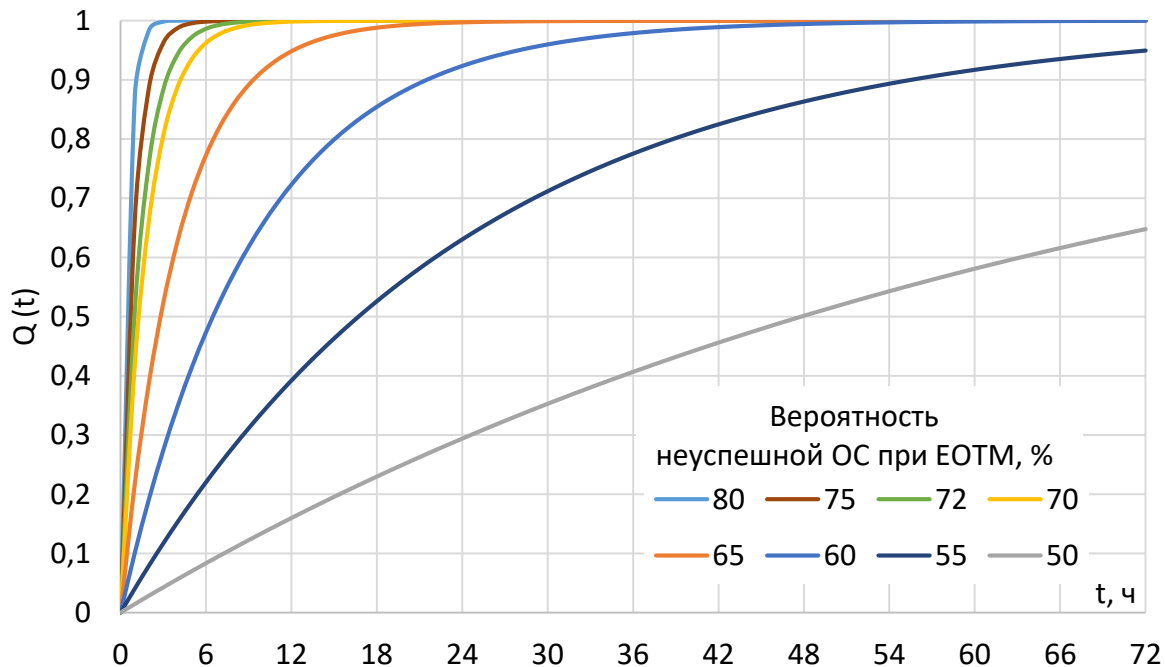
Большее количество отказов ожидается на сервере с наименьшей длительностью цикла расчёта.

Отказ СМЗУ - невозможность выдачи ДП СМЗУ по заданному КС в течение заданного интервала времени или выдача значения МДП отличающегося от реального на величину, превышающую заданное значение для данного сечения.

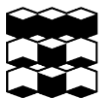


Моделирование случаев отказа СМЗУ

- Вероятность отказа выше на сервере с меньшей длительностью расчёта цикла.



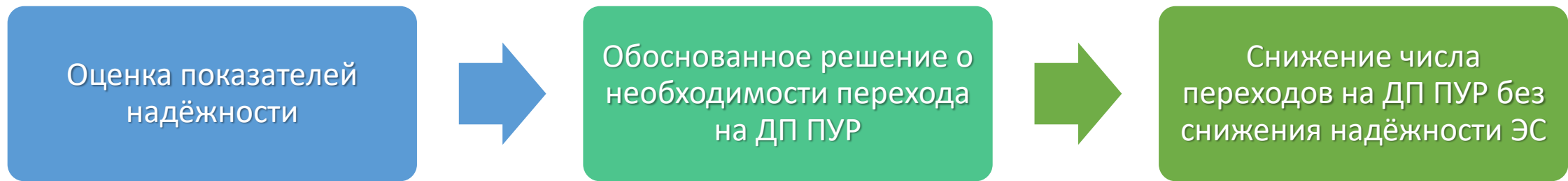
- Средняя вероятность отказа СМЗУ при потере единичной ТМ стремится к нулю. (так как 99,9% процентов от всей ТМ в срезе составляет ТМ, отключение которой приводит к неуспешному ОС с вероятностью менее 20%).



Заключение

Результаты:

- Предложен подход позволяющий оценить показатели надёжности СМЗУ при частичной потере ТМ.
- Исследовано влияние потери ТМ на успешность ОС и применимость полученных значений МДП.
- Вероятность отказа СМЗУ при потере ТМ низкая, что свидетельствует об избыточном предварительном переходе на ДП ПУР.
- Потеря любой ТМ может привести к неуспешному ОС, но с различной вероятностью.



Дальнейшее развитие работы:

- Разработка ПО для анализа надёжности СМЗУ при частичной потере телеметрии согласно заявке с объекта ЭЭ.



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ЗАПАСОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ПОТЕРЕ
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Докладчик: Подглазова Валентина Викторовна
Организация: Томский политехнический университет
Руководитель: доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ, к. т. н. Васильев А.С.