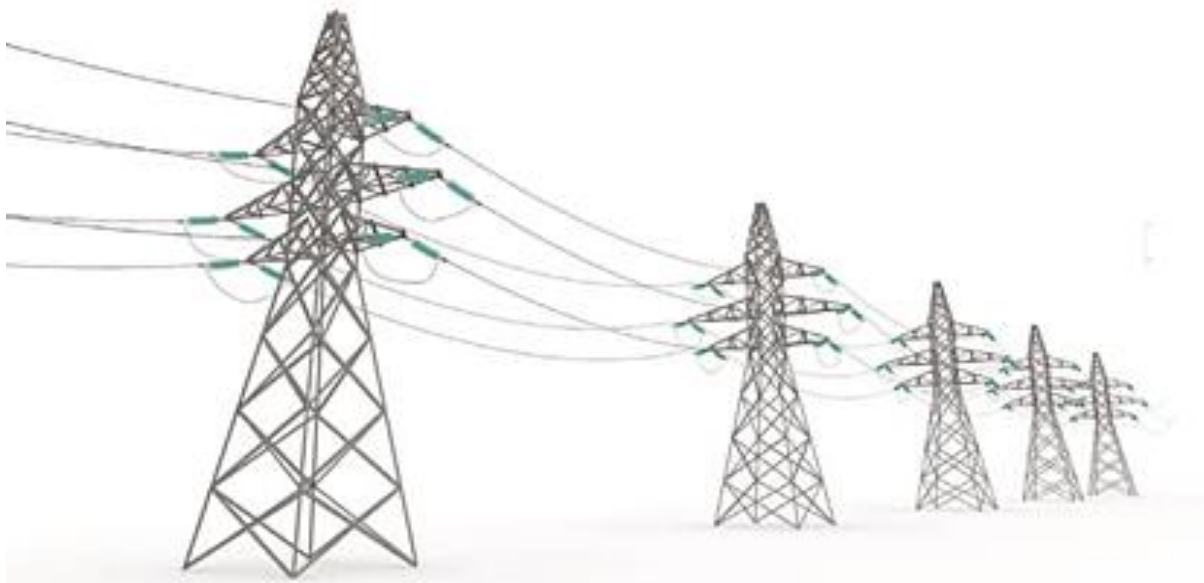
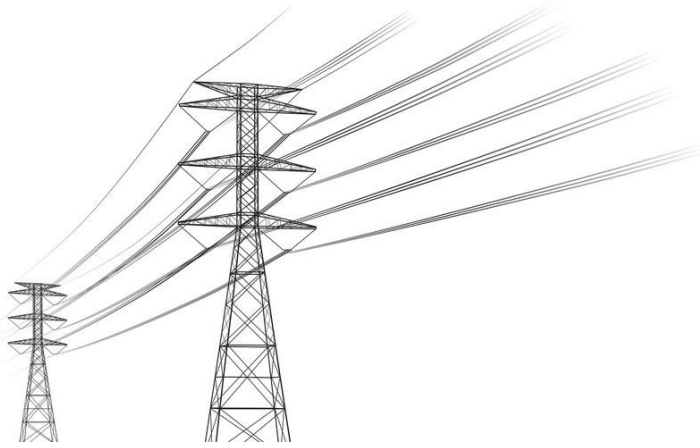


Анализ отключений в электрических сетях, повлекших обесточивание потребителей (поиск инсайтов, составление рекомендаций стейкхолдерам)



2022 год

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ. СТЕЙКХОЛДЕРЫ



Стейкхолдеры:

- производственные подразделения ТСО
- финансово-экономические подразделения ТСО
- региональные органы исполнительной власти

Показатели надежности работы электрических сетей учитываются при установлении тарифов на передачу электроэнергии для территориальных сетевых организаций (ТСО):

- saidi (средняя продолжительность перерывов электроснабжения на точку поставки)
- saifi (средняя частота перерывов электроснабжения на точку поставки)

Основные задачи:

- анализ показателей надежности ТСО
- анализ корректности учета отключений в показателях надежности
- сравнение ТСО по частоте / продолжительности отключений
- выявление очагов внеплановых отключений
- выявление основных причин отключений
- анализ обесточивания потребителей в разрезе категорий надежности
- анализ обесточивания потребителей в разрезе месяцев
- анализ недоотпуска электроэнергии в результате отключений
- оценка влияния износа электрических сетей на показатели надежности
- принятие решений о приоритетах при формировании производственных программ ТСО в целях улучшения показателей надежности и повышения эффективности расходования тарифных источников

ПОДГОТОВКА, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ОЧИСТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Данные	Файл	Подготовка / преобразование	Очистка, устранение аномалий
Журнал отключений	01_outages_input.xlsx	Выполнено	Выполнено
Кол-во точек поставки, предельные значения показателей надежности	02_points_input.xlsx	Выполнено	Не требуется
Справочник организационных причин аварий	03_reason_org_input.xlsx	Не требуется	Не требуется
Износ электрических сетей	04_deterioration.xlsx	Не требуется	Не требуется

Общее качество исходных данных – **удовлетворительное**.

Недостатки и аномалии:

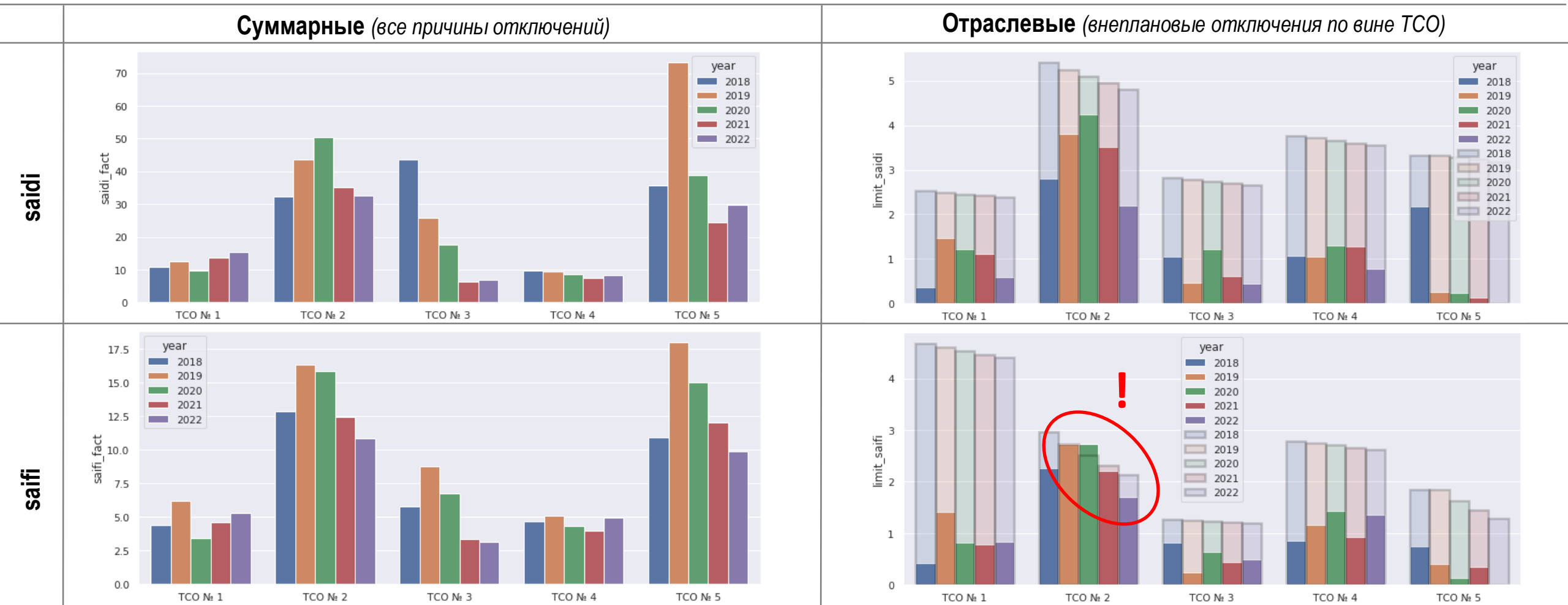
- не соблюдается принцип единообразного заполнения данных
- некорректно заполняются данных по части записей по отдельным атрибутам
- не заполняется ряд атрибутов
- чрезвычайно высокий разброс значений по измеряемым атрибутам (*естественный характер разброса*)



Рекомендации:

Провести методологическую работу с ответственными за занесение отчетности в «Журнал отключений» сотрудниками ТСО в части исключения выявленных недостатков

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ТСО



- Максимальные показатели – **ТСО № 2**

- Превышение (риск превышения) предельных значений – **ТСО № 2**



Рекомендации:

ТСО № 2 в производственную программу в приоритетном порядке включать объекты, по которым фиксируются многократные (повторяющиеся) случаи отключений, и объекты, питающие наибольшее количество точек поставки

ВЛИЯНИЕ ПРИЧИН АВАРИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Аномалии влияния причин аварий на обесточивание

ТСО	Группа причин аварий	Влияние, %
ТСО № 2	Недостатки эксплуатации	41,2
ТСО № 3	Недостатки эксплуатации	9,1
ТСО № 3	Природные воздействия	69,0
ТСО № 4	Недостатки эксплуатации	1,9
ТСО № 4	Природные воздействия	61,8
ТСО № 5	Недостатки эксплуатации	10,2
ТСО № 5	Сторонние воздействия	76,0



Рекомендации:

- **ТСО № 2** – оценка качества планирования ремонтов, достаточности выделяемых средств и ресурсов
- **ТСО № 3** – аудит корректности расследования аварий из-за повреждения оборудования потребителей э/э
- **ТСО № 4** - аудит корректности расследования аварий, причинами которых признаны превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта, недостатки конструкции оборудования
- **ТСО № 5:**
 - ✓ аудит корректности расследования аварий, причинами которых признано повреждение оборудования потребителей э/э
 - ✓ усиление работы с подрядными и строительными организациями региона, работающими в охранных зонах ВЛ
 - ✓ обустройство путей проезда под ВЛ, соблюдение минимально допустимых габаритов от проводов ВЛ до земли

ТСО № 2 – высокая доля аварий по причинам:

- **природных воздействий**
- **несвоевременного устранения дефектов, физического износа сетей**

ТСО № 3 – высокая доля аварий по причинам:

- **природных воздействий** (*экстремально высокий показатель*)
- **несвоевременного устранения дефектов, физического износа сетей**

ТСО № 4 – высокая доля аварий по причинам:

- **природных воздействий**
- **недостатов конструкции оборудования**

ТСО № 5 – высокая доля аварий по причинам:

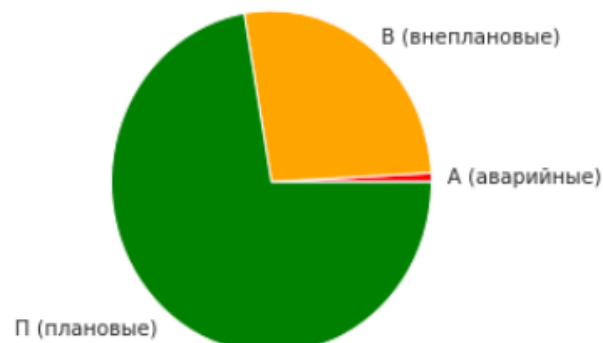
- **повреждения оборудования потребителей э/э**
- **сторонних воздействий**

АНАЛИЗ ОБЕСТОЧЕНИЙ ПО КАТЕГОРИЯМ НАДЕЖНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

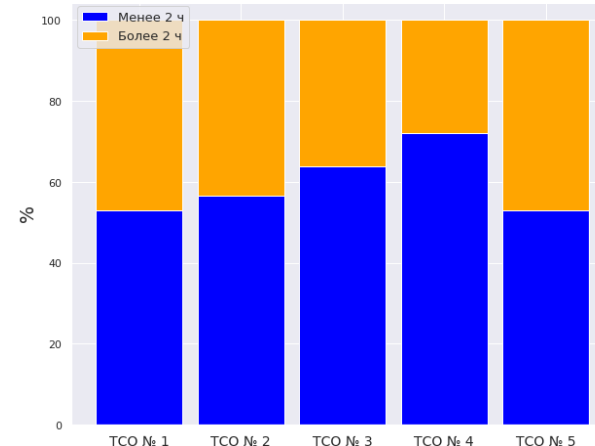
Распределение отключений по категориям

ТСО	1-2 кат., %	3 кат., %
ТСО № 1	0,094	99,906
ТСО № 2	0,102	99,898
ТСО № 3	1,320	98,680
ТСО № 4	0,108	99,892
ТСО № 5	0,525	99,475

1 категория надежности



2 категория надежности



3 категория надежности

ТСО	> 24 ч., %
ТСО № 1	0,050
ТСО № 2	0,104
ТСО № 3	1,591
ТСО № 4	0,037
ТСО № 5	0,685

- Недопустимо высокая частота нарушения нормативов – в **ТСО № 3** и **ТСО № 5**.
- Нарушение законодательства по всем категориям надежности

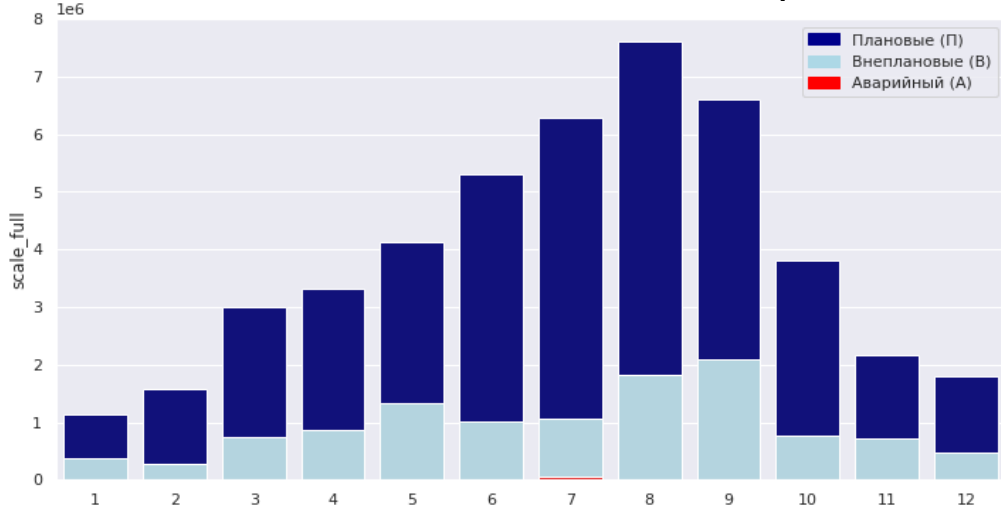
Рекомендации:



- Повышение надежности работы объектов, питающих потребителей 1 и 2 категории
- Работа с собственниками электроустановок 1-2 категорий в части организации питания от 2 независимых источников питания (в т.ч. обеспечения работоспособности собственных ДГУ потребителей)
- **ТСО № 3, ТСО № 5:**
 - ✓ повысить качество планирования отключений в части соблюдения предельной длительности обесточивания потребителей
 - ✓ усилить готовность сил и средств к оперативному проведению аварийно-восстановительных работ

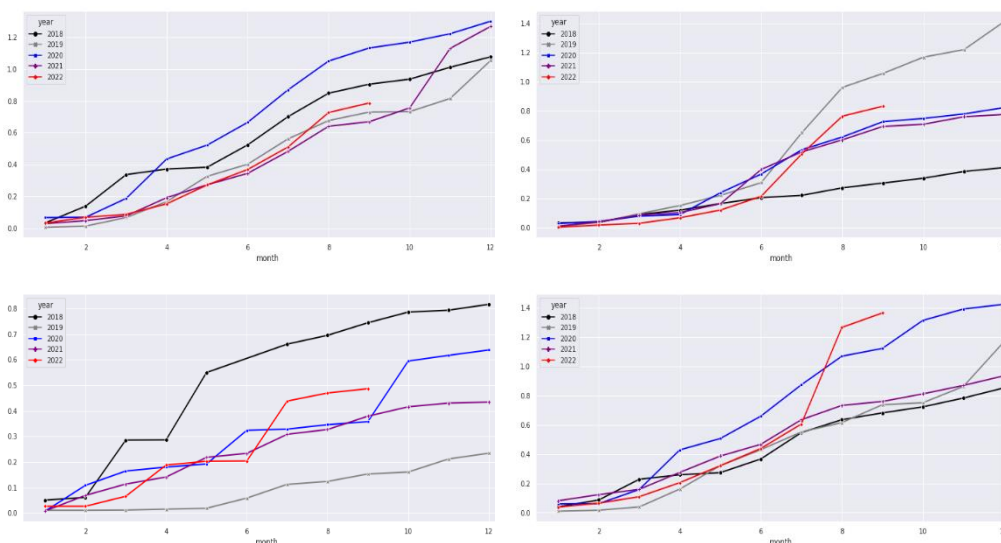
АНАЛИЗ ОБЕСТОЧЕНИЙ ПО МЕСЯЦАМ

Масштабы обесточивания по месяцам:



- Пик масштабов обесточивания в июле-сентябре.
- Активное выполнение плановых технических воздействий в летнее время
- Рост объемов внеплановых обесточиваний из-за снижения резервирования
- ТСО № 2 – пик масштабов обесточивания в сентябре (тайфуны, штормы)
- Вклад «аварийных» отключений - пренебрежимо мал
- ТСО № 5 - практически все отключения «плановые»
- ТСО № 1 - за 9 мес. 2022 г. превышены годовые значения saifi 2020-2021 гг.
- ТСО № 3 - за 9 мес. 2022 г. превышено годовое значение saifi за 2021 г.
- ТСО № 4 - за 9 мес. 2022 г. превышены значения saidi/saifi за 9 мес. 2021 г.

Динамика показателей надежности по месяцам (риски):



Рекомендации:

- Провести анализ корректности классификации подавляющего большинства отключений в ТСО № 5 как плановых («П»)
- Провести анализ очагов обесточения потребителей в ТСО № 1, ТСО № 3 и ТСО № 4 в разрезе районов электрических сетей
- При формировании производственных программ ТСО № 1, ТСО № 3 и ТСО № 4 предусмотреть приоритетное планирование работ на объектах, вносящих наибольший вклад в показатели надежности

ОЦЕНКА КОРРЕКТНОСТИ УЧЕТА ОТКЛЮЧЕНИЙ В ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ

Орг. код	ТСО № 1		ТСО № 2		ТСО № 3		ТСО № 4		ТСО № 5	
	не учит.	учит.	не учит.	учит.	не учит.	учит.	не учит.	учит.	не учит.	учит.
3.4.10	368	3	328	3	41	0	162	2	8	0
3.4.12	0	44	0	0	3	0	0	0	0	0
3.4.12.1	0	5	21	0	48	2	3	0	0	17
3.4.12.2	1	189	2238	0	331	44	68	53	11	0
3.4.12.3	0	403	273	0	118	7	48	33	68	3
3.4.12.4	0	6	15	0	2	0	7	2	0	0
3.4.12.5	0	312	2263	0	189	1	7	23	3	0
3.4.13.1	0	2	0	0	0	7	0	0	0	0
3.4.13.2	0	7	0	9	0	19	1	109	0	1
3.4.13.3	0	75	33	33	0	5	0	49	0	1
3.4.13.4	0	20	27	17	9	13	0	98	1	22
Итого	369	1066	5198	62	741	98	296	369	91	44

- **Принципиальные различия** порядка учета отключений по причинам «Воздействие повторяющихся стихийных явлений» в расчете показателей надежности разных ТСО
- Как следствие, **некорректность сопоставления** отраслевых показателей надежности различных ТСО

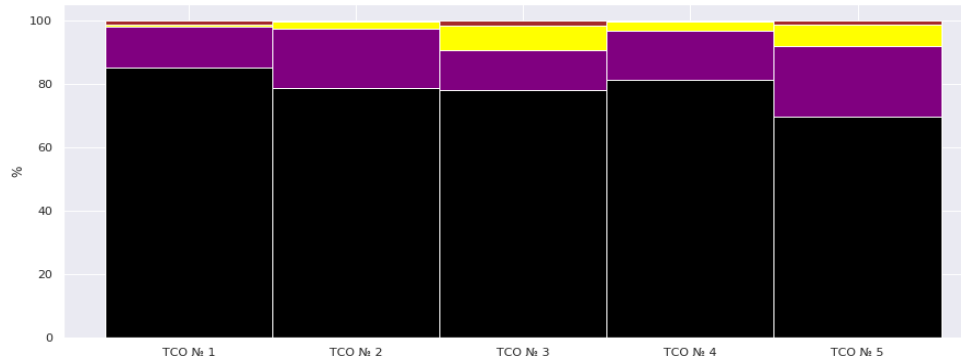
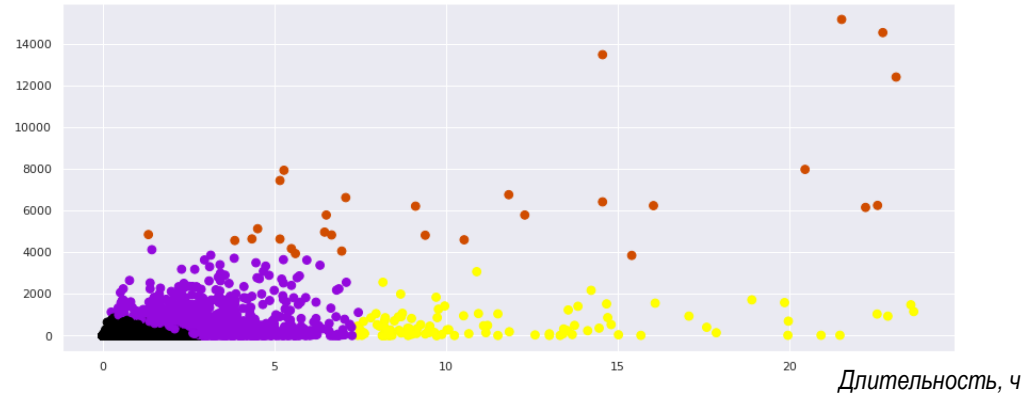


Рекомендации:

Разработка единого для всех ТСО Регламента принятия решений об учете (неучете) отключений по причинам, входящим в блок 3.4.12, при расчете отраслевых показателей надежности.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ОТКЛЮЧЕНИЙ. МОДЕЛЬ РЕГРЕССИИ (ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ <—> ИЗНОС)

Масштабы, час*т.пост



Четыре кластера отключений:

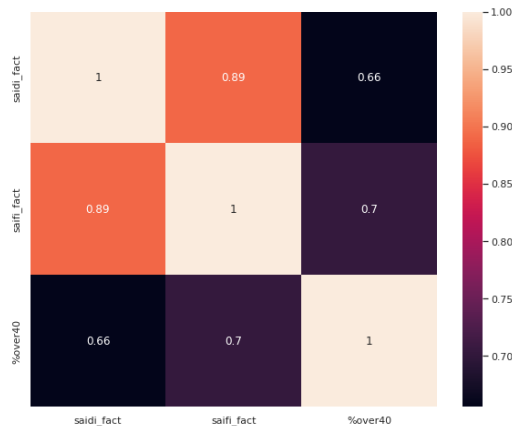
- ✓ незначительная длительность и последствия
- ✓ умеренная длительность и последствия
- ✓ высокая длительность с умеренными последствиями
- ✓ высокие последствия

- Наилучшее распределение по кластерам – **TCO № 1** и **TCO № 4**
- Наихудшее распределение по кластерам – **TCO № 5** и **TCO № 3**



Рекомендации:

TCO № 5 и TCO № 3 разработать комплекс мероприятий по повышению готовности к выполнению аварийно-восстановительных работ с учетом опыта TCO № 1 и TCO № 4.



- Выявлена сильная прямая взаимосвязь показателей надежности и износа сетей
- Построена модель линейной регрессии показателей надежности от износа:
 - ✓ показатель saidi: $y = 98.1493 * x - 14.2014$
 - ✓ показатель saifi: $y = 25.7658 * x - 1.6760$



Рекомендации:

Своевременное планирование мероприятий по техническому перевооружению и реконструкции отработавших нормативных срок службы объектов.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ

По результатам статистической проверки 12 гипотез (уровень значимости – 0,05):

- Длительность обесточивания потребителей при авариях из-за природных воздействий **выше**, чем при авариях по другим причинам
- Длительность обесточивания потребителей при плановых отключениях **выше**, чем при внеплановых/аварийных отключениях
- Длительность единичного обесточивания потребителей в ТСО № 3 **выше**, чем в других ТСО
- Масштаб единичного обесточивания потребителей в ТСО № 4 **выше**, чем в других ТСО
- Масштаб обесточивания потребителей при отключении по вине ТСО **ниже**, чем по причинам, не связанным с прямой виной ТСО
- Масштаб обесточивания потребителей из-за внеплановых и аварийных отключений в мае-сентябре **выше**, чем в другие месяцы
- Доля масштабов обесточивания потребителей из-за природных воздействий в ТСО, расположенных в приморских регионах, **выше**, чем в других ТСО
- Доля масштабов обесточивания потребителей из-за недостатков эксплуатации в ТСО № 2 **выше**, чем в других ТСО
- Фактические показатели надежности в ТСО, расположенных в приморских регионах, **не отличаются** от других ТСО
- Доля объемов недоотпуска электроэнергии из-за недостатков эксплуатации в разных ТСО **не различается**
- **Существуют отличия** порядка учета в показателях надежности отключений по причинам, входящим в блок «Воздействие повторяющихся стихийных явлений», в ТСО № 1 и ТСО № 4 в сравнении с другими ТСО

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДАШБОРД

Суммарные показатели надежности в 2022 году

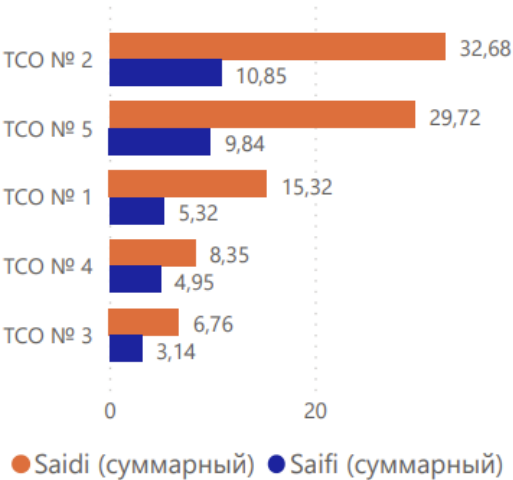
Средняя длительность отключений на точку поставки, ч.

19,69

Среднее количество отключений на точку поставки, шт.

6,98

Суммарные показатели надежности TCO



Отраслевые показатели надежности по состоянию на текущую дату

Выберите TCO:

TCO № 1

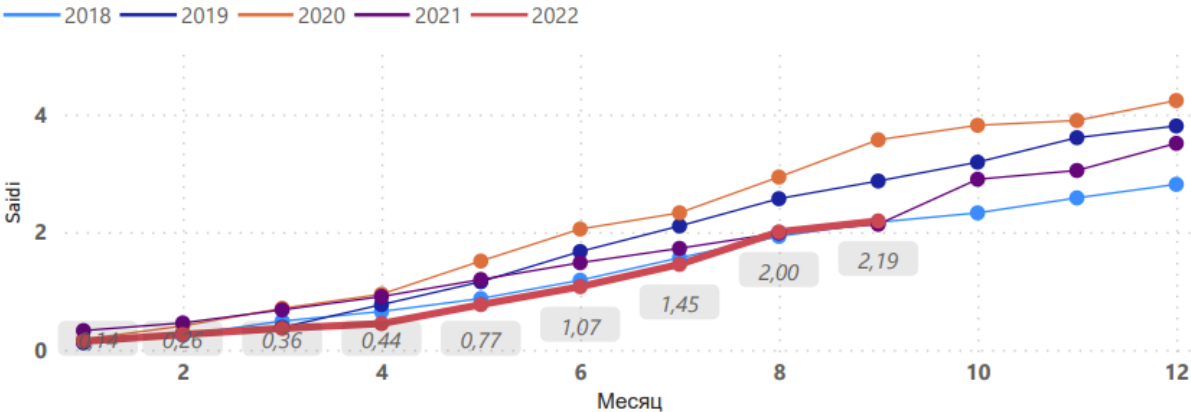
TCO № 2

TCO № 3

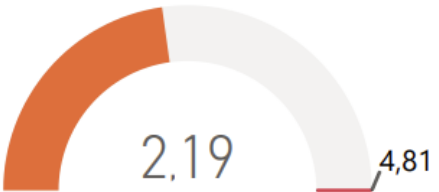
TCO № 4

TCO № 5

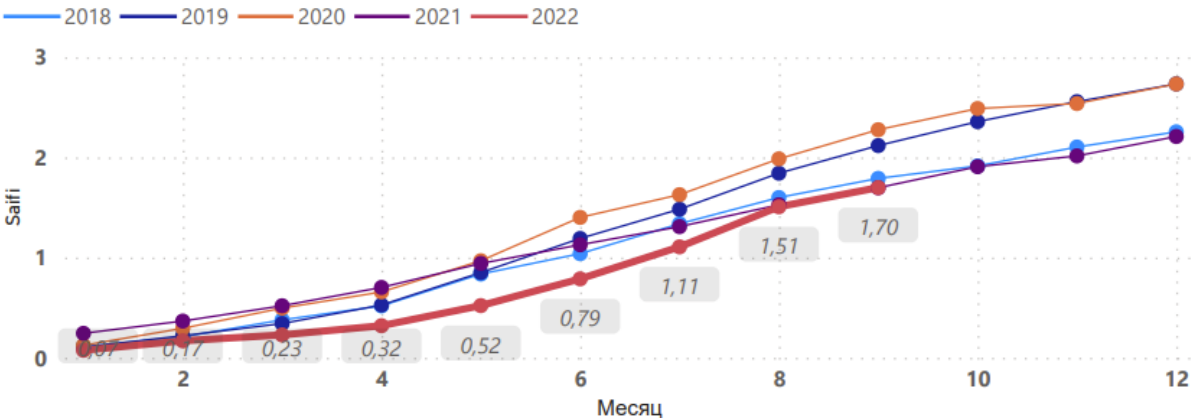
Отраслевой показатель Saidi



Достижение предельного показателя saidi



Отраслевой показатель Saifi



Достижение предельного показателя saifi



ВЫВОДЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ

Риски

- превышение предельных показателей надежности
- ухудшение динамики показателей надежности
- превышение максимальной длительности обесточивания
- рост недоотпуска электроэнергии
- недостаточная готовность к ликвидации аварий
- высокий износ электрических сетей
- недостаточное качество ведения отчетности
- недостаточная адресность программ ремонтов
- некорректность определения типов отключений
- отсутствие единой методологии учета аварий, связанных с воздействием стихийных явлений
- недостаточная работа со строительными организациями
- **ТСО № 2 – наивысший интегральный риск**



Рекомендации

24 адресных рекомендации по направлениям:

- корректность расчета показателей надежности
- качество расследования причин аварий
- адресность планирования технических воздействий
- готовность к ликвидации аварий
- минимизация весомых факторов обесточивания
- корректное ведение отчетной информации



Разработка **комплекса организационно-технических мероприятий** по устранению выявленных несоответствий и снижению рисков



Повторное углубленное исследование по итогам реализации комплекса мероприятий

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !