

**Актуальные вопросы разработки методов
он-лайн мониторинга и диагностики
турбогенераторов при решении задач
повышения надёжности
и продления срока службы.**

Д.В. Кузнецов к.т.н. (докладчик),
Ф.А. Поляков к.т.н., П.В. Сокур к.т.н.
ООО «Электросервис – НТЦГ»

**Ионизационное разрушение изоляции стержней на выходе
из пазов в турбогенераторе с воздушным охлаждением
 $P_H=160$ МВт, $U_H=15,75$ кВ.**



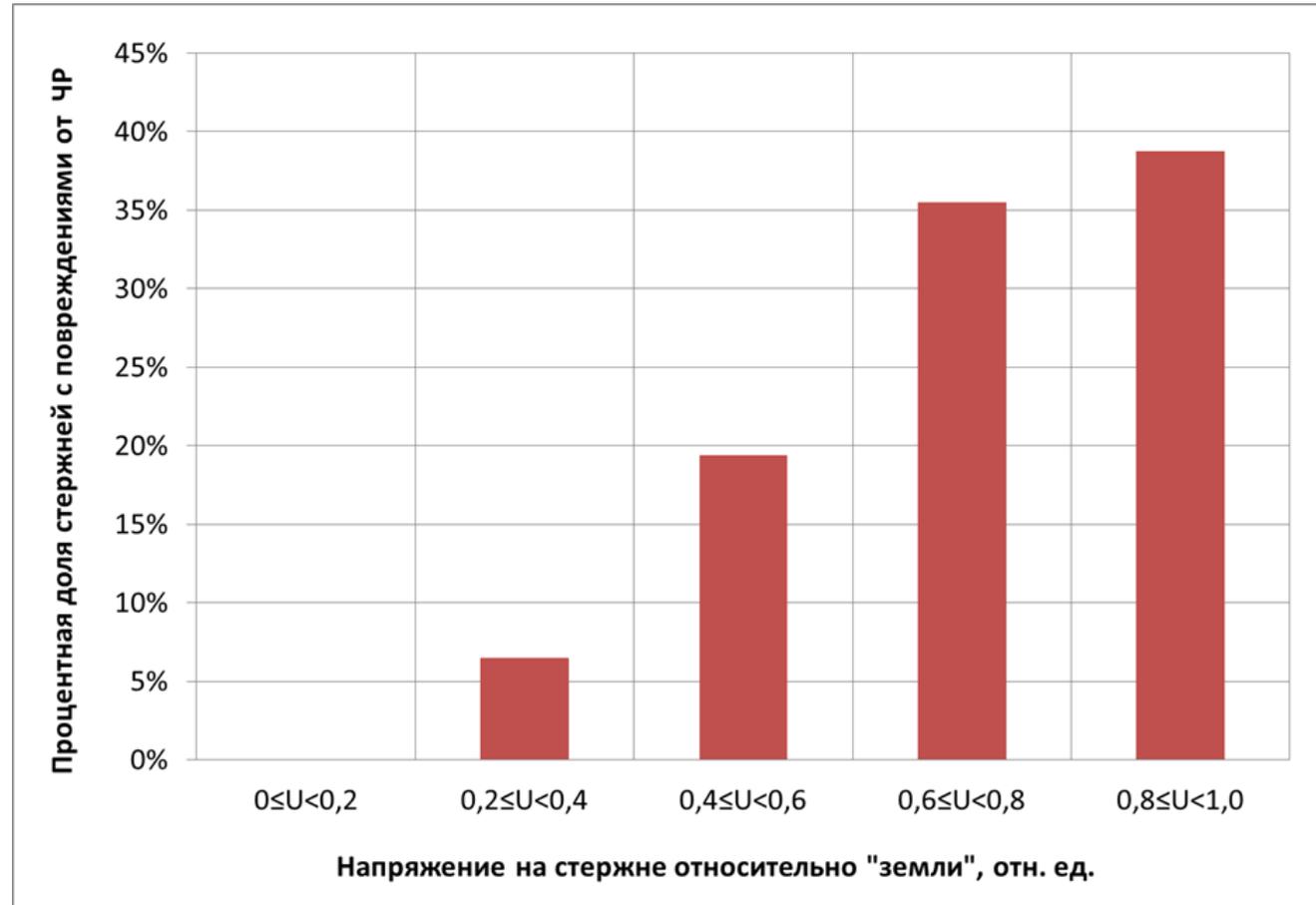
**Ионизационное разрушение изоляции в пазовой части
обмотки в турбогенераторе с воздушным охлаждением
 $P_H=160$ МВт, $U_H=15,75$ кВ**



**Ионизационное разрушение изоляции в пазовой части
обмотки в турбогенераторе с воздушным охлаждением
 $P_H=160$ МВт, $U_H=15,75$ кВ (увеличено)**



Распределение стержней верхнего слоя с дефектами от ЧР по уровням рабочего напряжения в турбогенераторе с воздушным охлаждением $P_n=160$ МВт, $U_n=15,75$ кВ



**Место пробоя стержня на «землю» в районе выхода из паза в турбогенераторе с воздушным охлаждением
 $P_n=110$ МВт, $U_n=10,5$ кВ**



**Оплавление меди и стали статора в результате
междуфазного замыкания в турбогенераторе с
воздушным охлаждением Рн=110 МВт, Un=10,5 кВ**



**Оплавление меди и стали статора в результате
междуфазного замыкания в турбогенераторе с воздушным
охлаждением $P_n=110$ МВт, $U_n=10,5$ кВ (увеличено)**



Приоритетные направления он-лайн мониторинга статоров турбогенераторов с воздушным охлаждением

- ▶ Измерение и анализ параметров ЧР в работе (*);
- ▶ Контроль теплового состояния обмотки статора;
- ▶ Контроль параметров охлаждающего воздуха (влажность, точка росы);
- ▶ Контроль концентрации озона в корпусе статора (**).

Примечания.

(*) – в действующих НТД (ГОСТ IEC/TS 60034-27-2-2015) отсутствуют четкие количественные критерии оценки состояния изоляции обмотки статора на основе результатов измерения ЧР;

(**) – в действующих НТД (РД 34.45-51.300-97) отсутствуют нормы на допустимый уровень концентрации озона в корпусе турбогенератора.

Повреждение изоляции обмотки статора обломившимися листами активной стали в турбогенераторе 165 МВт.



**Отверстие в изоляции стержня турбогенератора 165 МВт
с водородно-водяным охлаждением, просверленное посторонним
металлическим предметом
(фото предоставлено персоналом электростанции).**



Продавливание микалентной изоляции лобовых частей и бандажного кольца в турбогенераторе 165 МВт с водородно-водяным охлаждением.

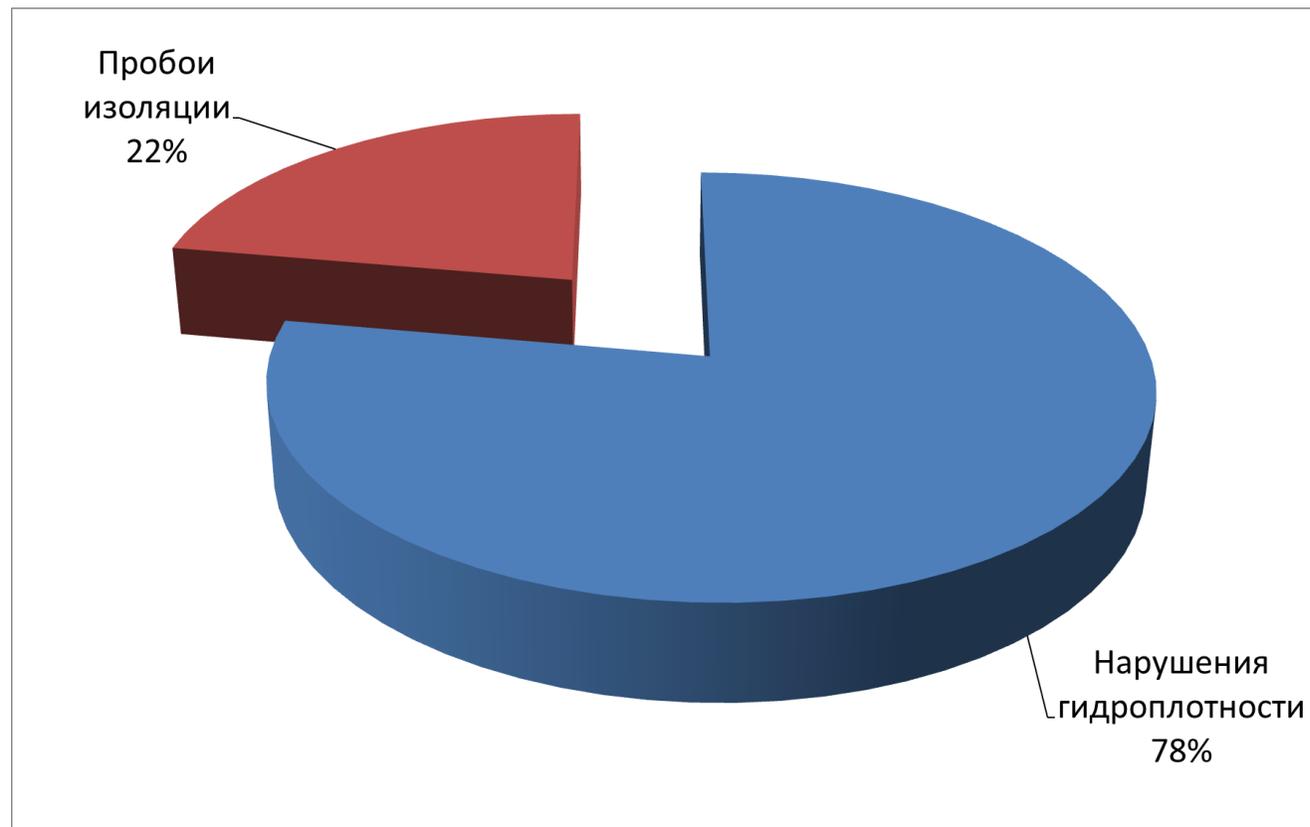


Анализ повреждаемости обмоток статоров турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением мощностью 160-165 МВт

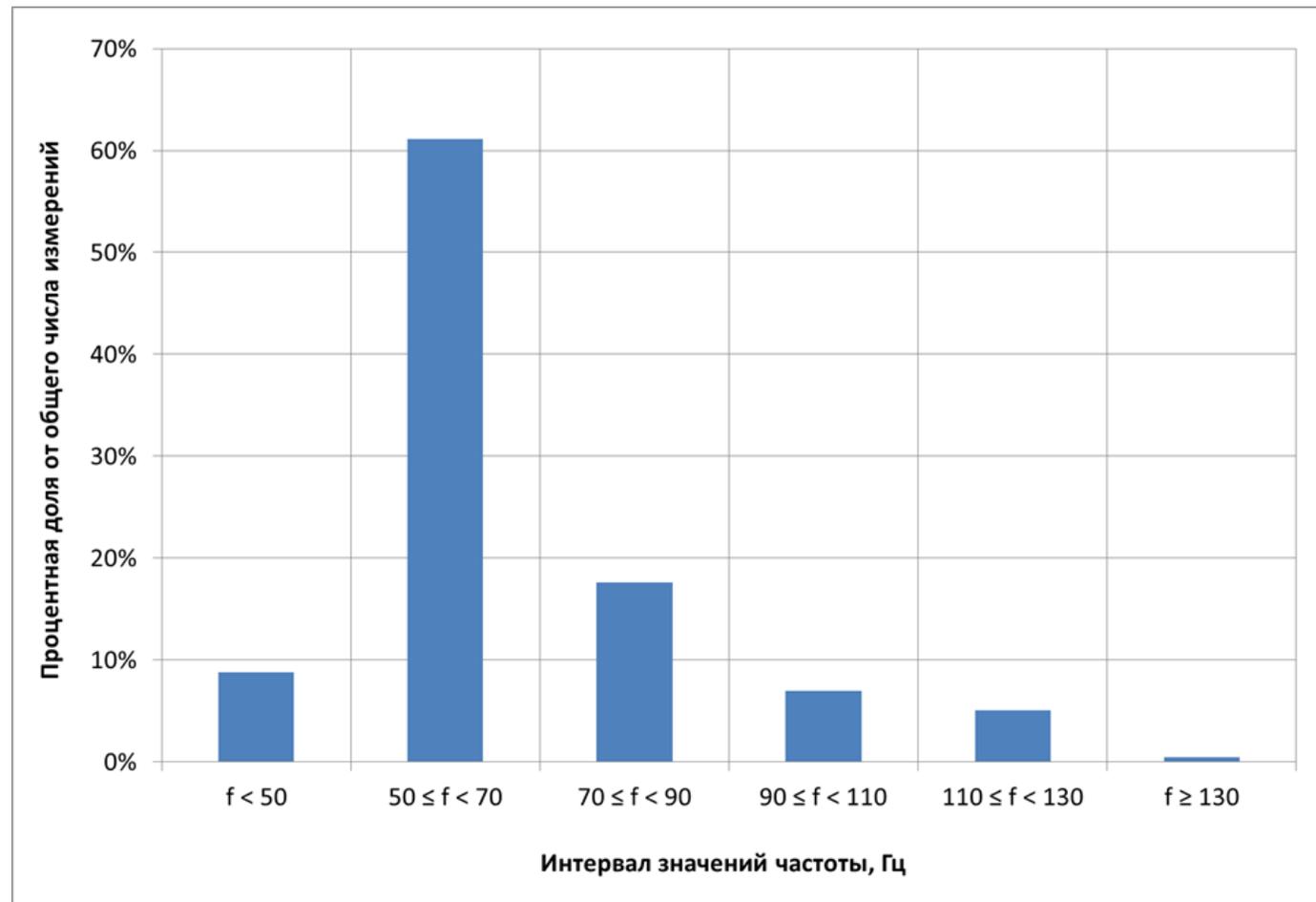
Средняя календарная наработка обмотки статора на отказ: $\tau_{\text{ср}} = 13,3$ лет

Нижняя граница 95% доверительного интервала: $\tau_{\text{ср.н}} = 9,9$ лет

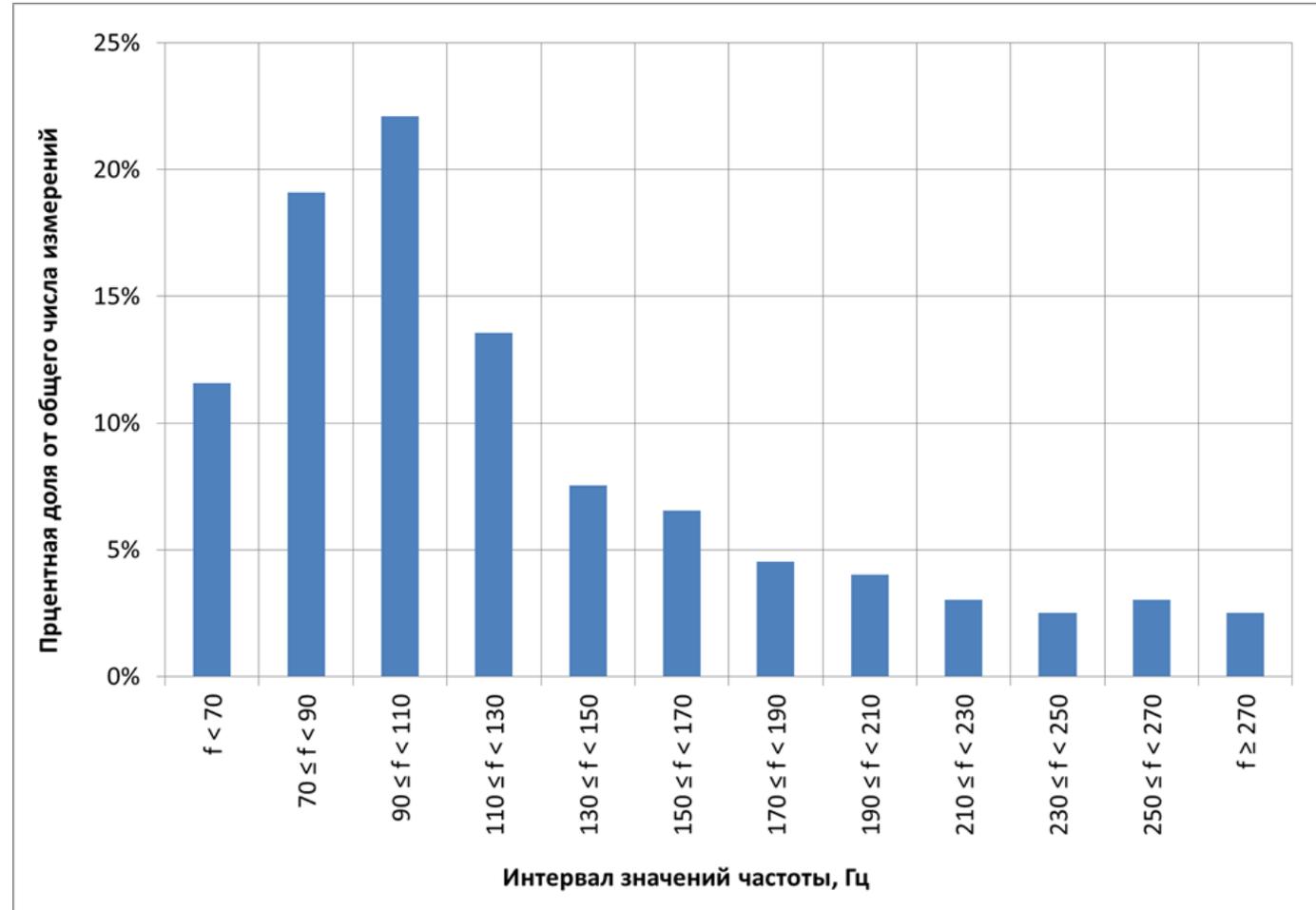
Верхняя граница 95% доверительного интервала: $\tau_{\text{ср.в}} = 18,2$ лет



Распределение 1-ых собственных частот выводных шин турбогенераторов типа ТВВ-800-2



Распределение 2-ых собственных частот выводных шин турбогенераторов типа ТВВ-800-2

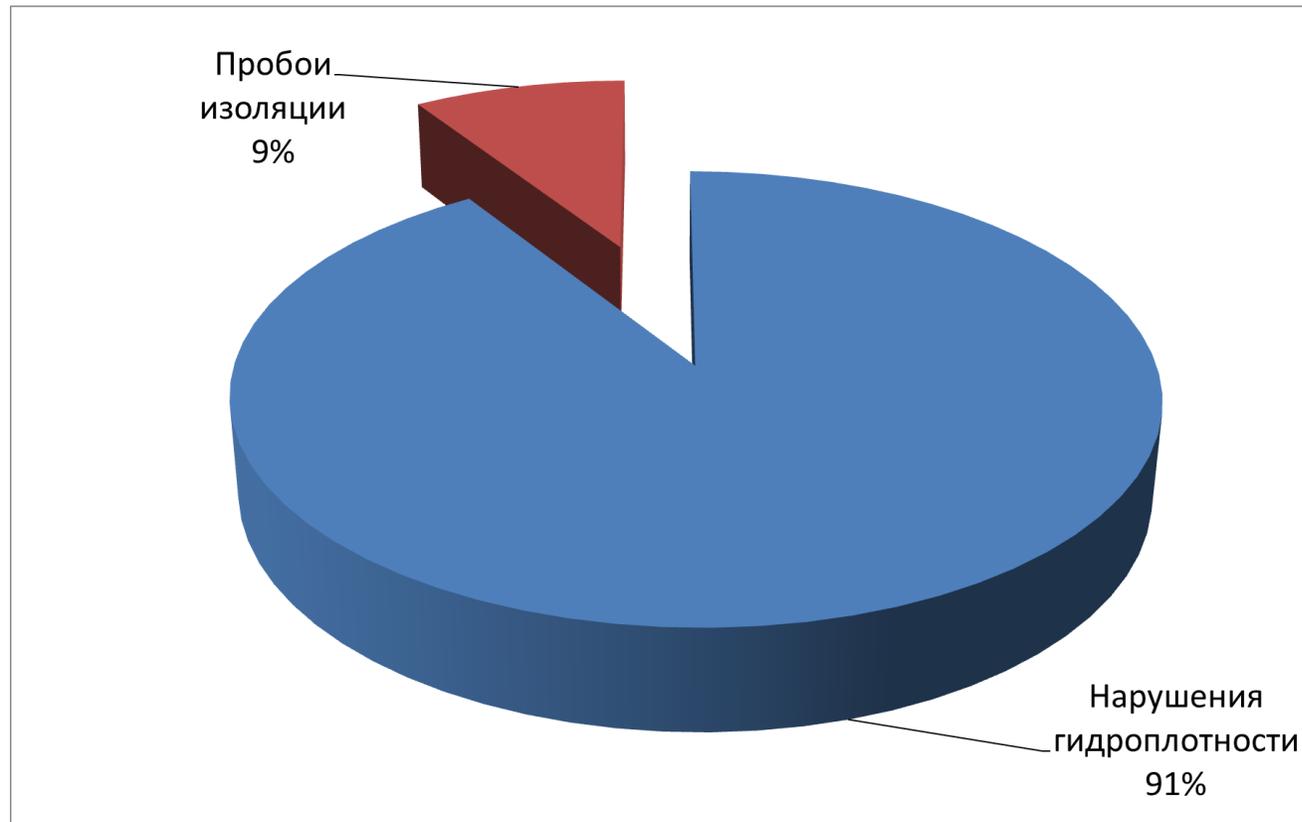


Анализ повреждаемости обмоток статоров турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением мощностью 800 МВт

Средняя календарная наработка обмотки статора на отказ: $\tau_{\text{ср}} = 6,9$ лет

Нижняя граница 95% доверительного интервала: $\tau_{\text{ср.н}} = 4,5$ лет

Верхняя граница 95% доверительного интервала: $\tau_{\text{ср.в}} = 11$ лет



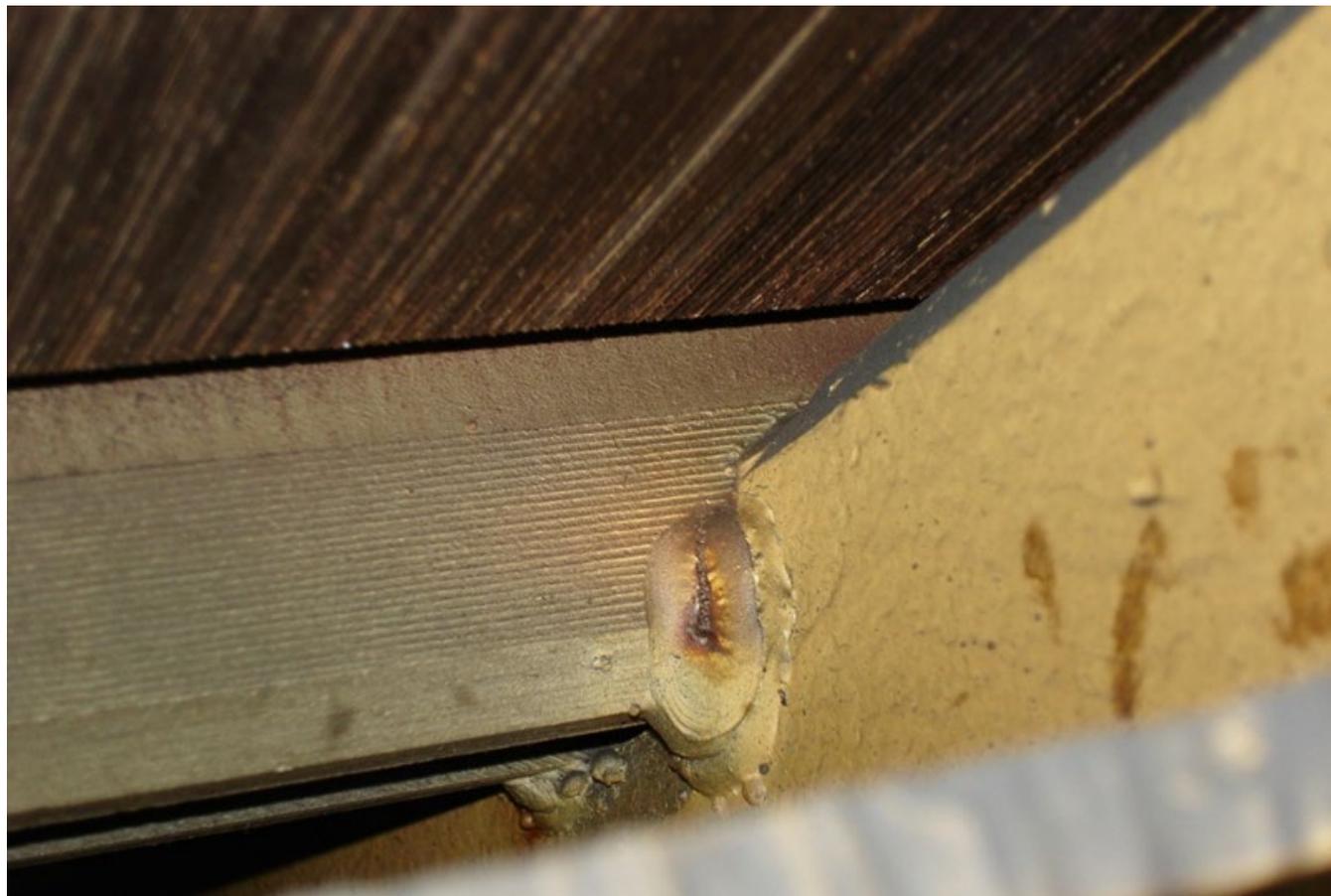
Приоритетные направления он-лайн мониторинга статоров турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением серии ТВВ

- ▶ **Контроль герметичности статорных обмоток на основе измерения и анализа концентрации водорода в охлаждающем дистилляте;**
- ▶ **Контроль вибрационного состояния лобовых частей и выводных шин в обмотках статоров турбогенераторов мощностью 800 МВт и выше.**

**Признаки повышенной вибрации активной стали –
продукты фреттинг-коррозии на наружной поверхности
сердечника ТГВ-200**



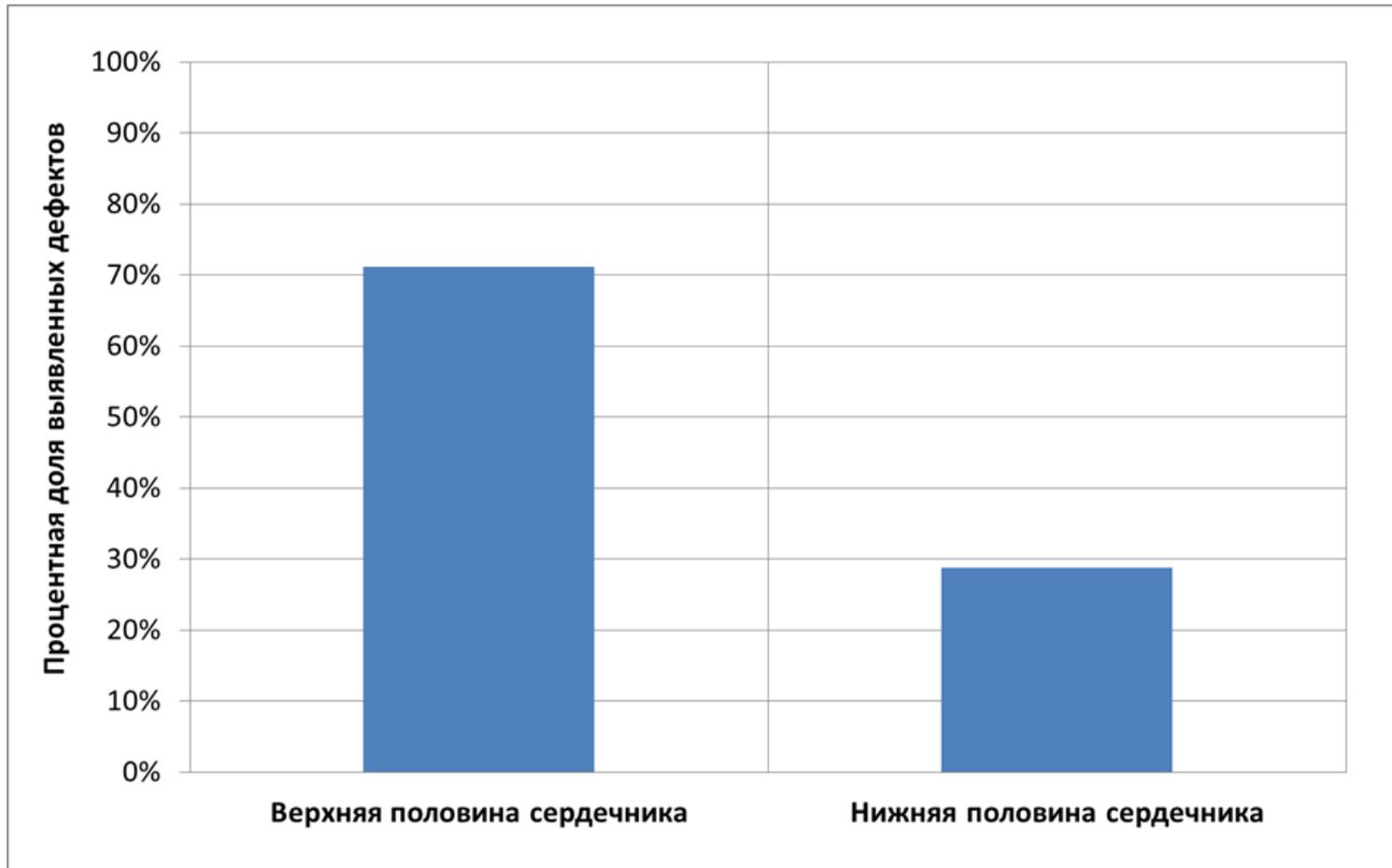
Трещина в сварном шве между стяжной призмой и кольцевым ребром жесткости рамы ТГВ-300



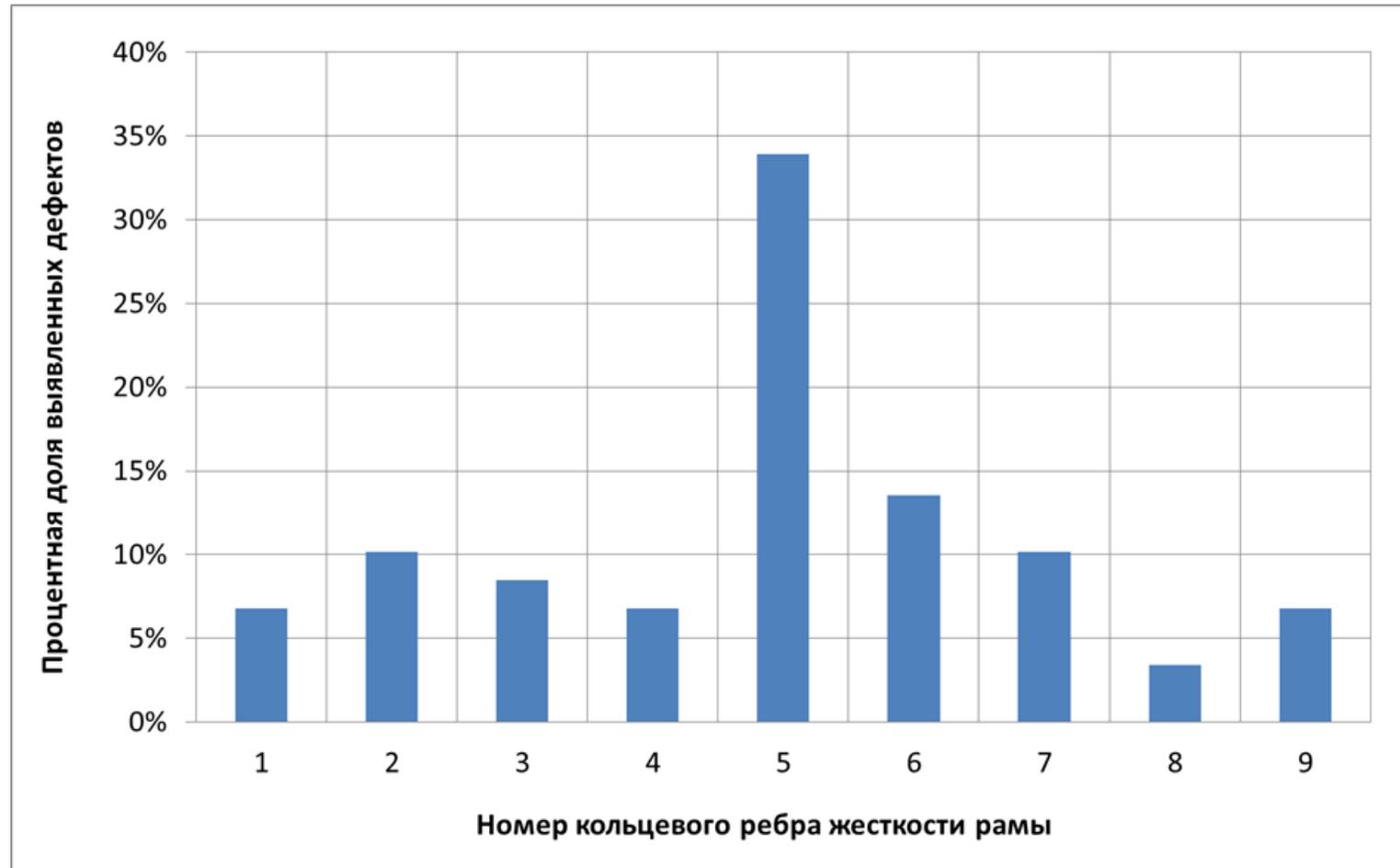
Трещина в кольцевом ребре жесткости рамы ТГВ-300



Распределение дефектов промежуточной рамы по окружности статора в турбогенераторах ТГВ-300



Распределение дефектов промежуточной рамы по длине статора в турбогенераторах ТГВ-300



Приоритетные направления он-лайн мониторинга турбогенераторов с тангенциальной конструкцией эластичной подвески сердечника статора серии ТГВ

- ▶ Контроль вибрационного состояния сердечника, промежуточной рамы и корпуса статора, а в турбогенераторах с непосредственным водяным охлаждением обмотки (ТГВ-200М) так же и лобовых частей статора (*);
- ▶ Контроль герметичности статорных обмоток на основе измерения и анализа концентрации водорода в охлаждающем дистилляте (в ТГВ-200М).

Примечание.

(*) – в действующих НТД ([РД 34.45-51.300-97](#)) отсутствуют нормы на вибрацию промежуточной рамы, а так же нормы на вибрацию статоров турбогенераторов в режимах работы с нагрузкой, отличающейся от номинальной.

Выводы

1. При разработке систем непрерывного мониторинга турбогенераторов, необходимо в обязательном порядке учитывать:

- ▶ специфику конструкции турбогенератора – тип системы охлаждения, вид охлаждающего газа, динамические свойства, рабочее напряжение, тип и технология изготовления изоляции и т.д.;
- ▶ опыт эксплуатации данного конкретного турбогенератора и однотипных машин – данные теплового и вибрационного состояния, результаты регламентных испытаний, сведения об отказах и повреждениях элементов конструкции и т.д.;
- ▶ особенности фактического состояния конструктивных узлов конкретного генератора – наличие ионизационных или механических повреждений изоляции обмоток, дефекты токоведущих частей, признаки перегрева и повышенной вибрации элементов конструкции и т.д.

2. Требуется актуализация действующих в настоящее время НТД, формально регламентирующих порядок оценки эксплуатационного состояния турбогенераторов, но не в полной мере отвечающих насущным потребностям в части решения задач он-лайн диагностирования. В частности отсутствуют количественные критерии контроля изоляции статорных обмоток по уровню ЧР, отсутствуют нормы на вибрацию промежуточных рам машин серии ТГВ мощностью 200 и 300 МВт и т.д.

Благодарю за внимание!

ООО "Электросервис-НТЦГ"

г. Москва, Каширское шоссе, д.22, корп.3, оф. 807

Тел.: +7(499)754-77-45

E-mail: info@elektro-nt.ru