Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
Красноярский институт железнодорожного транспорта
– филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»
(КрИЖТ ИрГУПС)

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЖУХА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА

Докладчик: **АНДРИЕВСКИЙ Анатолий Геннадьевич**

Красноярск – 2025 г.

Проблема отказов кожухов тяговых двигателей электровоза

Факторы, влияющие на эксплуатационные свойства электровозов, вследствие отказов КЗП

Падение на путь фрагментов разрушенного КЗП является угрозой для безопасности движения поездов

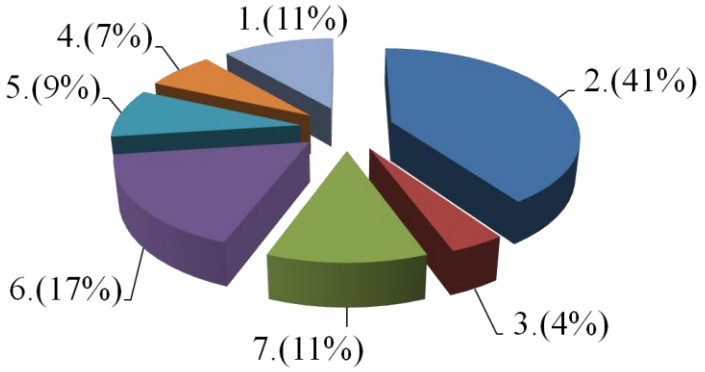
Увеличение издержек на восстановление работоспособности КЗП при плановых видах ремонта

Отказ КЗП

Течь смазки из трещин КЗП ухудшает условия работы зубчатой пары и наносит экологический ущерб

Приводит к отказу электровоза с изъятием его из эксплуатации с постановкой на неплановый ремонт

Примеры отказов конструкции КЗП



Отказы КЗП электровозов Восточного полигона

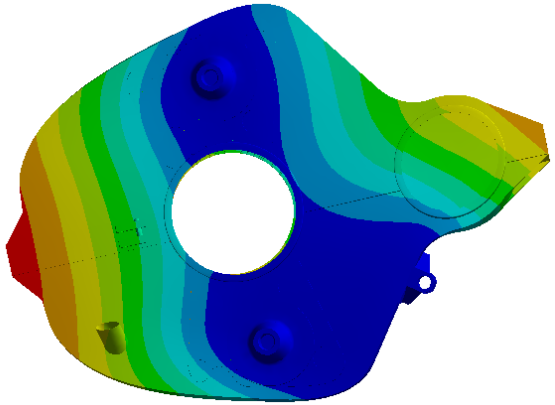
Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Количество отказов, ед.	990	750	890	750	630	670	690

1 – излом кронштейна КЗП;
2 – трещины КЗП;
3 – разрушение КЗП;
4 – повреждение резьбы в бобышке;
5 – повреждение резьбы болтов М42 и М30;
6 – отсутствие болтов М30 и М42;
7 – излом болтов М30 и М4211

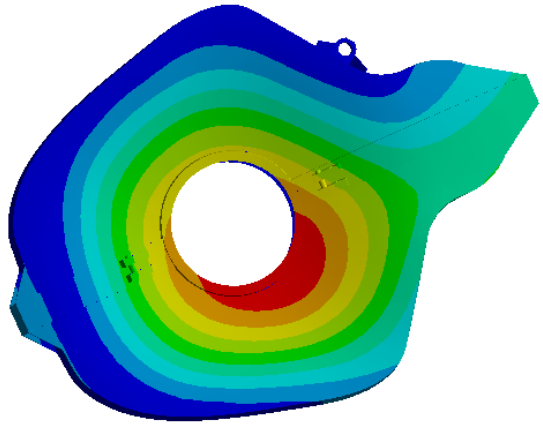
Исследование динамических свойств конструкции КЗП электровоза

Формы собственных колебаний КЗП

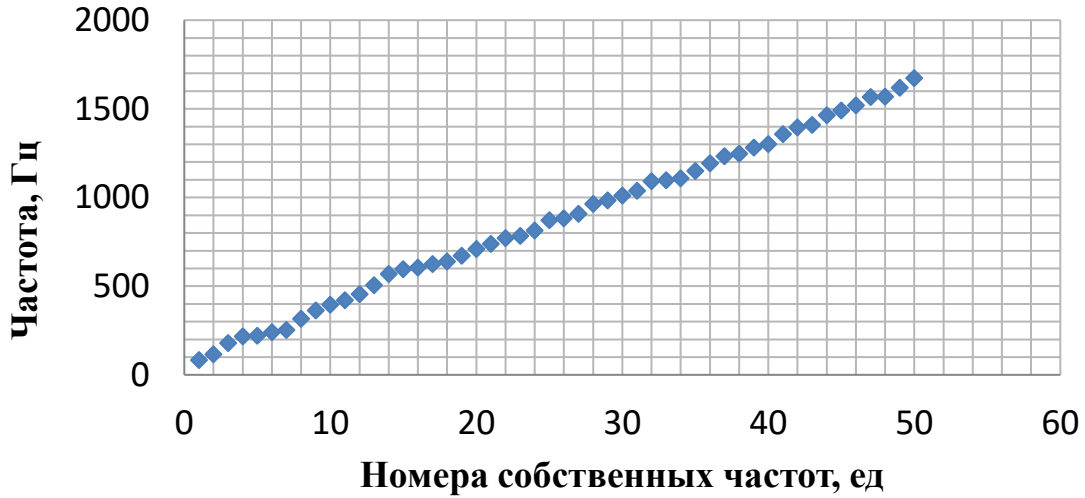
Первая форма – штатное закрепление модели КЗП, частота 83,5 Гц



Вторая форма – штатное закрепление модели КЗП, частота 112,56 Гц

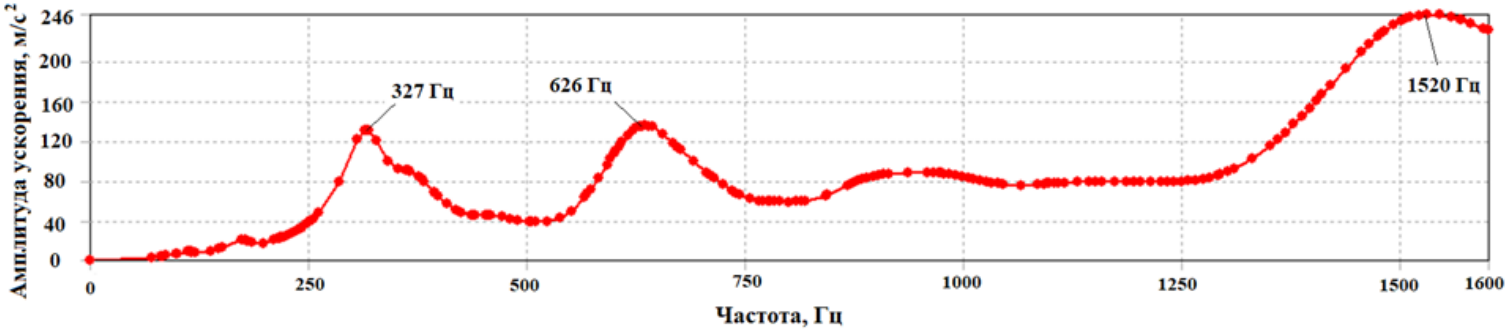


Полоса спектра собственных частот КЗП

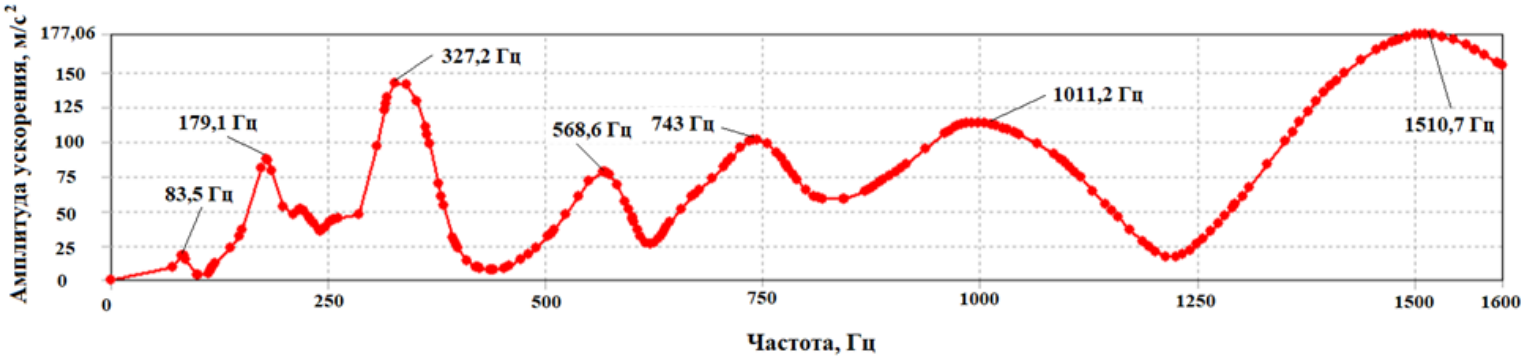


Амплитудные частотные характеристики ускорений составляющих вибрацию конструкции КЗП в точке под большой горловиной

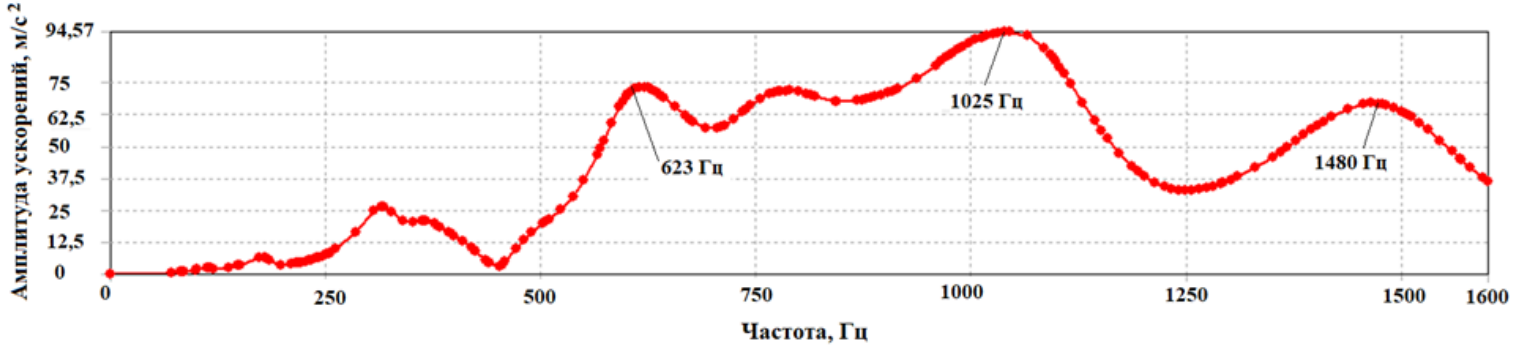
а)



б)



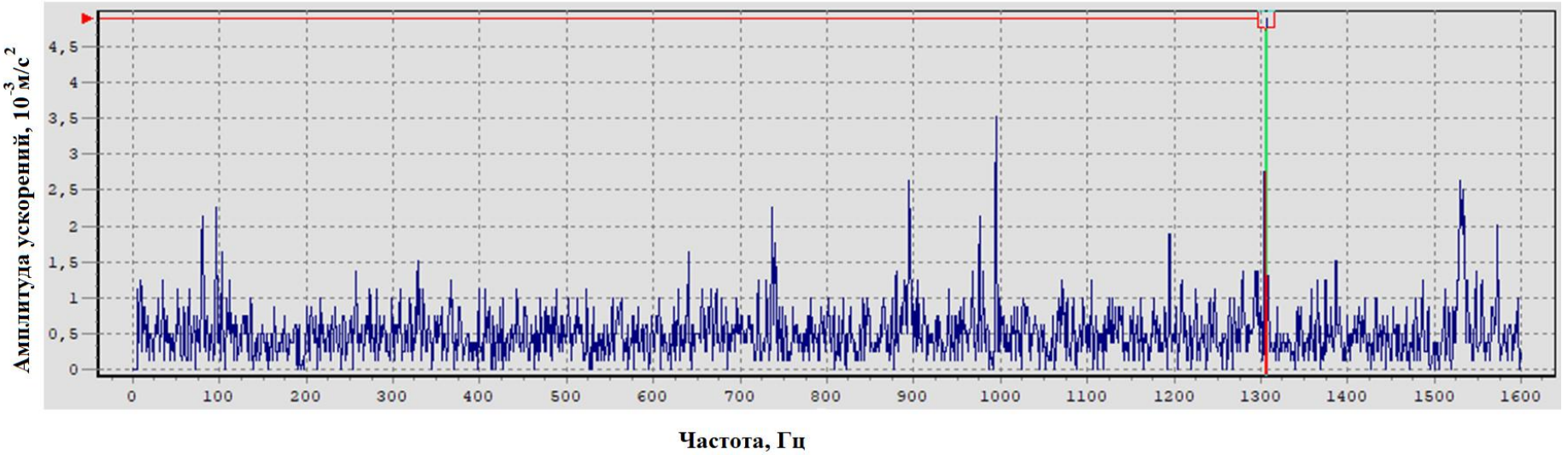
в)



а – вертикальной, б – поперечной оси пути, в – продольной оси пути

Экспериментальное определение динамических свойств КЗП

Спектр виброускорений конструкции КЗП

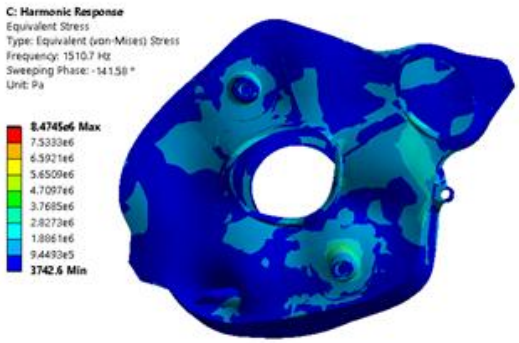


Динамические параметры конструкции КЗП

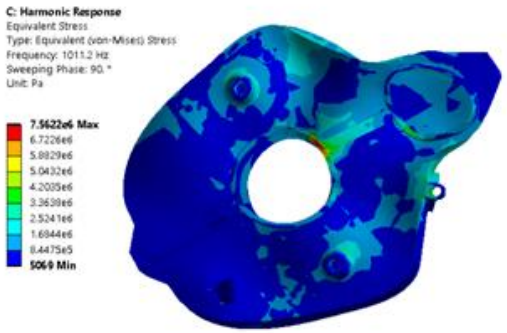
Собственная частота, *f*, Гц	82	96	240	330	736,65	997,8	1529
Добротность, Q, ед.	20,7	22,9	55,1	34,5	2914,2	983,9	166,5
Логорифмический декремент затухания, λ, ед.	0,1521	0,1371	0,057	0,0576	0,0011	0,0032	0,0189
Время релаксации, τ, мс	80	80	73	53	1259	771	35

Интенсивность напряжений при действии вибрационной нагрузки для различных частот

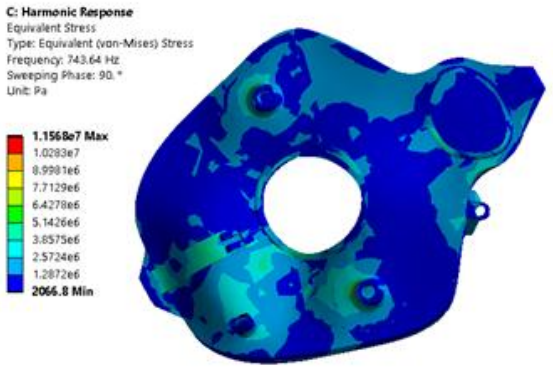
а.



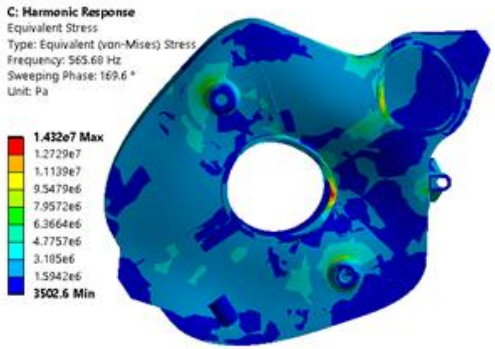
б.



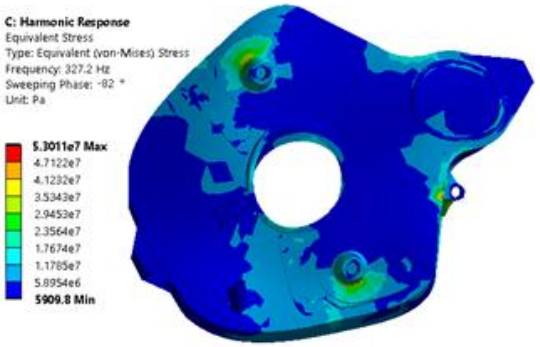
в.



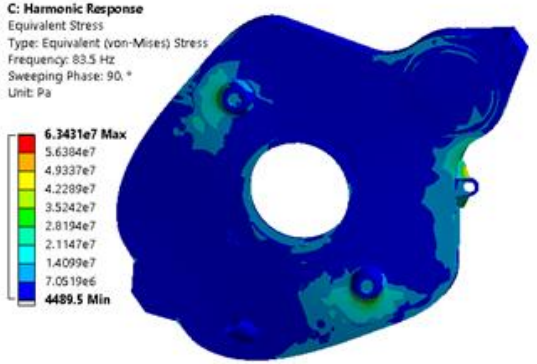
г.



д.



е.



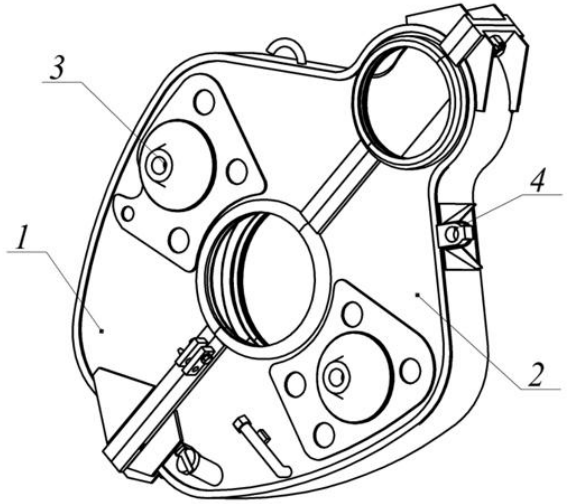
а	б	в	г	д	е
Частота вибрации, Гц					
1510,7	1011,2	743,64	565,68	327,2	83,5
Интенсивность напряжений, МПа					
8,47	7,56	11,5	14,3	53,01	63,4

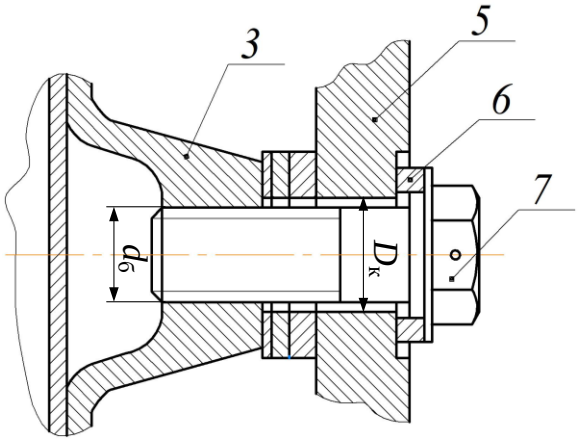
Конструкционный и технологический факторы возникновения отказов КЗП

Конструктивно-технологические факторы

- Нарушение технологии затяжки и стопорения болтов крепления КЗП
- Консольное крепление КЗП к тяговому двигателю с помощью трех болтов
- Крепление выполнено с установкой болтов с зазором, что в случае ослабления затяжки болтов может привести к невосприятию точкой крепления нагрузки

Конструкция КЗП и его крепление

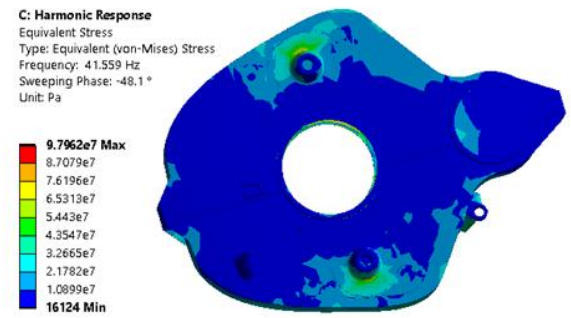




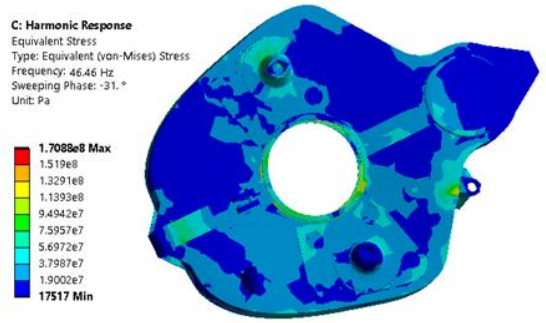
1 – верхняя разъемная часть;
2 – нижняя разъемная часть;
3 – бобышка;
4 – кронштейн кожуха;
5 – кронштейн двигателя;
6 – упругая шайба;
7 – болт

Результаты расчета НС модели КЗП для различных условий крепления к тяговому двигателю

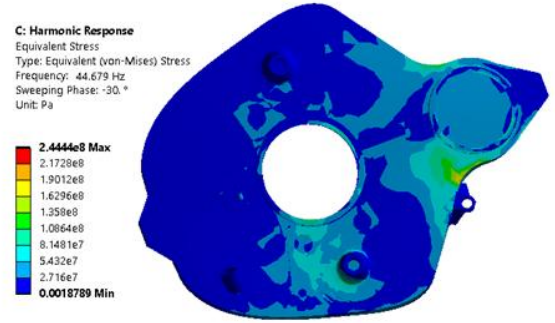
а



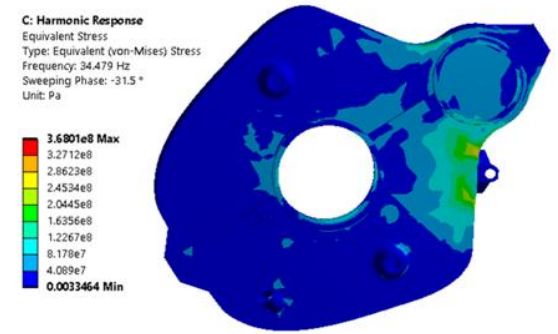
б



в



г



а – воспринимают нагрузку верхняя и нижняя скобы крепления;

б – воспринимают нагрузку верхняя скоба и кронштейн КЗП;

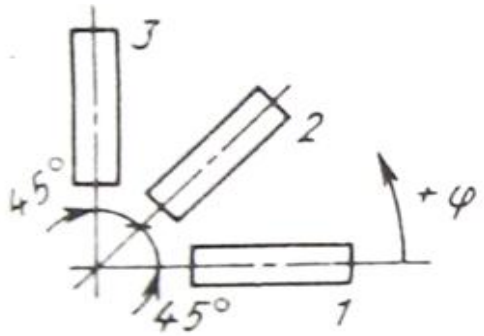
в – воспринимают нагрузку нижняя бобышка и кронштейн;

г – воспринимает нагрузку кронштейн кожуха.

а	б	в	г
Интенсивность напряжений, МПа			
97,9	170,08	244	368

Экспериментальное определение уровня напряжений в конструкции КЗП при изменении условий закрепления при статическом нагружении

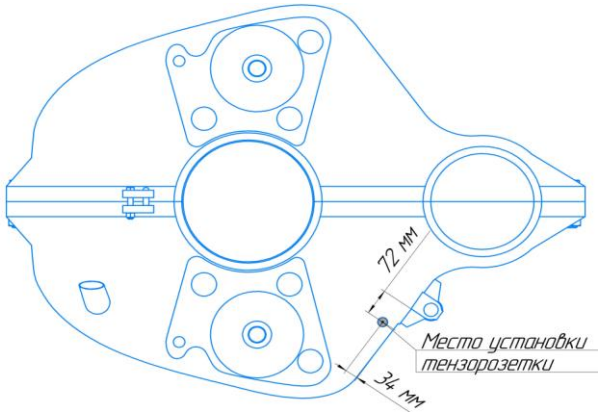
Схема прямоугольной тензорозетки



Закрепленная тензорозетка на вертикальной стенке кожуха

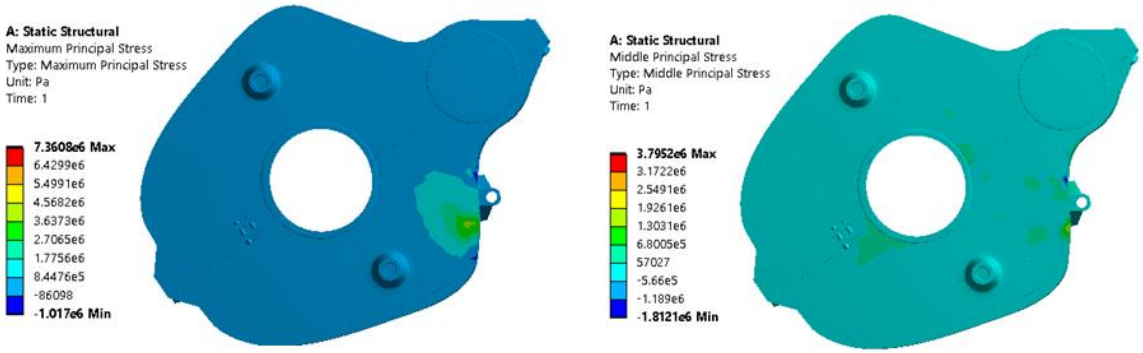
Тензометр

Схема расположения тензорозетки на вертикальной стенке кожуха



Напряжения, возникающие в точке расположения тензорозетки на КЗП при изменении условий крепления

Интенсивности напряжений σ1 и σ2 при скручивании болтов верхней и нижней бобышек крепления КЗП



Численные и экспериментальные данные напряжений в точке расположения тензорозетки

При скручивании нижнего болта бобышки крепления КЗП		При скручивании болтов верхней и нижней бобышек крепления КЗП	
Значения, полученные экспериментальным путем			
Главное напряжение σ_1, МПа	Главное напряжение σ_2, МПа	Главное напряжение σ_1, МПа	Главное напряжение σ_2, МПа
0,387	0,175	3,886	1,191
Значения, полученные путем численного моделирования			
0,369	0,167	3,983	1,203

Заключение

1. Ежегодно наблюдаемое значительное количество отказов КЗП тяговых двигателей электровозов в осенне-зимний период времени является системным отказом.

2. Влияние высокочастотной вибрации на конструктивную прочность КЗП не может являться основной причиной интенсивной выработки усталостного ресурса КЗП грузовых электровозов, которое наблюдается в эксплуатации.

3. Экспериментально определены собственные частоты штатно закрепленного на тяговом двигателе электровоза КЗП. Полученное экспериментальным путем значение максимума виброускорения на частоте 82 Гц согласуется с расчетным значением первой собственной частоты полученной для модели с жестким креплением КЗП – 83,5 Гц, при этом расхождение для собственных частот более высокого порядка не превышает 15%, что свидетельствует об адекватности расчетных данных полученных на модели КЗП при численном исследовании.

4. Сравнение механических напряжений, полученных при проведении натурного эксперимента, и напряжений, полученных в результате численного моделирования, показало, что процент расхождения составляет не более 5 %, что подтверждает адекватность разработанной твердотельной модели КЗП для численного моделирования в среде Workbench Ansys.

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЖУХА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА

Спасибо за внимание!

Докладчик: **АНДРИЕВСКИЙ Анатолий Геннадьевич**

Красноярск – 2025 г.