



МГТУ имени Н.Э. Баумана
Студенческая научная весна
Аэрокосмический факультет



апрель 2023

Влияние момента затяжки болтовых соединений на демпфирующие характеристики конструкций

Автор: **Суслов Никита Иванович, АК1-121**

Руководитель: **Хамидуллин Руслан Камилевич, СМ-2**

Реутов, 2023 г.

Цели и задачи работы

Исследовать, как в зависимости от момента затяжки болтовых соединений изменяются:

- демпфирующие характеристики конструкции и амплитуды перегрузок;
- резонансные частоты.

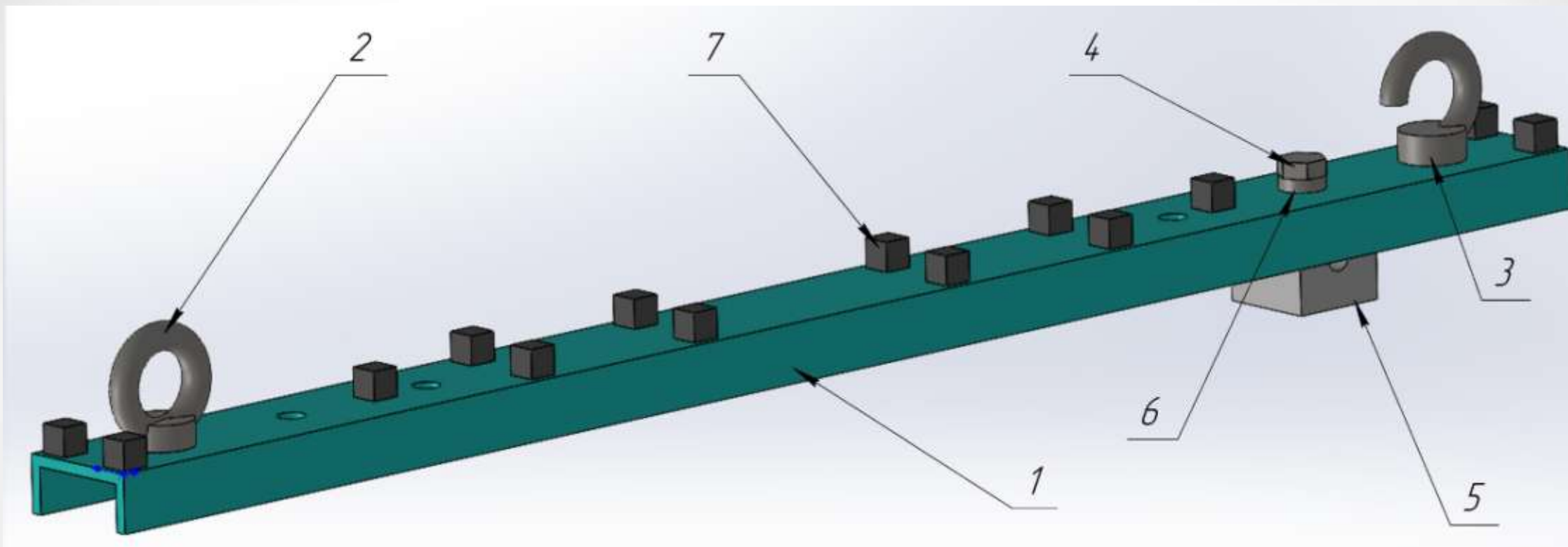
Исходя из полученных данных, сделать вывод о необходимости указания моментов затяжки болтовых соединений для элементов конструкции в КД.

Актуальность проблемы

В настоящее время в большинстве конструкторской документации отсутствуют требования к величине моментов затяжки болтовых соединений. Вследствие этого даже в рамках одной партии изделий возникает существенный разброс результатов динамических испытаний, описать который не представляется возможности.

Для определения влияния величины затяжки на динамические характеристики конструкций был проведен ряд модальных испытаний с разными по величине моментами затяжки болтового соединения.

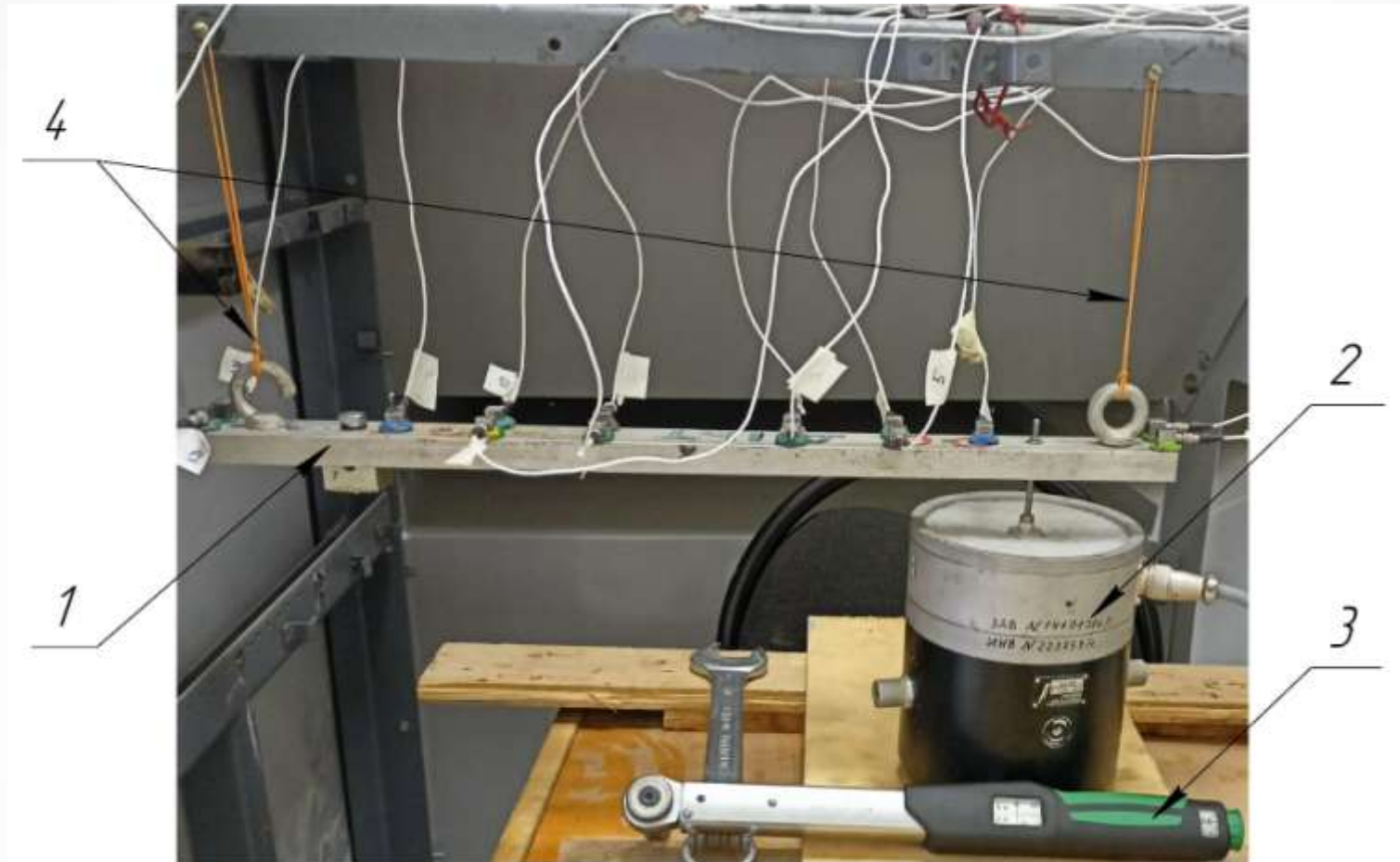
Объект испытаний



1 – балка; 2,3 – рым-болты; 4 – болт М8-6gx30.58 (S13) ГОСТ 7798-70; 5 – груз с внутренней резьбой М8 (*); 6 – шайба; 7 – датчики перегрузки.

*масса груза равняется 65.3 г, что является 10.7 % массы всей конструкции

Испытательный стенд

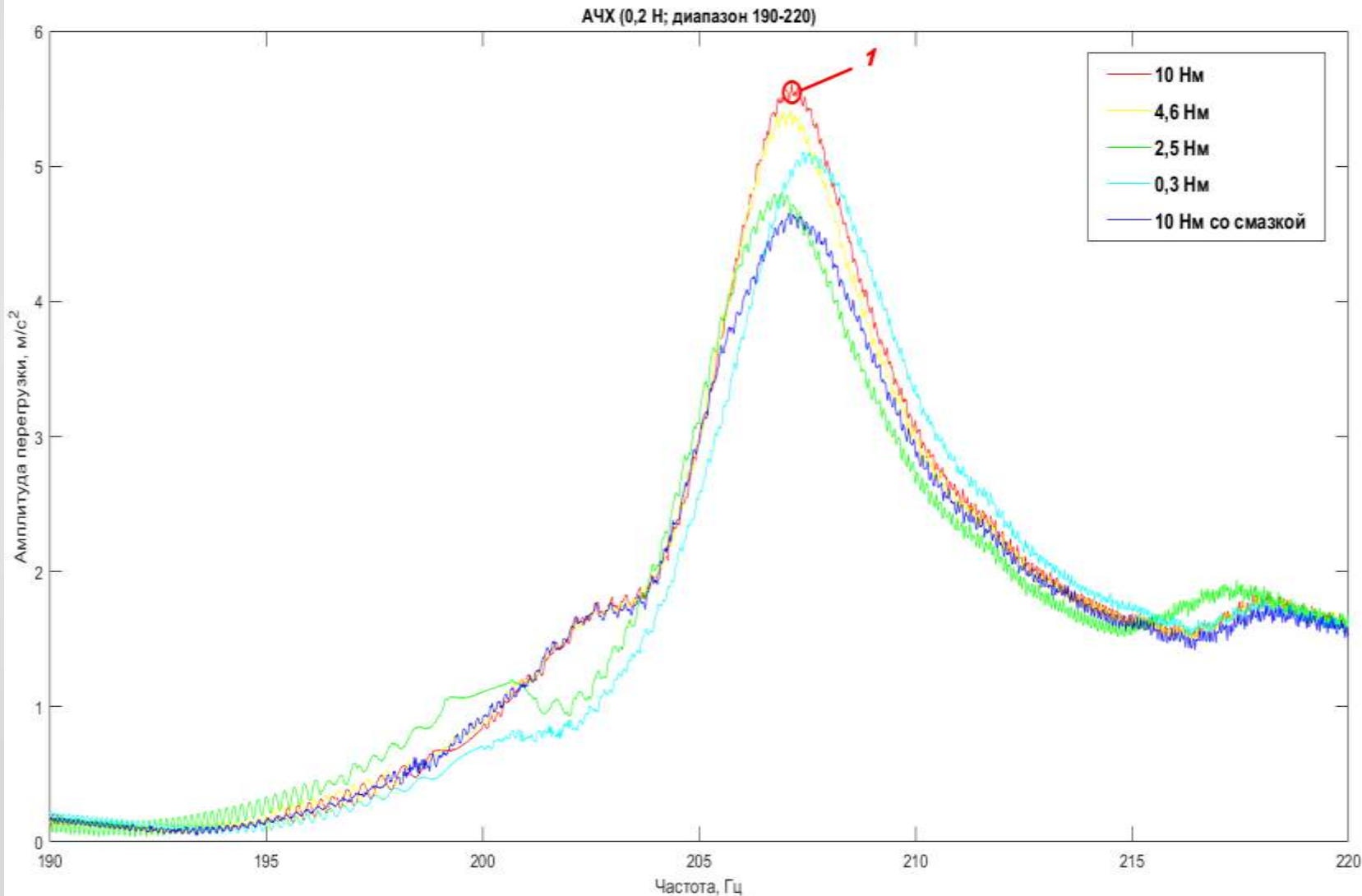


1 – объект исследования; 2 – силовозбудитель; 3 – динамометрический ключ;
4 – подвесы.

Результаты эксперимента

Величина силового воздействия 0,2 Н; Шаг изменения частоты гармонического возмущения 0,1 Гц

Диапазон исследования 190 – 220 Гц



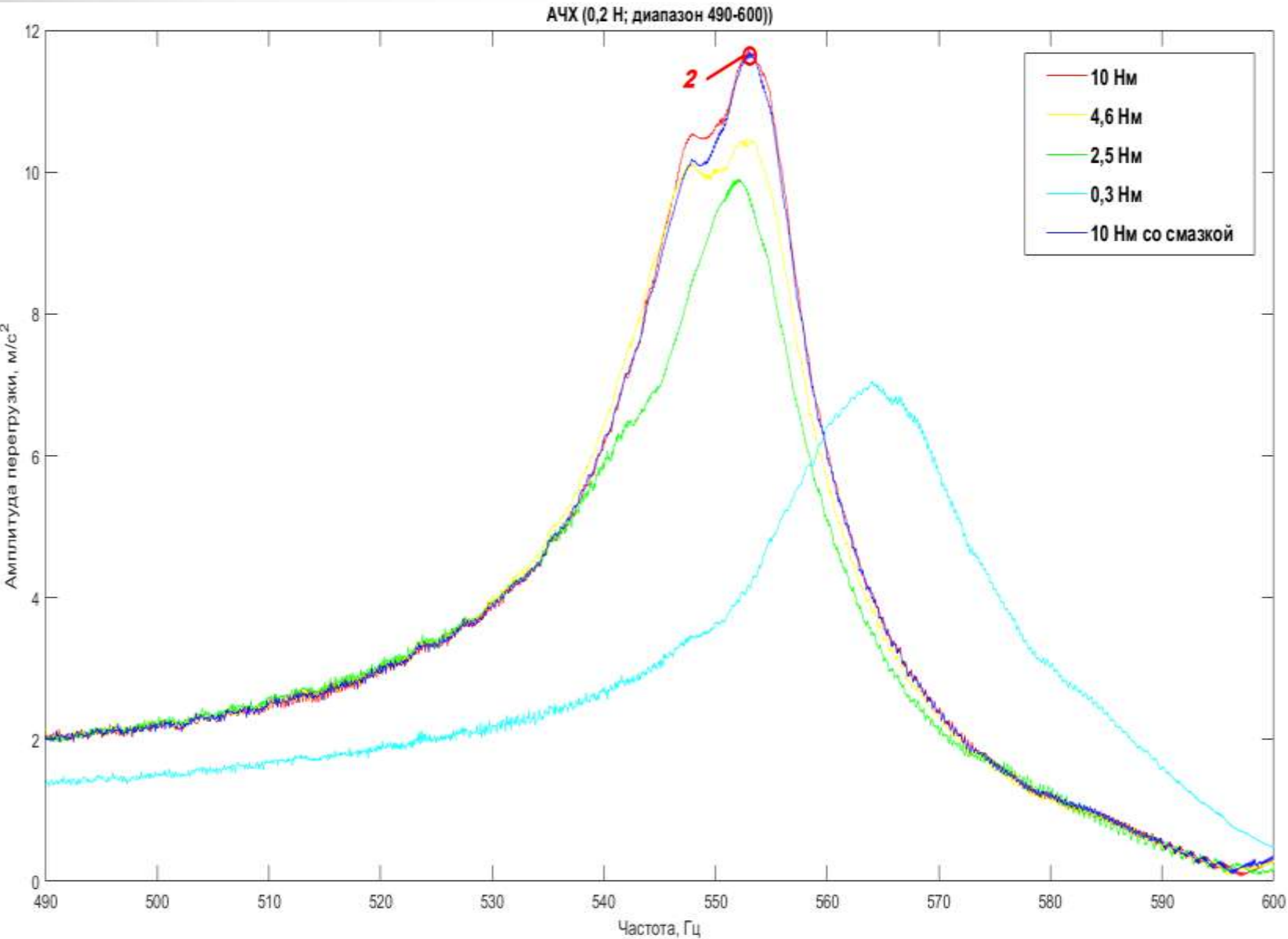
Момент затяжки, Нм	Сила затяжки, Н	Тон колебаний №1		
		Частота колебаний, Гц	Амплитуда перегрузки (**), м/с² **	Логарифм ический декремент
10,0	3762,4	206,6	5,26	0,048
4,6	1715,2	206,5	5,12 (97)	0,050
2,5	940,6	206,2	4,46 (85)	0,057
0,3	110,7	207,1	4,93 (94)	0,054
10,0	10708,2*	206,4	4,35 (83)	0,060

*со смазкой (Вазелин)

**в скобках указана доля от величины амплитуды
перегрузки при затяжке в 10 Нм без смазки, %

Величина силового воздействия 0,2 Н; Шаг изменения частоты гармонического возмущения 0,1 Гц

Диапазон исследования 490 – 600Гц

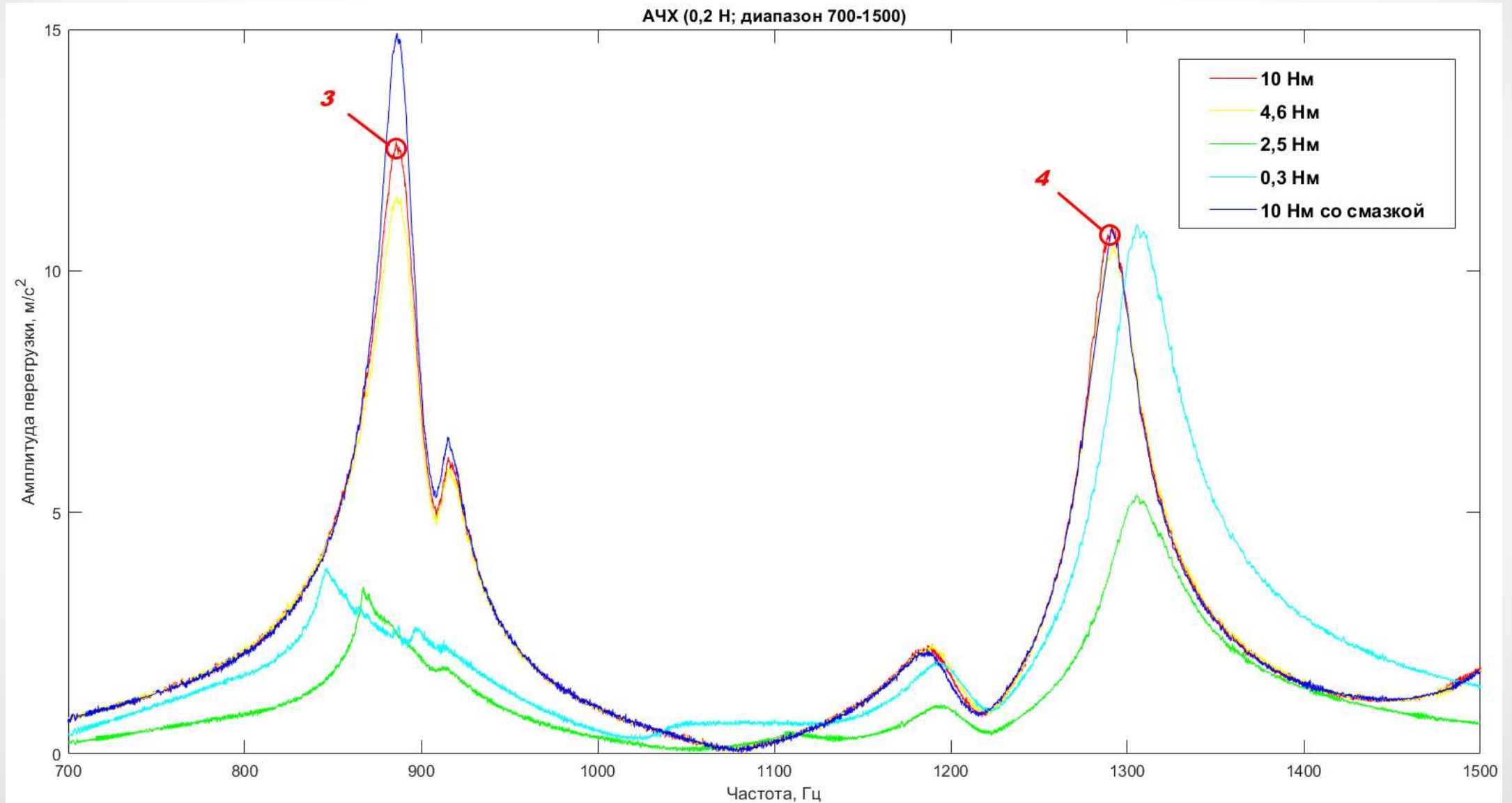


Момент затяжки, Нм	Сила затяжки, Н	Тон колебаний №2		
		Частота колебаний, Гц	Амплитуда перегрузки (**), м/с ²	Логарифм ический декремент
5	3762,4	552,6	11,64	0,070
4,6	1715,2	552,2	10,43 (90)	0,079
2,5	940,6	552,3	9,85 (85)	0,076
0,3	110,7	567,5	6,55 (56)	0,099
10,0	10708,2*	552,8	11,66 (100)	0,071

*со смазкой (Вазелин)

**в скобках указана доля от величины амплитуды
перегрузки при затяжке в 10 Нм без смазки, %

Диапазон исследования 700 – 1500 Гц



Величина силового воздействия 0,2 Н; Шаг изменения частоты гармонического возмущения 0,1 Гц

Диапазон исследования 700 – 1500 Гц

Момент затяжки, Н*м	Сила затяжки, Н	Тон колебаний №3			Тон колебаний №4		
		Частота колебаний, Гц	Амплитуда перегрузки (**), м/с ²	Логарифмически й декремент	Частота колебаний, Гц	Амплитуда перегрузки (**), м/с ²	Логарифмически й декремент
10,0	3762,4	886,6	12,53	0,087	1290,3	10,73	0,069
4,6	1715,2	886,8	11,47 (92)	0,094	1291,0	10,43 (97)	0,072
2,5	940,6	872,6	3,06 (24)	0,099	1306,2	5,31 (50)	0,092
0,3	110,7	869,9	2,89 (23)	0,267	1306,2	10,91 (102)	0,089
10,0	10708,2*	886,6	14,79 (118)	0,072	1290,4	10,73 (100)	0,074

*со смазкой (Вазелин)

**в скобках указана доля от величины амплитуды перегрузки при затяжке в 10 Нм без смазки, %

Выводы

Исходя из полученных данных можно сделать выводы о том, что:

1. Величина момента затяжки влияет на АЧХ конструкции;
2. При уменьшении момента затяжки болтового соединения, возможно снизить амплитуду перегрузок конструкции в несколько раз (на величину более 75 %), вследствие увеличения силы сухого трения между сопрягаемыми поверхностями.
3. Смазка болтового соединения уменьшает силу сухого трения и, как следствие, повышает амплитуду колебаний конструкции;
4. Изменение амплитуды колебаний зависит от формы колебаний в месте расположения болтового соединения;
5. Изменение момента затяжки может приводить к изменению формы колебаний (смещению узлов);
6. Влияние момента затяжки на резонансные частоты незначительно (в случае высоких резонансных частот);
7. При дальнейшем ослаблении болтового соединения возникают соударения в месте стыка.

Заключение

В РКТ и производстве КА важно знать фактические значения демпфирования конструкции и разброс в несколько раз, получаемый в процессе экспериментальной отработки, недопустим. Для лучшей сходимости в численных значениях коэффициентов демпфирования рекомендуется указывать моменты затяжки конструкционных соединений в КД.

Благодарю за внимание!