

# Вибрации конструкций под действием акустических нагрузок

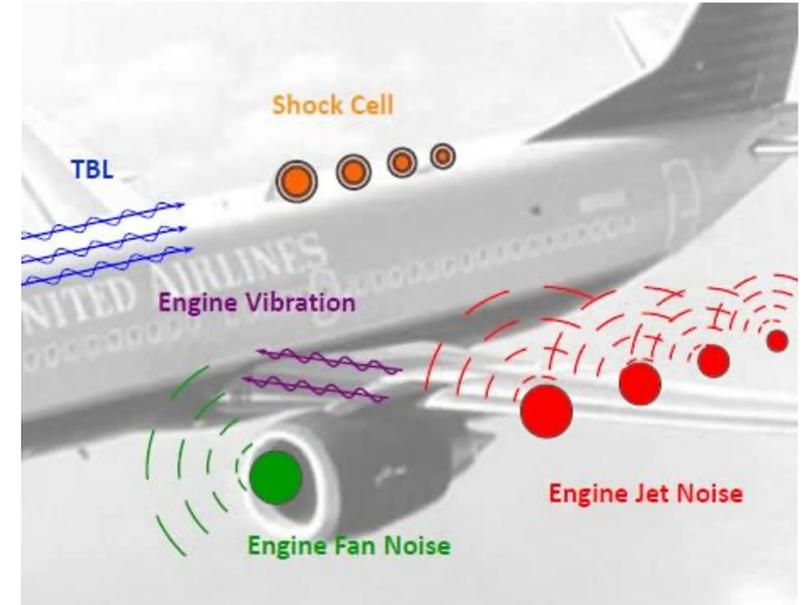
Д.ф.-м.н., зав. лаб. экспериментальной гидродинамики

НИИ Механики МГУ

Веденеев Василий Владимирович

# Мотивация исследований

- Отклик конструкций на акустические нагрузки – важный вопрос обеспечения прочности пассажирских самолетов;
- Вибрации конструкции могут спровоцировать возникновение негативных эффектов, таких как интенсивные вибрации панелей самолета, выход из зоны линейной упругости, и, как следствие, уменьшение ресурса эксплуатации самолета;



- В настоящее время вынужденные колебания конструкций рассчитываются в линейном приближении.

AIAA JOURNAL  
Vol. 50, No. 9, September 2012

## Nonlinear Bifurcation Structure of Panels Subject to Periodic Acoustic Fluid–Structure Interaction

lin\_1\_U3.avi

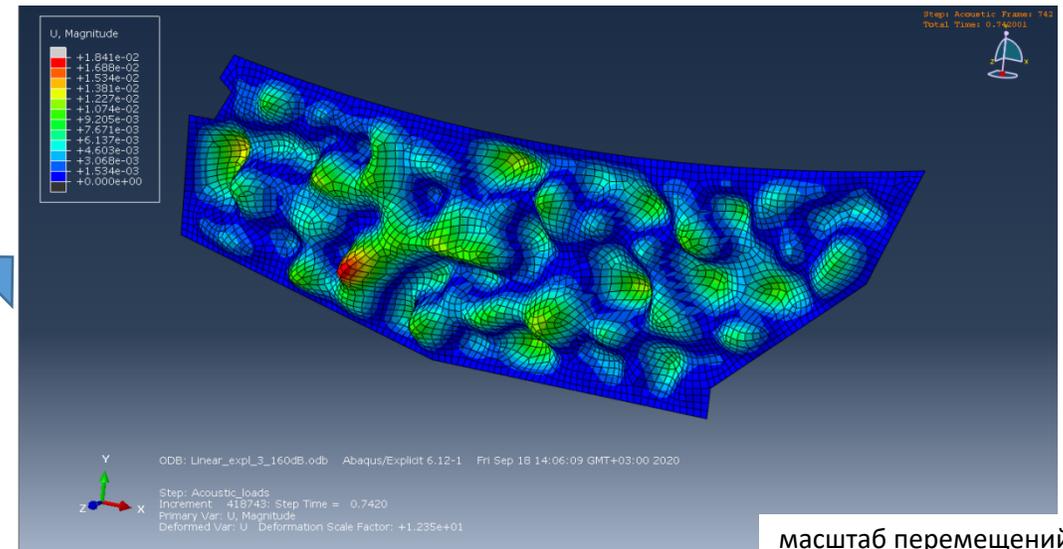
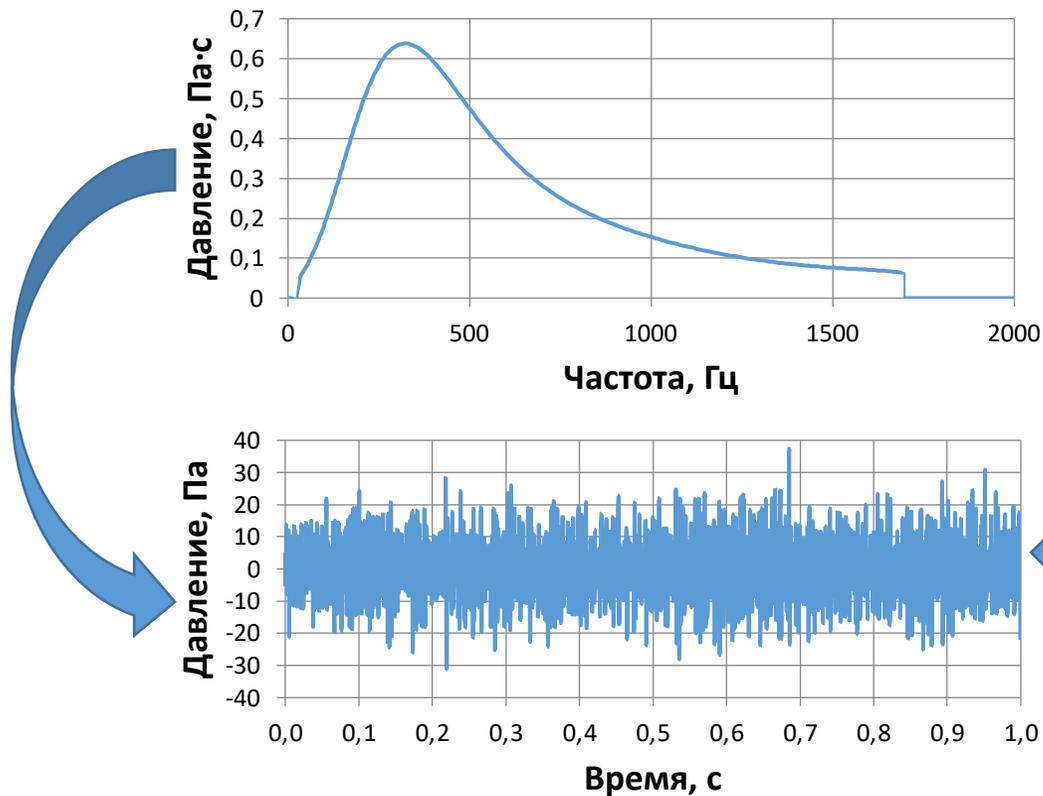
PHYSICS OF FLUIDS 25, 076104 (2013)

**Nonlinear fluid-structure interaction of an elastic panel in an acoustically excited two-dimensional inviscid compressible fluid**



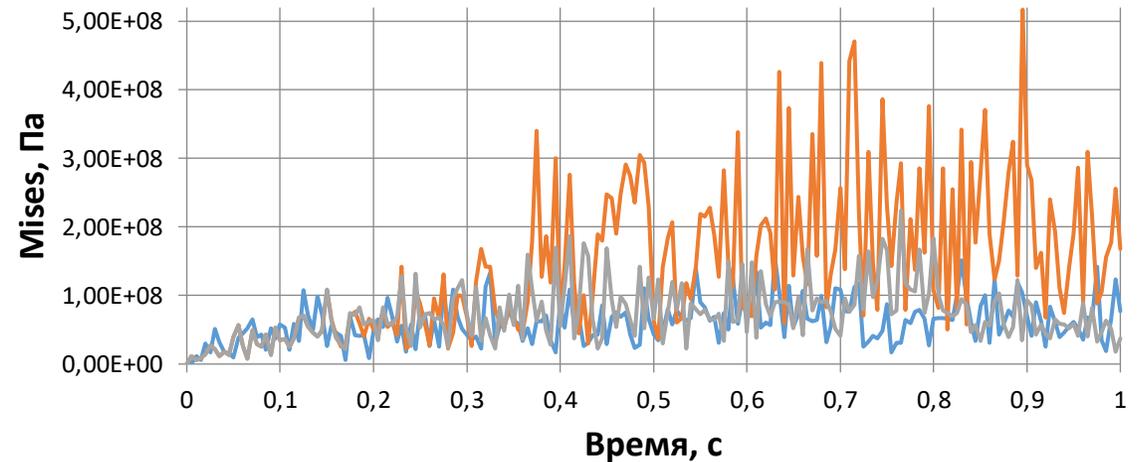
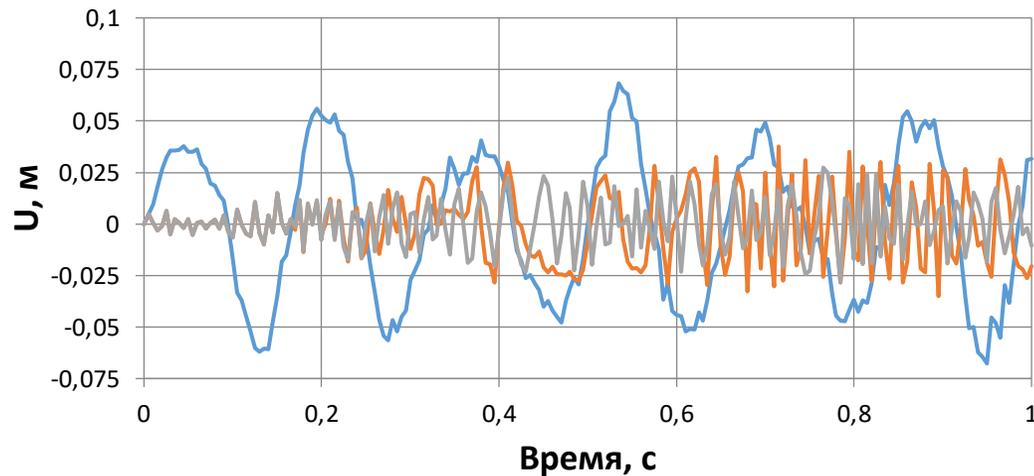
# 1. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций

- Расчёт линейного отклика вибраций конструкции на падающее акустическое поле с учетом геометрической формы конструкции.
- Исследование уровня вибронапряжений с учетом физической и геометрической нелинейности конструкции.



# 1. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций

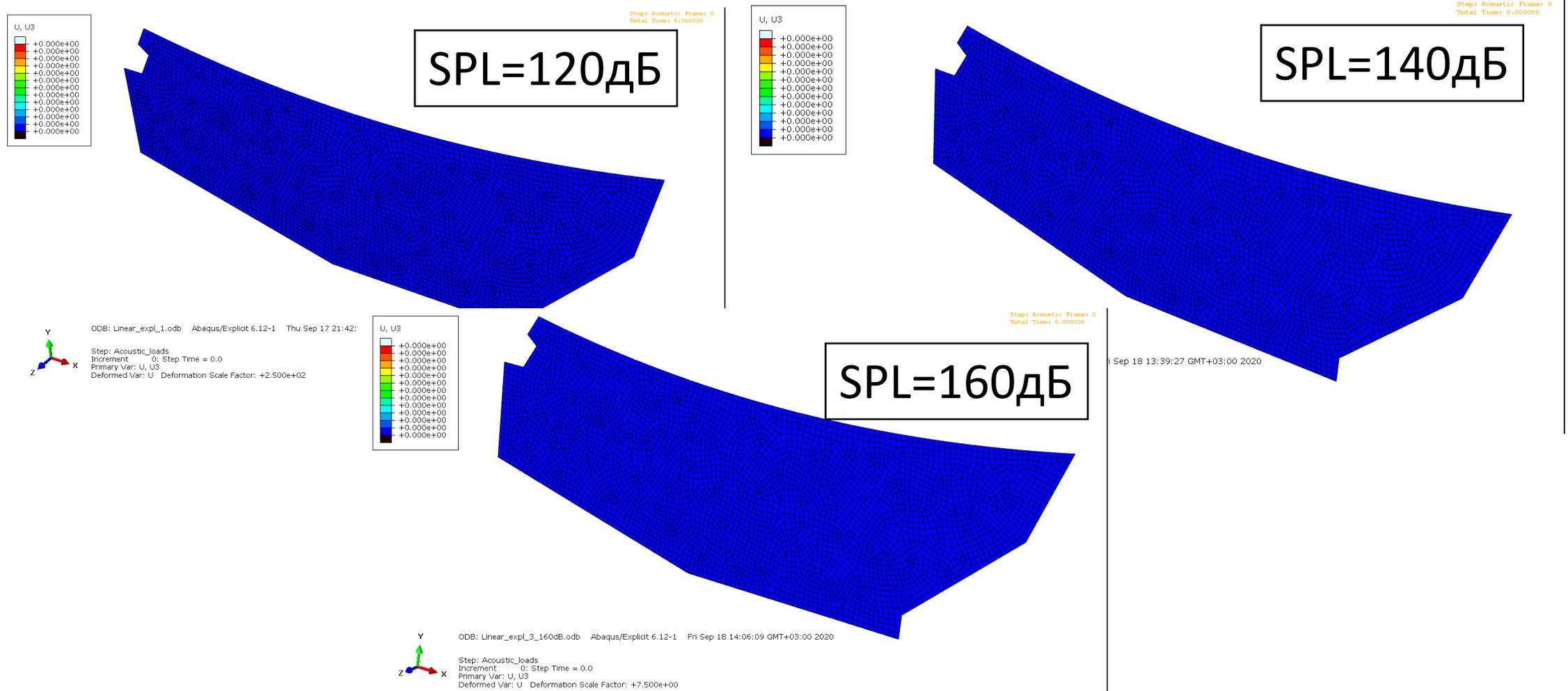
- Расчёт линейного отклика вибраций конструкции на падающее акустическое поле с учетом геометрической формы конструкции.
- Исследование уровня вибронапряжений.



Перемещение и напряжение по Мизесу центральной точки панели в линейном случае и с учетом только геометрической (оранжевый), или же геометрической и физической нелинейностей (серый). Уровень звукового давления 160 дБ.

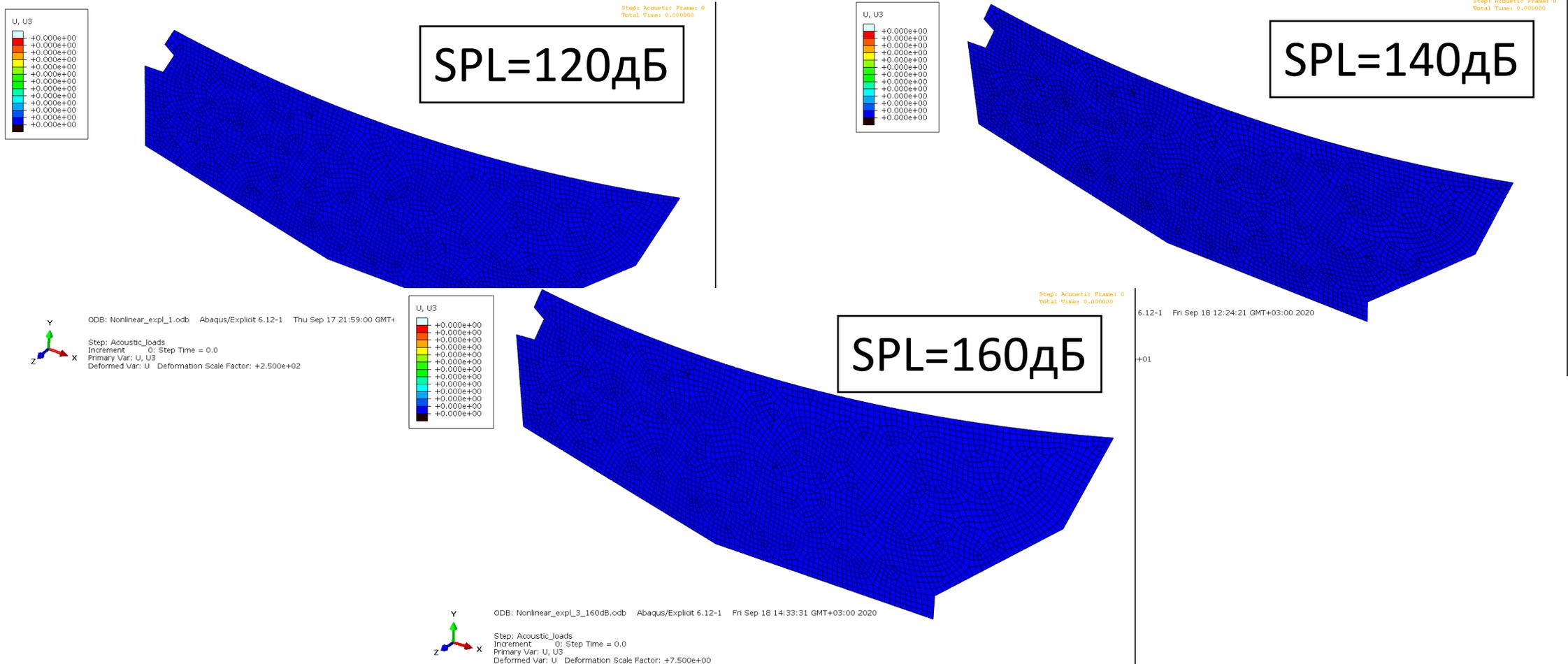
# 1. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций

- Увеличение уровня акустической нагрузки в Линейном расчете приводит к линейному увеличению амплитуды перемещений элементов конструкции



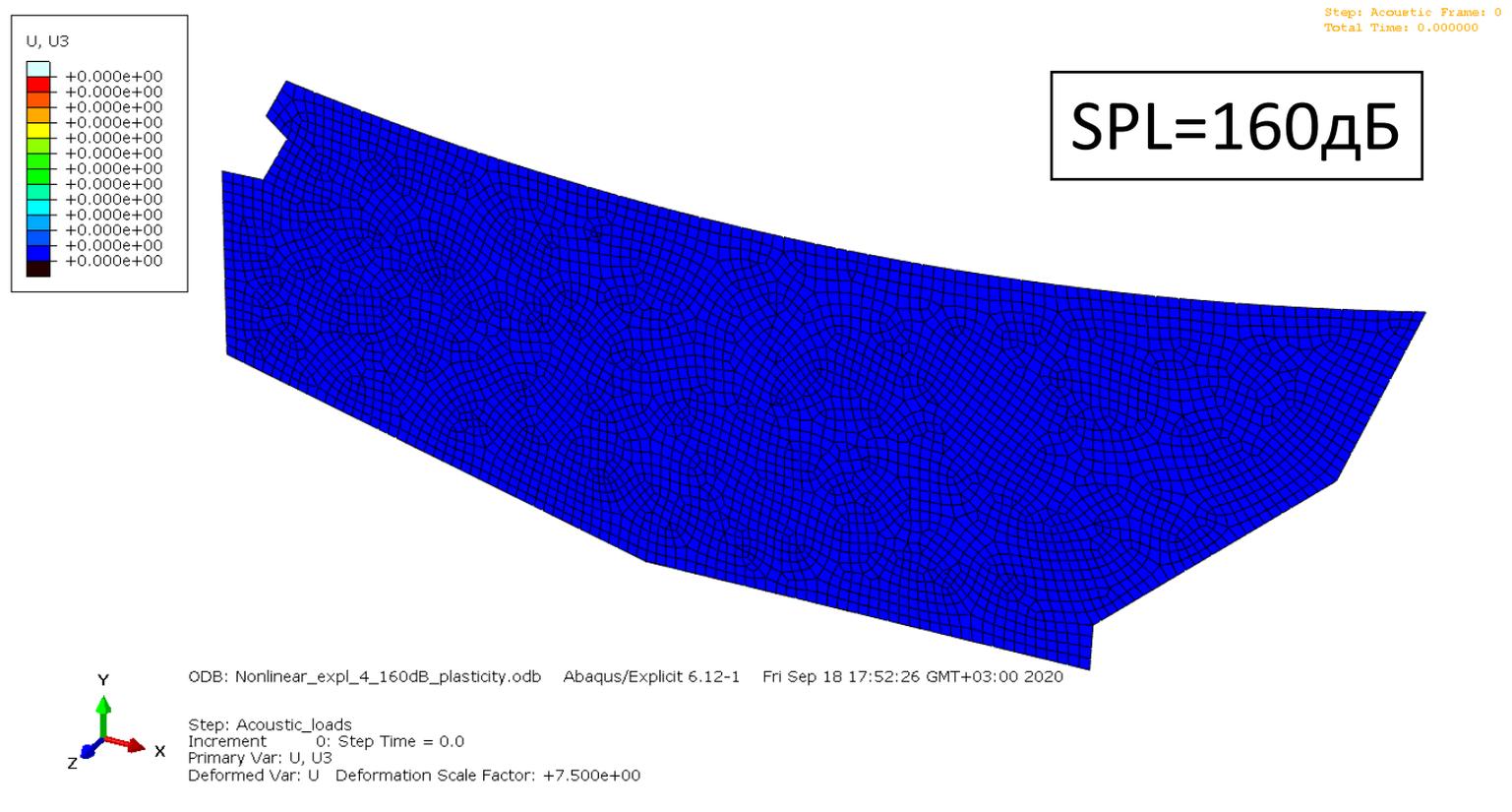
# 1. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций

- Учет геометрической нелинейности.



# 1. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций

- Учет геометрической и физической нелинейностей.





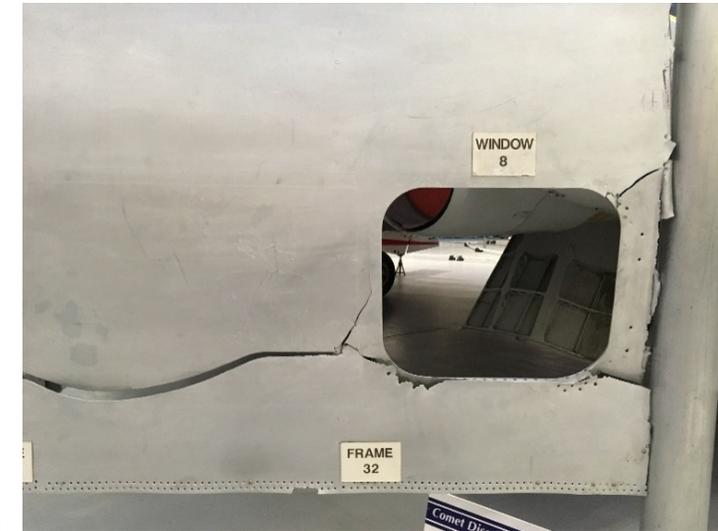
# 1. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций

- Определение запасов выносливости конструкций:

1. SPL = 160 дБ;
2. В расчетах учитывалась добротность  $Q$ ;
3. Приведено сравнение эквивалентных напряжений для различных моделей (учет геометрической и физической нелинейностей).

## Результаты усталостного анализа

№	Описание	Добротность	$\sigma_{\text{ЭКВ}}$ , МПа	$N_{\text{max}}$	$\Delta t$ , с	$t_{\text{разр}}$ , с
1	Лин. расчет	Не учтена	128	$\sim 10^8$	0.0059	$\sim 590000$
2	Геом. нелин. расчет	Не учтена	509	—	0.0038	—
3	Геом. и физ. нелин. расчет	Не учтена	232	$\sim 10^4$	0.0053	$\sim 53$
4	Геом. и физ. нелин. расчет	$Q = 13$	197	$\sim 2 \cdot 10^5$	0.0067	$\sim 1333$
5	Геом. и физ. нелин. расчет	$Q = 10$	126	$\sim 1.5 \cdot 10^8$	0.0067	$\sim 1005000$
6	Геом. и физ. нелин. расчет	$Q = 7.5$	124	$\sim 2 \cdot 10^8$	0.0067	$\sim 1340000$
7	Геом. и физ. нелин. расчет	$Q = 3.5$	114	$> 2 \cdot 10^8$	0.0083	—



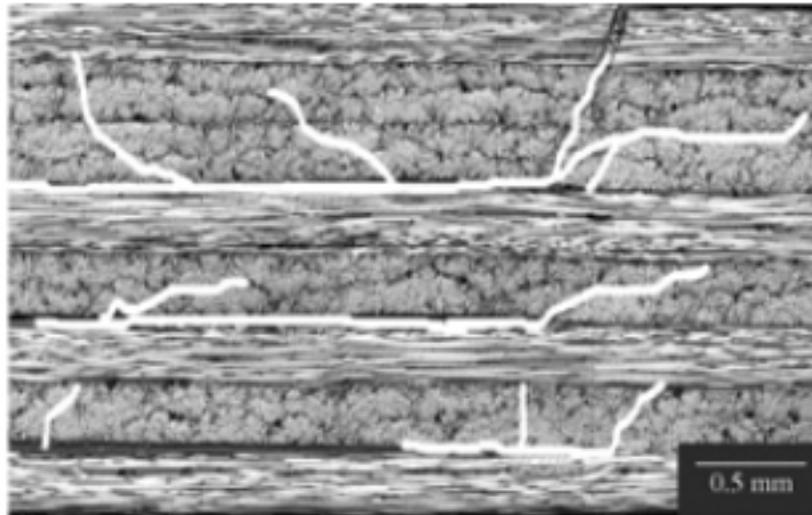
## 2. Исследование вибропрочности зданий и сооружений, подверженных интенсивному акустическому излучению и воздействию ударных волн

- Анализ акустического воздействия и воздействия ударных волн на здания и сооружения.
- Исследование механизмов снижения вибронапряжений в зданиях и сооружениях.



### 3. Исследование влияния падающего акустического излучения на отклик деформируемых элементов конструкций из композиционных материалов

- Исследование прочностных свойств под влиянием длительного воздействия акустических волн.
- Определение усталостных характеристик конструкций из композиционных материалов.
- Разработка предложения по оптимальной структуре конструкций летательного аппарата.



Композиционные материалы уже нашли свое применение в конструкции MC-21 отечественного производства



Спасибо за внимание!