

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ №

Частотный анализ конструкции корпуса «Рассев НВХ»

к.т.н. доцент

Исполнитель
В.С. Чигрин
«_____»_____2013

Харьков ХАИ 2013

Содержание

| | Стр. |
|---|------|
| Введение | 3 |
| 1 Моделирование и исследование сборки «Корпус» | 3 |
| 2 Частотный анализ стенки кронштейна | 5 |
| 3 Частотный анализ направляющей СВХ-04_170 | 12 |
| 4 Частотный анализ передней стенки | 14 |
| 5 Моделирование и исследование колебаний верхней крышки | 17 |
| 6 Моделирование и исследование колебаний выводной коробки | 21 |
| Выводы | 25 |
| Список использованной литературы | 25 |

Введение

Объектом исследования является сборный узел – корпус, состоящий из траверсы, стенок кронштейнов траверсы с направляющими, передней и задней стенок с направляющими, верхней и нижней крышек, верхней и нижней сварных рам. Источником вибрации корпуса является ротор балансиров с регулируемыми и добавочными грузами, расположенный вертикально, опирающийся на два роликовых радиальных сферических двухрядных подшипника серии 3618 ГОСТ 520-89, в осевом направлении фиксирующийся упорным шариковым подшипником серии 8218 (51218). Ротор приводится во вращение от электродвигателя клиноременной передачей через трехручьевого шкив. Частота вращения ротора составляет 198,6 об/мин, что соответствует 3,31 об/с или 20,8 рад/с.

По результатам исследования необходимо определить:

- частоты и формы колебаний элементов корпуса;
- возможные резонансные режимы и вероятные зоны возникновения усталостных трещин;
- выработать рекомендации по предотвращению разрушения элементов конструкции корпуса.

Основные частоты возбуждения в исследуемой конструкции были определены в техническом отчете «Прочностной и частотный анализ конструкции ротора балансира» и имеют значения 0,6...1,4 Гц; 1,93 Гц; 3,3 Гц; 6,6 Гц; 9,7...10,2 Гц; 12,2...13,2 Гц; 19 Гц; 24,5 Гц; 27 Гц; 38...39 Гц; 54 Гц. Для ротора, расположенного вертикально и имеющего дисбаланс, обычно характерен специфический спектр возбуждения вибраций, имеющий в своем составе большое количество гармоник с целым номером и нескольких гармоник с кратностью 0,5, т. е. дробных гармоник. Такой сложный спектр возникает при появлении эффекта нестационарного обкатывания ротора в посадочных отверстиях с зазором. В агрегате с горизонтальным валом ротор прижат к подшипнику собственным весом, что является стабилизирующим фактором, требующим для возбуждения вибраций значительной возбуждающей силы, соизмеримой с весом ротора. При вертикальном расположении ротора агрегата для возбуждения вибраций достаточно очень небольших усилий.

Общее число целых гармоник на таком спектре может достигать 15 – 20, причем в таком спектре между гармониками могут быть два – три пропуска целых по номеру гармоник.

Могут также возникать дробные гармоники и субгармоники с кратностью $n/2$ ($1/2$; $3/2$ и т.д.). Следуя классической терминологии теории колебаний, это есть одна субгармоника и две гармоники с дробным номером. Достаточно часто на спектрах могут появляться несколько дробных гармоник или субгармоник с частотной кратностью к оборотной частоте вращения вала, равной значению $n/3$ ($1/3$; $2/3$; $4/3$ и т.д.).

Временные сигналы и спектры в этом случае обычно характеризуются нестабильной фазой колебаний, которая может широко варьироваться от одного измерения к другому, особенно при изменении направления вращения вала.

Поэтому при определении резонансных режимов целесообразно учитывать не только рассчитанные частоты возбуждения, но и их более высокие кратные частоты.

1 Моделирование и исследование сборки «Корпус»

Для анализа были разработаны твердотельные модели отдельных деталей и выполнена сборка конструкции. Свойства исследования и информация о сетке конечных элементов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Свойства исследования и информация о сетке

| | |
|------------------------|----------------------------------|
| Тип анализа | Частота |
| Тип сетки: | Сетка на твердом теле |
| Качество: | Высокая |
| Тип решающей программы | Решающая программа Direct sparse |
| Количество частот: | 50 |

| | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Используемое разбиение: | Сетка на основе кривизны |
| Автоматическое уплотнение сетки: | Вкл |
| Сглаживание поверхности: | Вкл |
| Размер элемента: | 32.394 mm |
| Допуск: | 1.6197 mm |
| Качество: | Высокая |
| Количество элементов: | 15587 |
| Количество узлов: | 34527 |
| Имя материала: | [SW]Простая углеродистая сталь |
| Тип модели материала: | Линейный Упругий Изотропный |

Общий вид сборки корпуса и сетка конечных элементов приведены на рисунке 1.1.

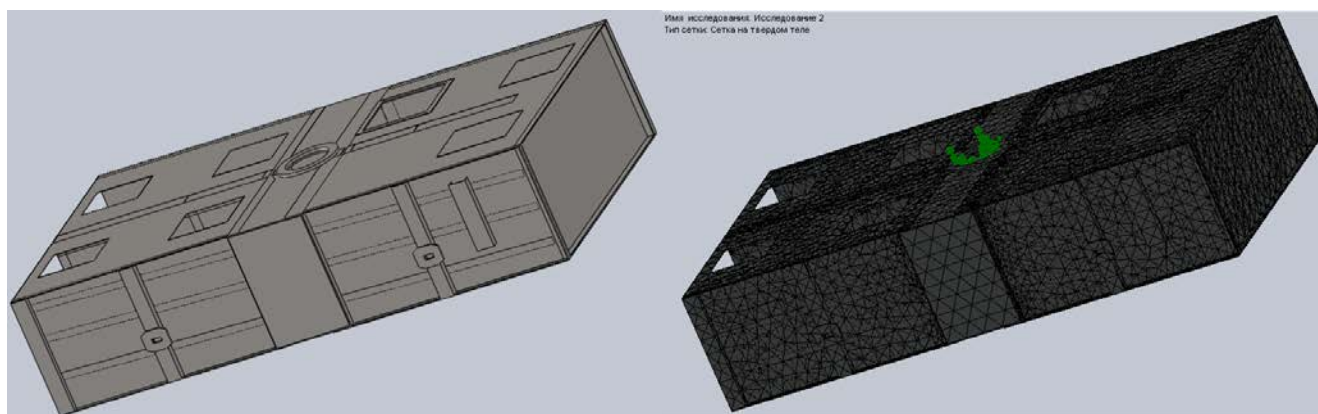


Рисунок 1.1 – Общий вид корпуса и сетка конечных элементов

В результате частотного анализа разработанной конструкции были определены формы колебаний для 50 частот в диапазоне до 665 Гц.

На рисунках 1.2 – 1.4 приведены некоторые примеры деформаций корпуса при колебаниях.

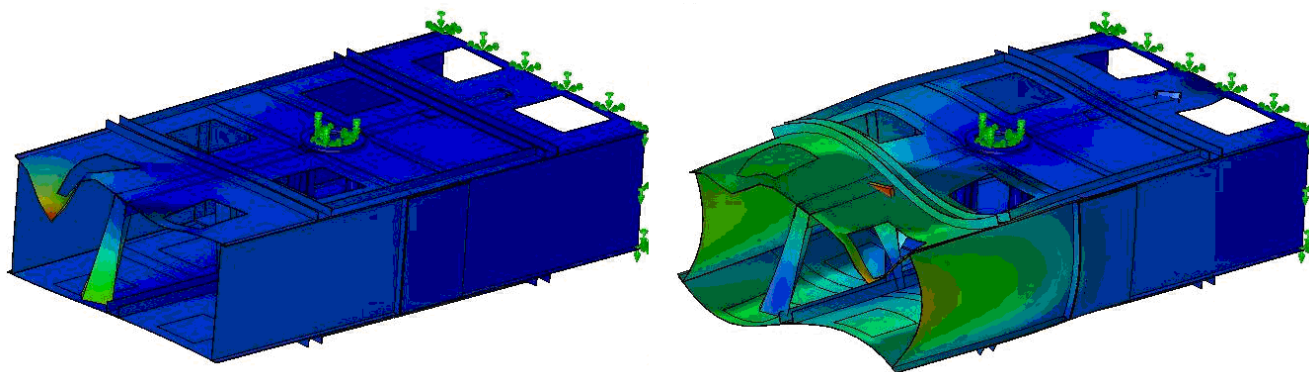


Рисунок 1.2 – Примеры форм колебаний корпуса

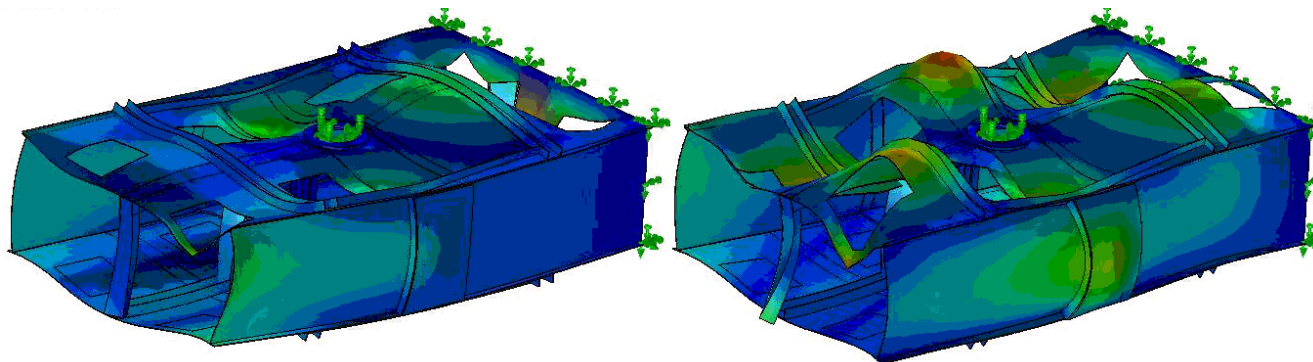


Рисунок 1.3 – Примеры форм колебаний корпуса

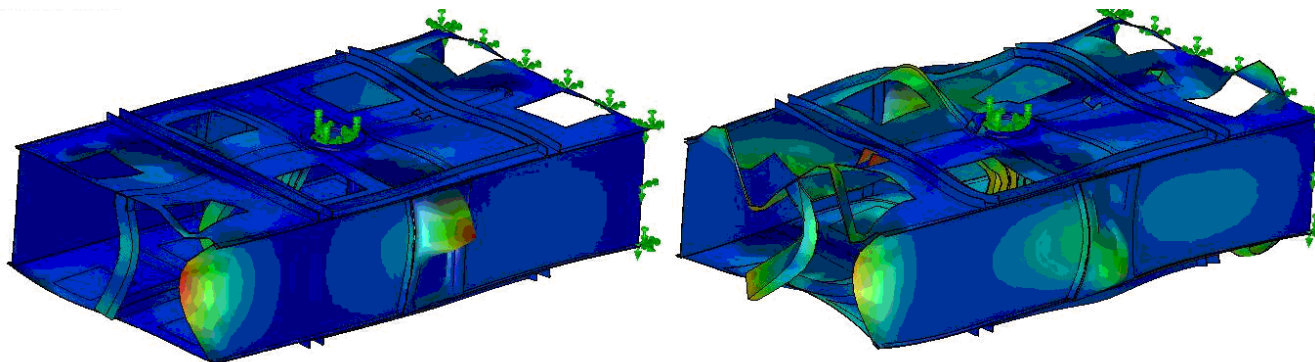


Рисунок 1.4 – Примеры форм колебаний корпуса

Анализ результатов исследования показал, что основные проблемы в конструкции возникают для деталей панельного типа – стенок кронштейна, боковых стенок, верхних и нижних крышек, выпускной коробки. Поскольку визуальный анализ сборной конструкции затруднителен, то в дальнейшем «мешающие» детали были условно убраны.

2 Частотный анализ стенки кронштейна

Стенка кронштейна представляет собой панель с тремя направляющими из гнутого уголка, прикрепленными к ней болтами (рисунок 2.1). Стенка крепится к кронштейнам траверсы болтами.

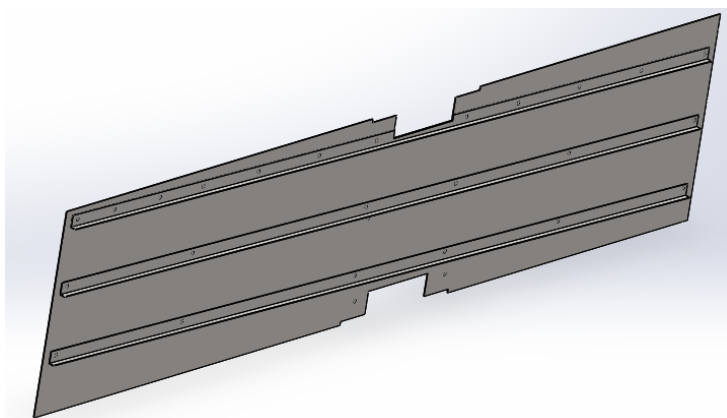


Рисунок 2.1 – Модель стенки кронштейна

Условно выделенная из конструкции стенка с разбивкой на конечные элементы приведена на рисунке 2.2, информация о модели – в таблице 2.1.

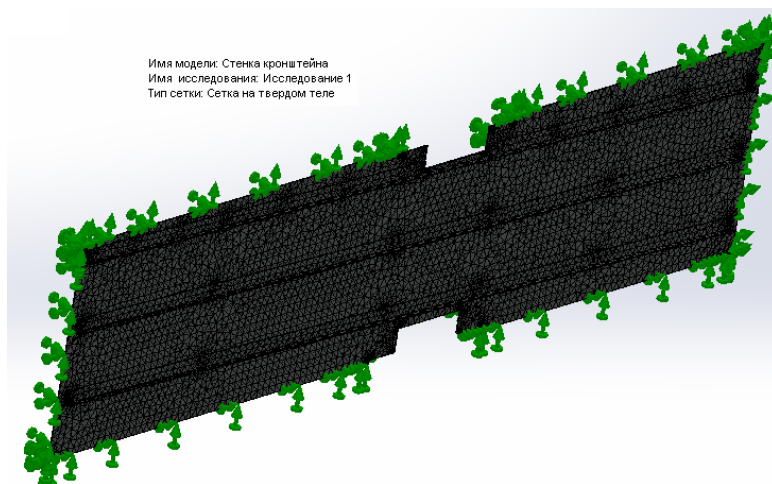


Рисунок 2.2 – Сетка конечных элементов на стенке кронштейна

Таблица 2.1 – Информация о модели

| Имя тела | Материал | Объем |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Стенка кронштейна | [SW]Простая углеродистая сталь | 0.00566422 м ³ |
| Тип сетки: | Сетка на твердом теле | |
| Используемое разбиение: | Стандартная сетка | |
| Автоматическое уплотнение сетки: | Вкл | |
| Сглаживание поверхности: | Вкл | |
| Размер элемента: | 24.806 mm | |
| Допуск: | 1.2403 mm | |
| Качество: | Высокая | |
| Количество элементов: | 39882 | |
| Количество узлов: | 83700 | |

Результаты частотного анализа представлены на рисунках 2.3 – 2.11.

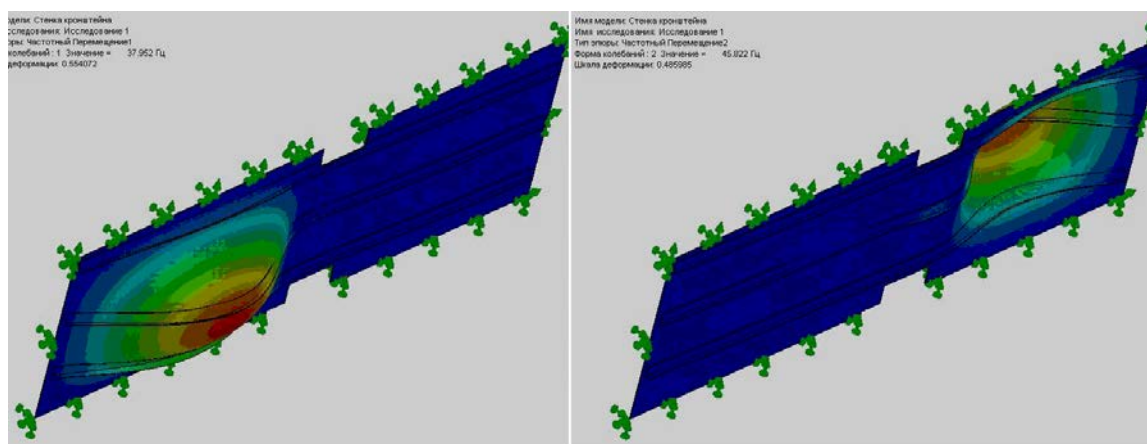


Рисунок 2.3 – Формы колебаний панели с частотами 38 и 46 Гц

Обе формы, представленные на рисунке 2.3, являются резонансными с частотами возбуждения $19 \cdot 2$ или $38 \dots 39$ Гц и $\approx 12,2 \cdot 3$ Гц.

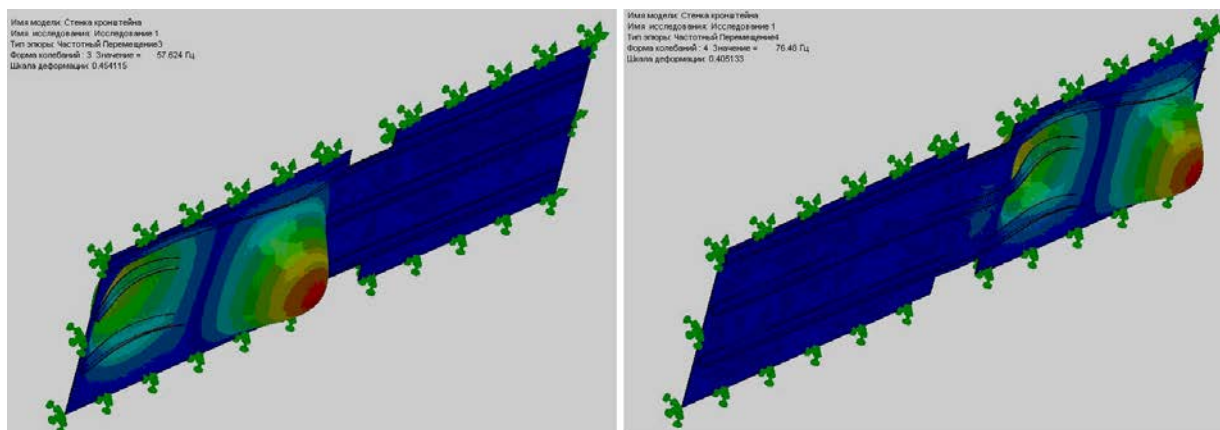


Рисунок 2.4 – Формы колебаний панели с частотами 58 и 76 Гц

Форма колебаний с частотой 58 Гц близка к возбуждающей частоте 54 Гц, а форма с частотой 76 Гц – к второй форме возбуждающей частоты $(38 \dots 39) \cdot 2$.

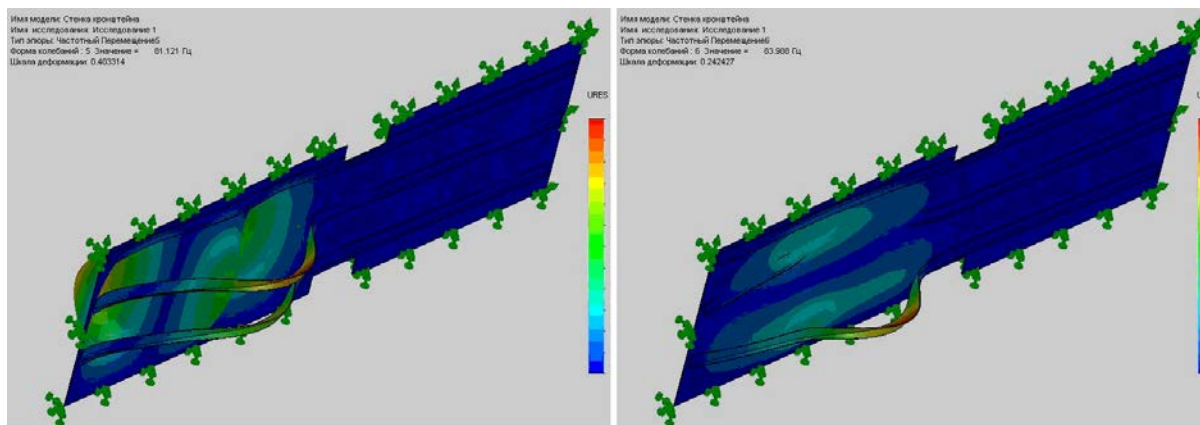


Рисунок 2.5 – Формы колебаний панели с частотами 81 и 84 Гц

Форма колебаний с частотой 81 Гц может возбуждаться второй формой частоты $(38...39) \cdot 2$ Гц, а форма с частотой 84 Гц не имеет явных источников возбуждения. Колебания панели с частотой 81 Гц возбуждают колебания двух направляющих, прикрепленных болтами с большим шагом, что может вызвать трещины в направляющих и повышенную нагрузку на болты их креплений. Для направляющей, прикрепленной болтами с малым шагом, колебания безопасны.

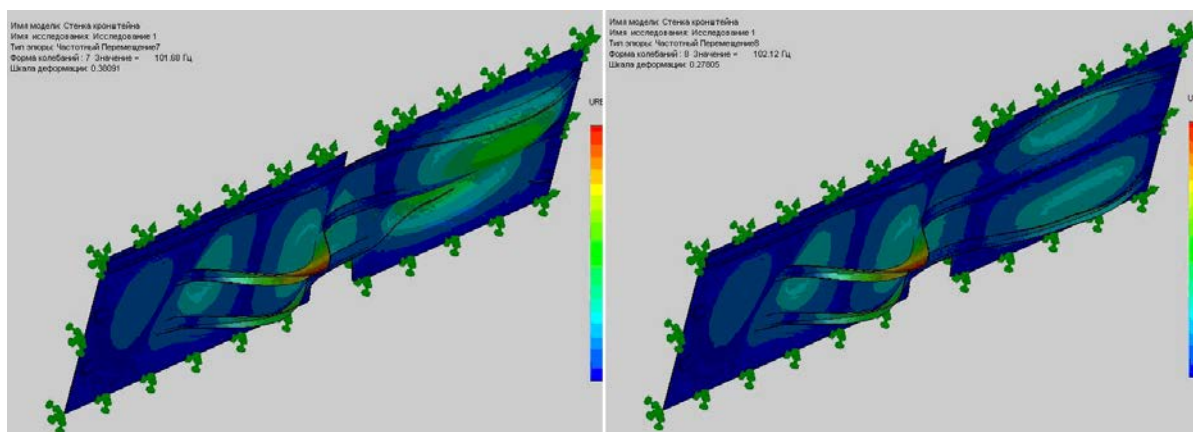


Рисунок 2.6 – Формы колебаний панели с частотами 101...102 Гц

Колебания, представленные на рисунке 2.6, не имеют явных источников возбуждения.

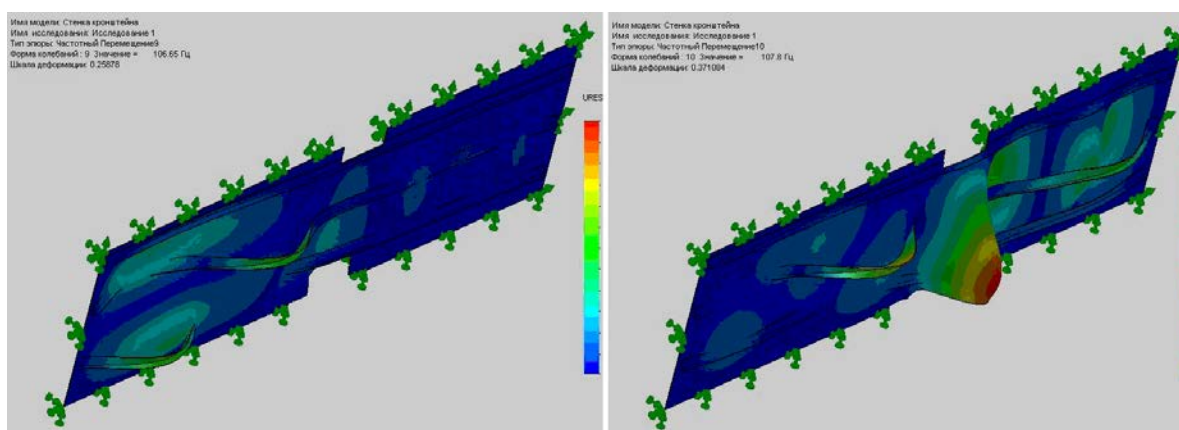


Рисунок 2.7 – Формы колебаний панели с частотами 106...108 Гц

Возможный источник колебаний с частотой 106...108 Гц – вторая форма возбуждающей частоты $54 \cdot 2$ Гц. При таких формах колебаний также отмечают колебания двух направляющих, прикрепленных болтами с большим шагом.

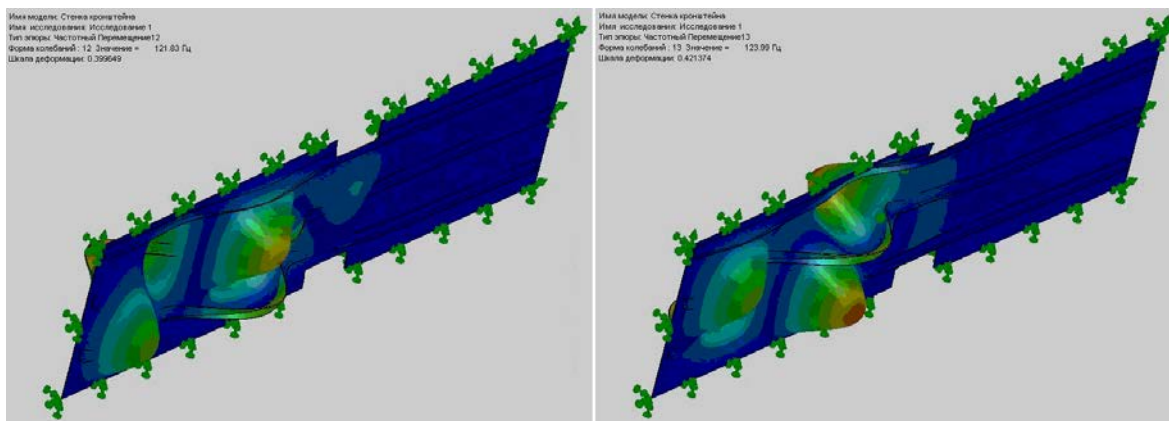


Рисунок 2.8 – Формы колебаний панели с частотами 121...124 Гц

Колебания, представленные на рисунке 2.8, не имеют явных источников возбуждения.

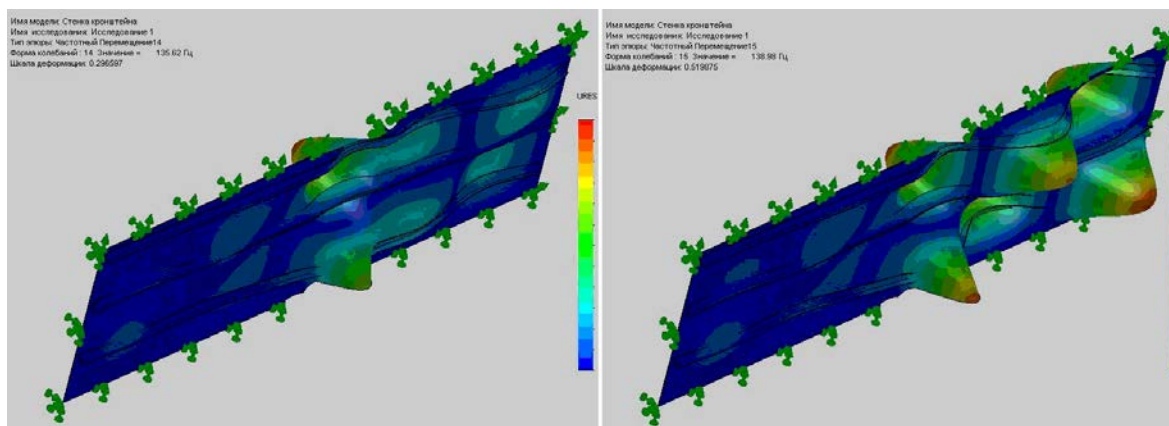


Рисунок 2.9 – Формы колебаний панели с частотами 135...139 Гц

Возможный источник колебаний с частотой 135...139 Гц – пятая форма возбуждающей частоты 27·5 Гц. При этих формах колебаний отмечаются деформации в районе верхней и нижней выборок панели, что может привести к возникновению усталостных трещин в углах выборок.

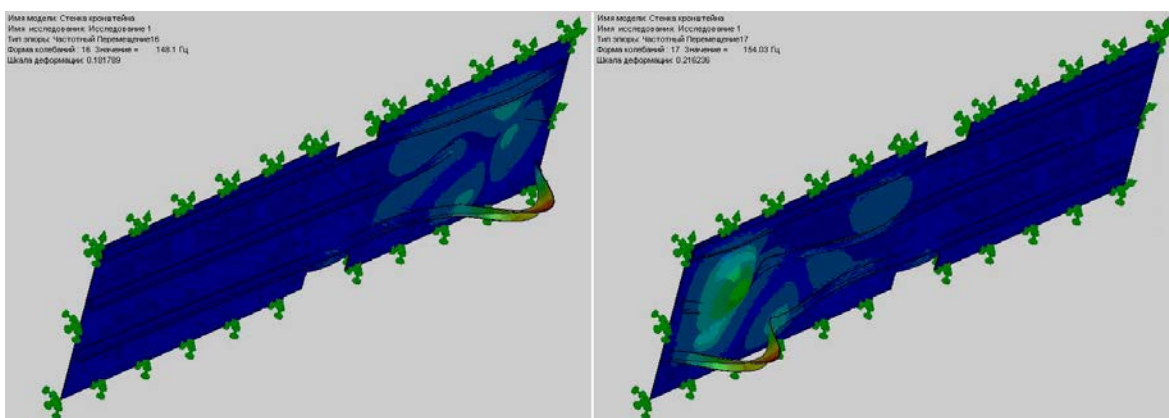


Рисунок 2.10 – Формы колебаний панели с частотами 148 и 154 Гц

Форма с частотой 148 Гц не имеет явных источников возбуждения. Возможный источник колебаний с частотой 154 Гц – третья форма возбуждающей частоты ≈ 54.3 Гц. При таких формах колебаний также отмечаются колебания направляющей, прикрепленной болтами с большим шагом.

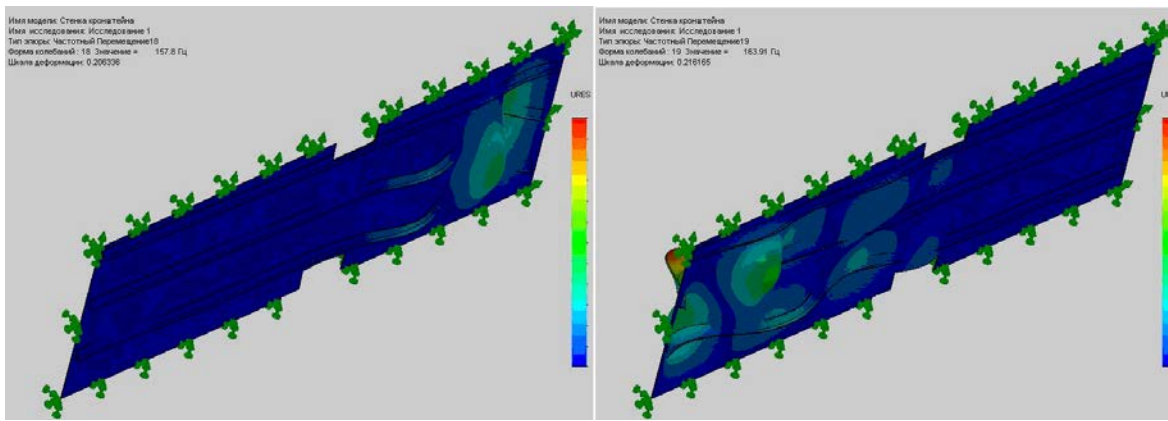


Рисунок 2.11 – Формы колебаний панели с частотами 158 и 164 Гц

Возможный источник колебаний, приведенных на рисунке 2.11 – тоже третья форма возбуждающей частоты $\approx 54 \cdot 3$ Гц.

Список рассчитанных частот колебаний крышки кронштейна приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Список частот колебаний крышки кронштейна

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 37.951 | 11 | 110.98 |
| 2 | 45.822 | 12 | 121.83 |
| 3 | 57.624 | 13 | 123.99 |
| 4 | 76.48 | 14 | 135.62 |
| 5 | 81.121 | 15 | 138.98 |
| 6 | 83.988 | 16 | 148.1 |
| 7 | 101.68 | 17 | 154.03 |
| 8 | 102.12 | 18 | 157.8 |
| 9 | 106.65 | 19 | 163.91 |
| 10 | 107.8 | 20 | 166.86 |

Проведенное моделирование показало, что при колебаниях крышки кронштейна возможны три проблемы:

- значительные деформации направляющих, имеющих крепления с большим шагом болтов;
- возможное возникновение усталостных трещин в отдельных зонах панели;
- возможные усталостные трещины в углах верхней и нижней выборок панелей (в этом случае углы выборок могут явиться концентраторами напряжений).

На рисунке 2.12 приведены зоны и направления возможного возникновения усталостных трещин при резонансных колебаниях крышки кронштейна.

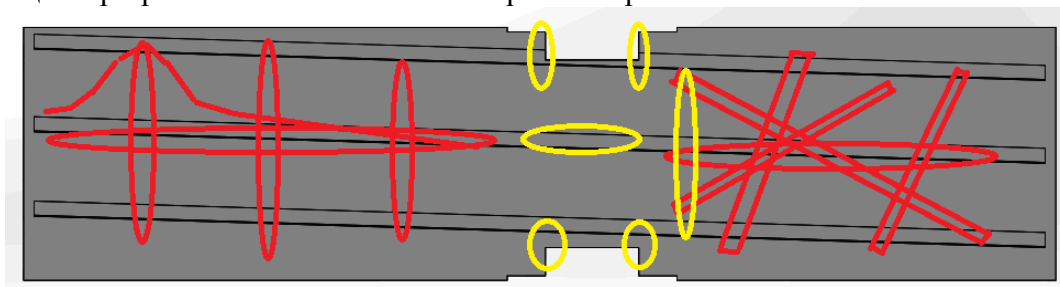


Рисунок 2.12 – Зоны возможного возникновения усталостных трещин

На рисунке 2.12 желтым цветом отмечены зоны возникновения усталостных трещин, которые можно устранить при незначительной доработке конструкции панели.

На рисунке 2.13 на панель снизу по краю выборки приварен уголок 30×30 мм (полкой вниз, к раме траверсы), а верхняя выборка, так как уголок не вписывается в конструкцию, дополнительно закреплена к траверсе болтом М12 (доработки отмечены желтым цветом).

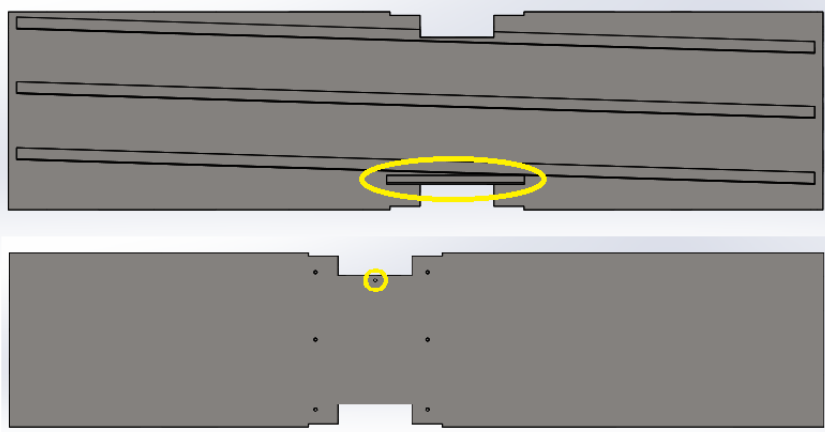


Рисунок 2.13 – Доработки конструкции панели стенки кронштейна

На рисунках 2.14 – 2.23 приведены результаты моделирования доработанной конструкции.

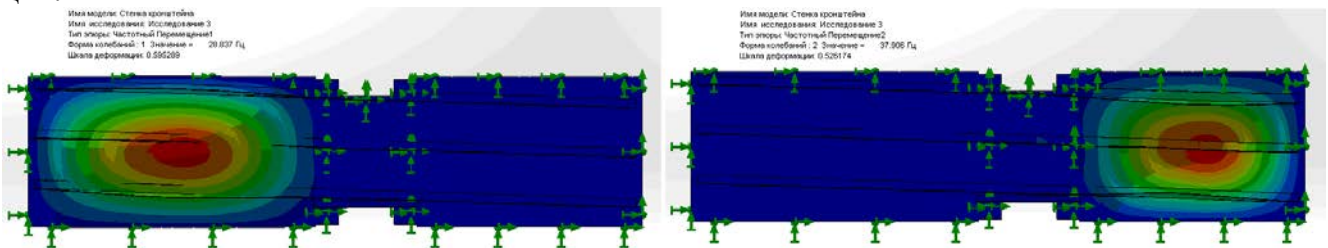


Рисунок 2.14 – Колебания стенки кронштейна с частотами 29 и 38 Гц

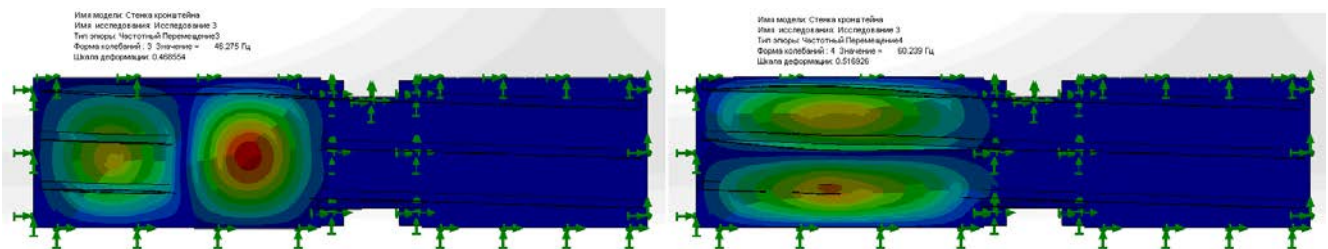


Рисунок 2.15 – Колебания стенки кронштейна с частотами 46 и 60 Гц

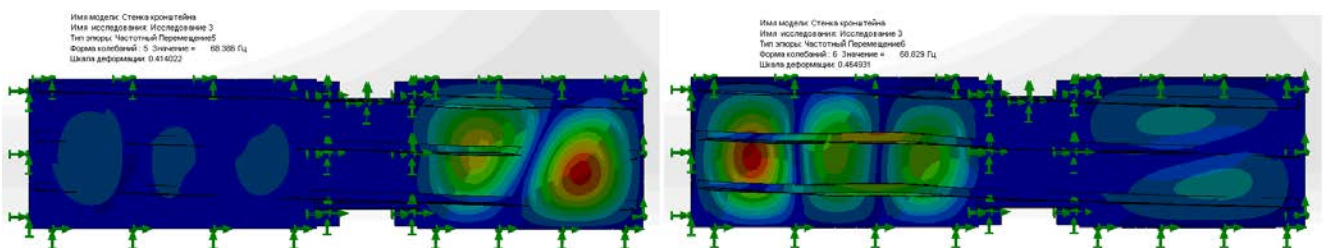


Рисунок 2.16 – Колебания стенки кронштейна с частотами 68 и 69 Гц

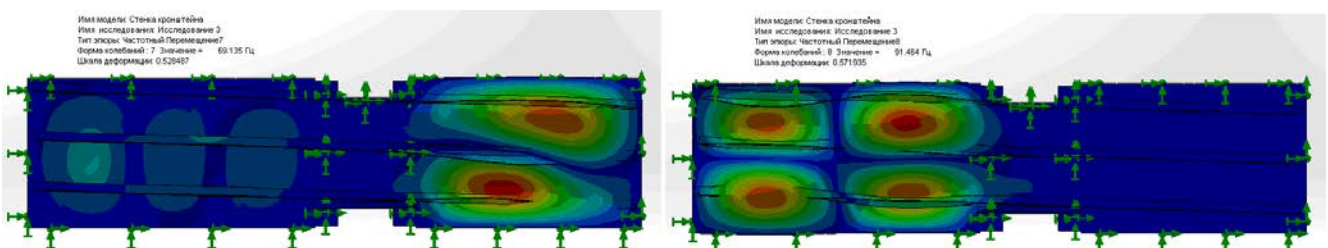


Рисунок 2.17 – Колебания стенки кронштейна с частотами 69 и 91 Гц

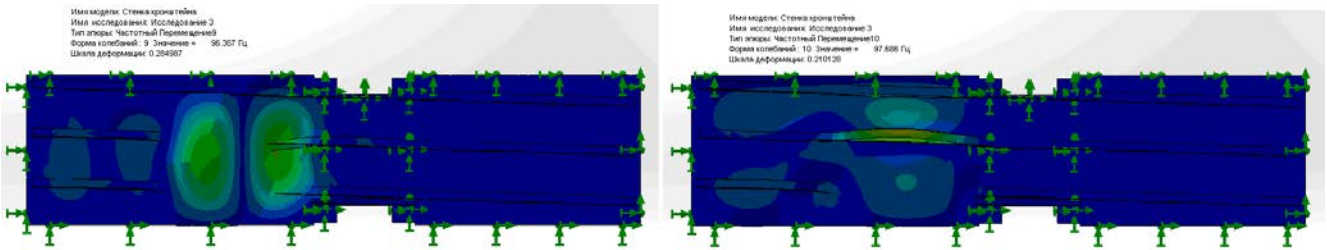


Рисунок 2.18 – Колебания стенки кронштейна с частотами 96...98 Гц

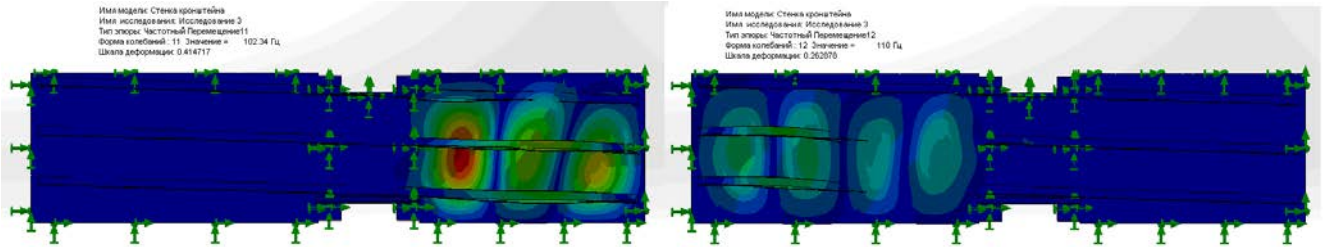


Рисунок 2.19 – Колебания стенки кронштейна с частотами 102 и 110 Гц

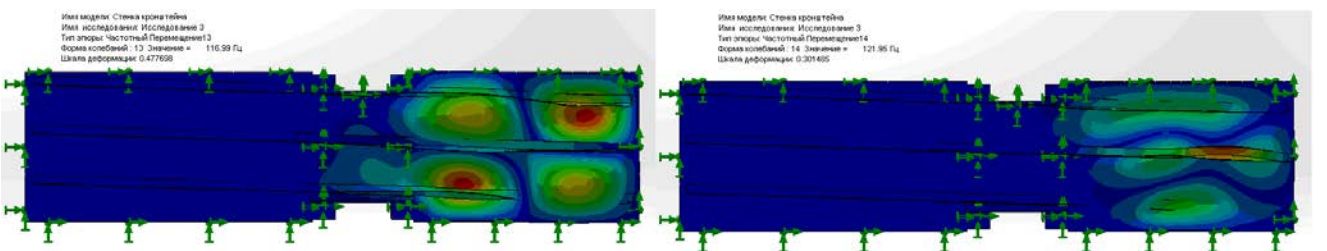


Рисунок 2.20 – Колебания стенки кронштейна с частотами 117...122 Гц

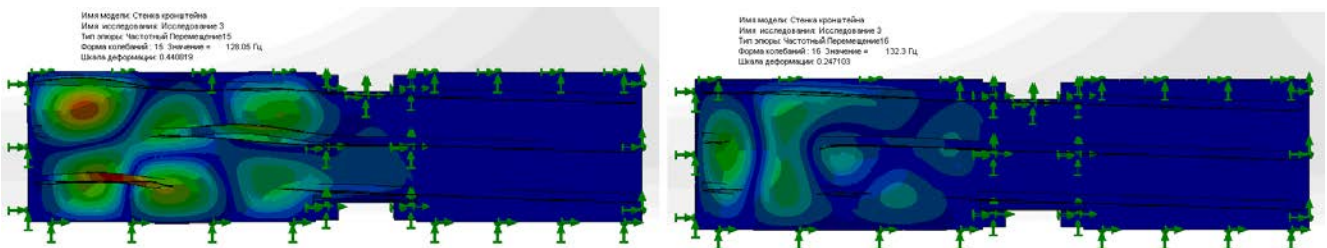


Рисунок 2.21 – Колебания стенки кронштейна с частотами 128 и 132 Гц

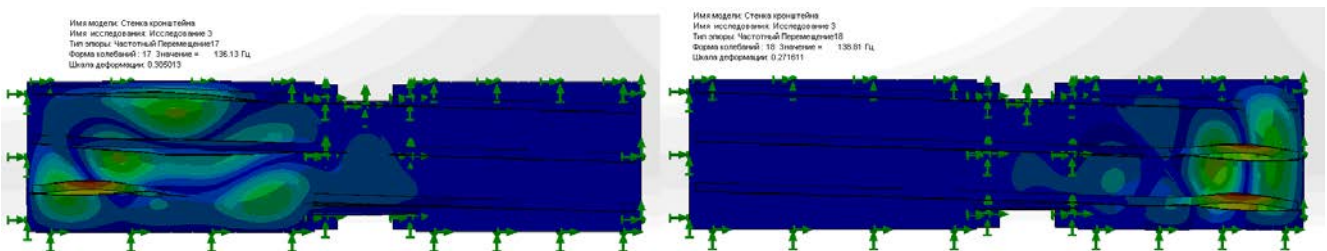


Рисунок 2.22 – Колебания стенки кронштейна с частотами 136 и 139 Гц

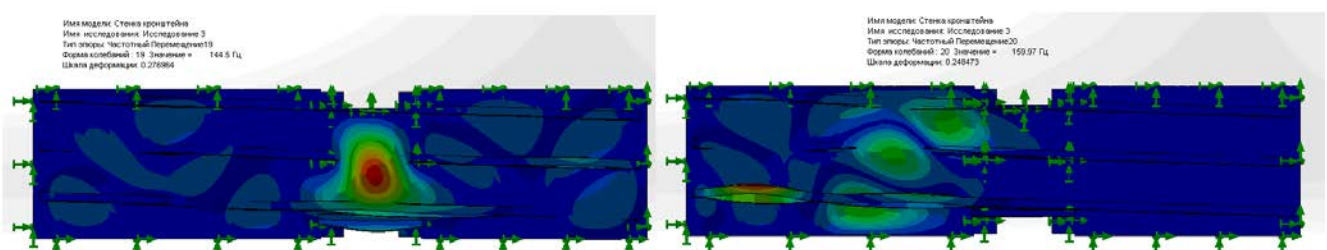


Рисунок 2.23 – Колебания стенки кронштейна с частотами 144 и 160 Гц

Список рассчитанных частот колебаний крышки кронштейна приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Список режимов

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 28.837 | 11 | 102.34 |
| 2 | 37.906 | 12 | 110 |
| 3 | 46.275 | 13 | 116.99 |
| 4 | 60.239 | 14 | 121.95 |
| 5 | 68.386 | 15 | 128.05 |
| 6 | 68.829 | 16 | 132.3 |
| 7 | 69.135 | 17 | 136.13 |
| 8 | 91.464 | 18 | 138.81 |
| 9 | 96.367 | 19 | 144.5 |
| 10 | 97.686 | 20 | 159.97 |

Моделирование доработанной конструкции показало, что основные формы колебаний панели сохранились, их частоты совпадают с точностью до погрешности результатов моделирования, а зоны возможного возникновения усталостных трещин, отмеченные на рисунке 2.12 желтым цветом, отсутствуют.

3 Частотный анализ направляющей СВХ-04_170

Колебания направляющей возбуждаются кинематически от колеблющейся стенки кронштейна через болты крепления. Для определения резонансных режимов направляющей и разработки рекомендаций по их устранению выполнено моделирование направляющей и проведен частотный анализ. В модели сохранен способ крепления направляющей к панели болтами. Были рассчитаны первые 10 форм колебаний в диапазоне частот до 400 Гц. Частоты выше 250...300 Гц, вероятно, будут безопасными, т.к. имеют малые амплитуды и не имеют четко выраженных источников возбуждения вибрации. Результаты моделирования при штатном креплении направляющей приведены на рисунках 3.1 – 3.5, частоты – в таблице 3.1.

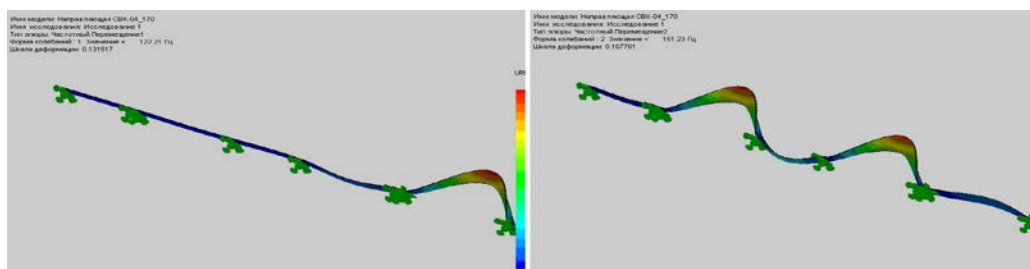


Рисунок 3.1 – Формы колебаний направляющей СВХ-04_170 с частотами 122 и 151 Гц

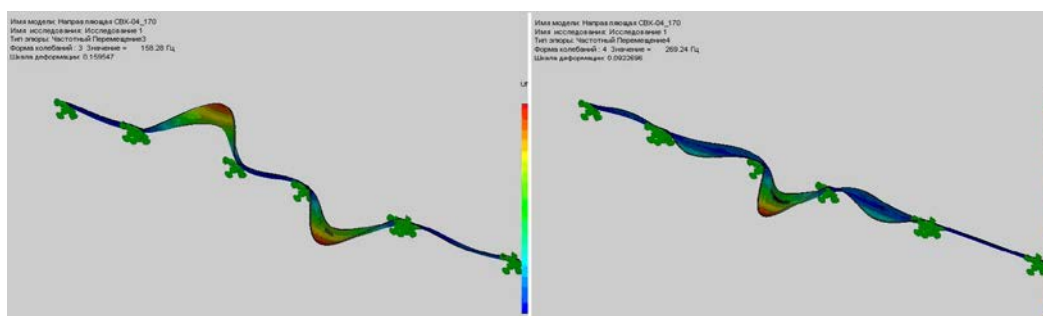


Рисунок 3.2 – Формы колебаний направляющей СВХ-04_170 с частотами 158 и 269 Гц

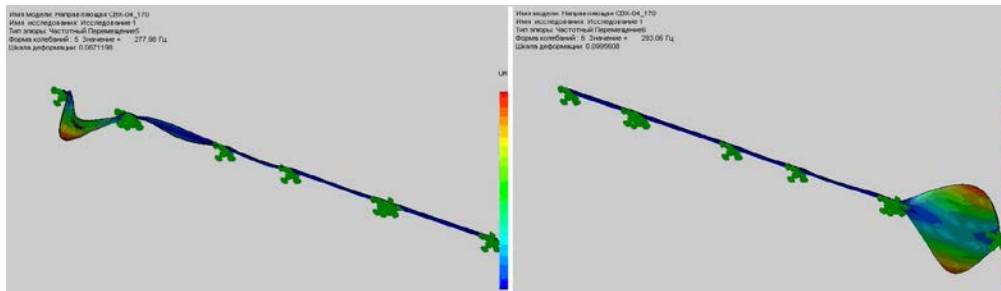


Рисунок 3.3 – Формы колебаний направляющей СВХ-04_170 с частотами 278 и 293 Гц

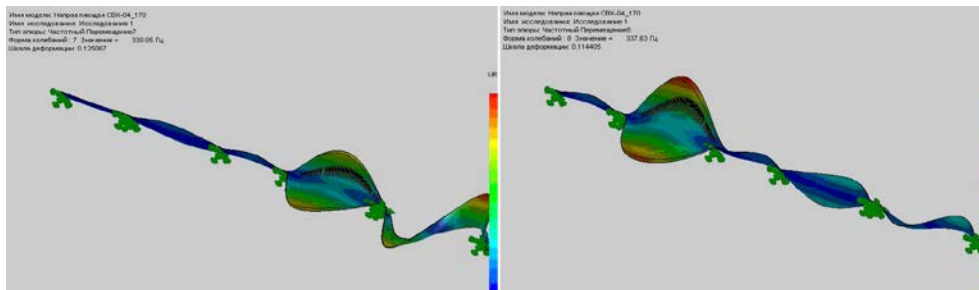


Рисунок 3.4 – Формы колебаний направляющей СВХ-04_170 с частотами 122 и 151 Гц

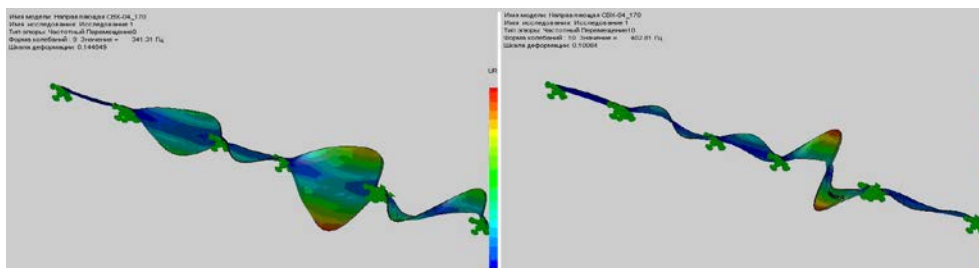


Рисунок 3.5 – Формы колебаний направляющей СВХ-04_170 с частотами 341 и 403 Гц

Таблица 3.1 – Список режимов колебаний направляющей СВХ-04_170 при штатном креплении

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 122.21 | 6 | 293.06 |
| 2 | 151.23 | 7 | 330.05 |
| 3 | 158.28 | 8 | 337.63 |
| 4 | 269.24 | 9 | 341.31 |
| 5 | 277.98 | 10 | 402.81 |

Для устранения опасных низших форм колебаний выполнено моделирование с уменьшенным шагом болтов (с установкой трех дополнительных болтов крепления направляющей к панели). Результаты моделирования приведены на рисунках 3.6 – 3.7 и в таблице 3.2

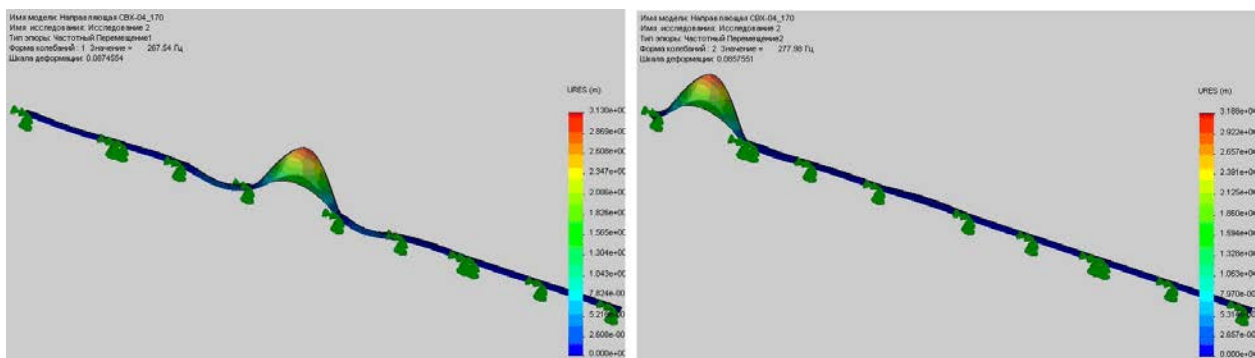


Рисунок 3.6 – Формы колебаний направляющей СВХ-04_170 с частотами 267 и 277 Гц

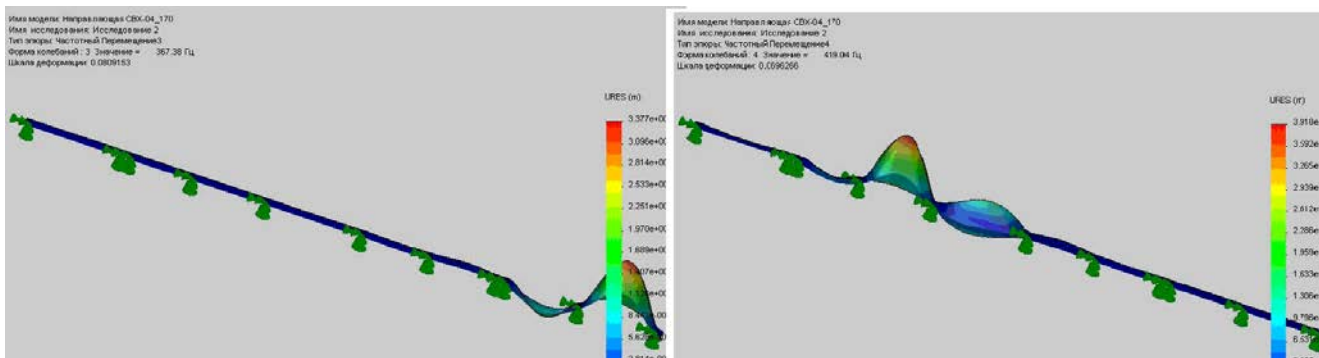


Рисунок 3.7 – Формы колебаний направляющей SVX-04_170 с частотами 367 и 419 Гц

Таблица 3.2 – Список режимов колебаний направляющей SVX-04_170 при доработанном креплении

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 267.54 | 6 | 446.53 |
| 2 | 277.98 | 7 | 490.36 |
| 3 | 367.38 | 8 | 497.98 |
| 4 | 419.04 | 9 | 512.94 |
| 5 | 433.81 | 10 | 546.83 |

Моделирование показало, что при установке трех дополнительных болтов крепления направляющей низшие опасные формы колебаний отсутствуют, что уменьшит нагрузку на болты и вероятность возникновения усталостных разрушений направляющей.

4 Частотный анализ передней стенки

Моделирование и частотный анализ передней стенки выполнены аналогично стенке кронштейна. Твёрдотельная модель представлена на рисунке 4.1, твёрдотельная сетка – на рисунке 4.2.

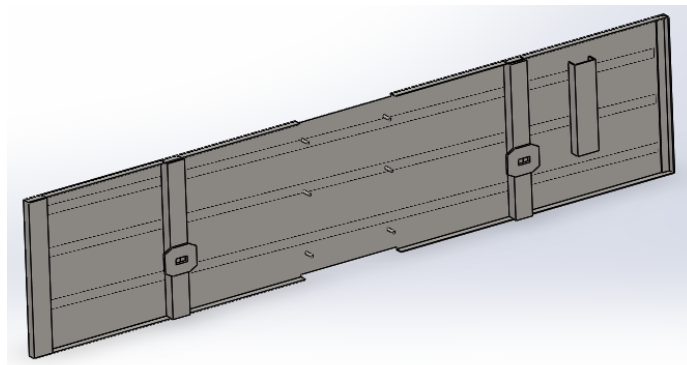


Рисунок 4.1 – Твёрдотельная модель передней стенки

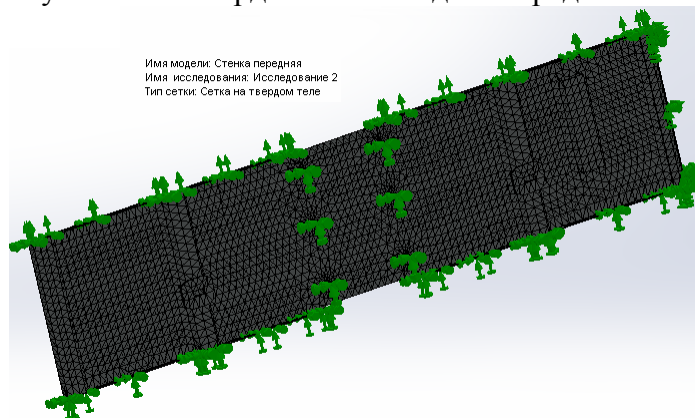


Рисунок 4.2 – Сетка конечных элементов модели передней стенки

Результаты моделирования форм колебаний в диапазоне до 285 Гц приведены на рисунках 4.3 – 4.7, в таблице 4.1 – частоты первых 15 форм колебаний.

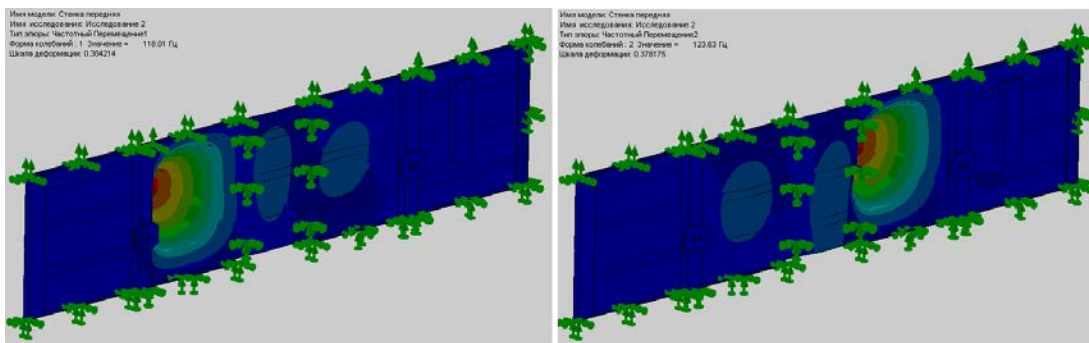


Рисунок 4.3 – Колебания передней стенки с частотами 118 и 124 Гц

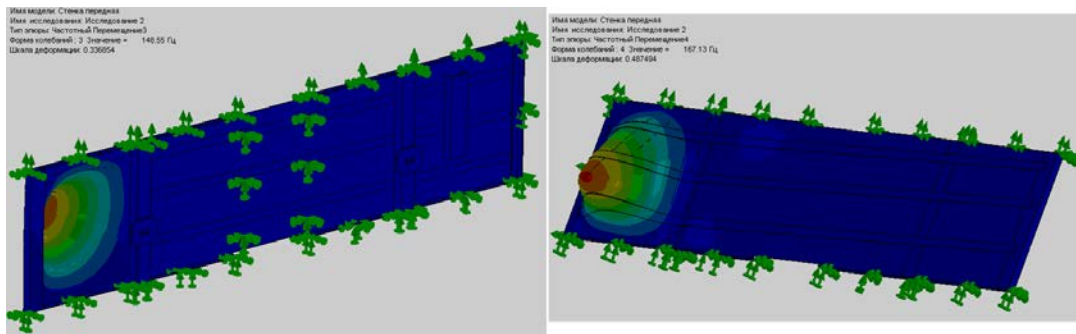


Рисунок 4.4 – Колебания передней стенки с частотами 148 и 167 Гц

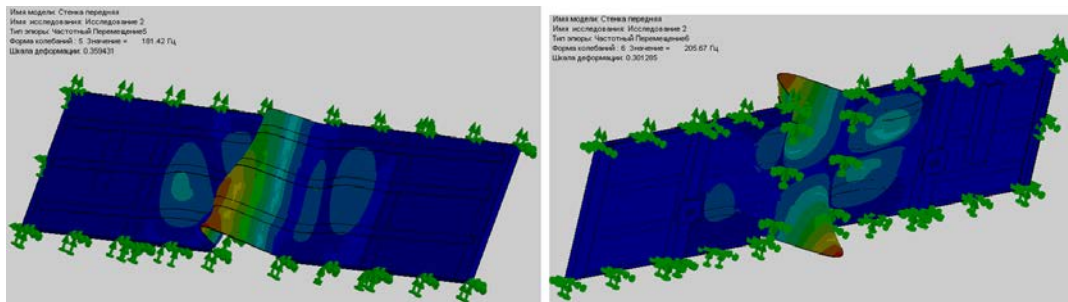


Рисунок 4.5 – Колебания передней стенки с частотами 181 и 206 Гц

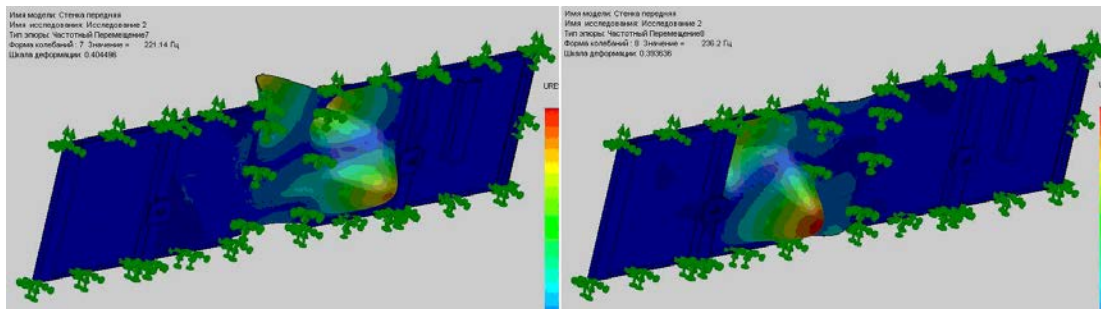


Рисунок 4.6 – Колебания передней стенки с частотами 221 и 236 Гц

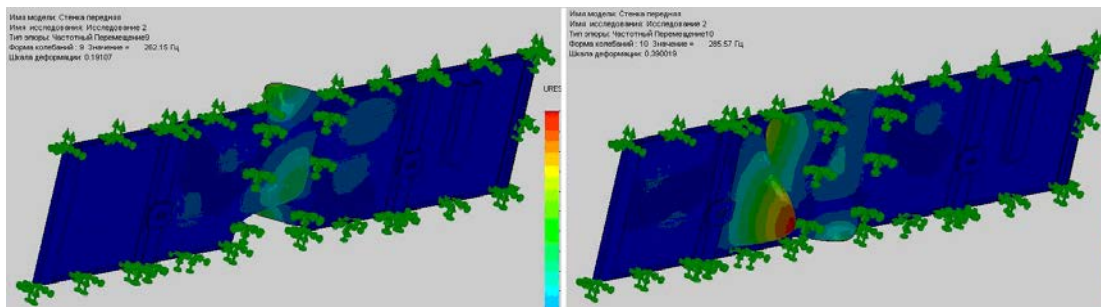


Рисунок 4.7 – Колебания передней стенки с частотами 262 и 285 Гц

Таблица 4.1 – Список частот колебаний передней стенки

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 118.01 | 9 | 262.15 |
| 2 | 123.63 | 10 | 285.57 |
| 3 | 148.55 | 11 | 295.02 |
| 4 | 167.13 | 12 | 312.6 |
| 5 | 181.42 | 13 | 339.64 |
| 6 | 205.67 | 14 | 350.23 |
| 7 | 221.14 | 15 | 373.38 |
| 8 | 236.2 | | |

При колебаниях передней стенки возникают практически те же проблемы, что и при колебаниях стенки кронштейна. Наиболее опасными являются изгибные колебания с частотами 181 Гц и 206 Гц, при которых могут возникнуть усталостные трещины в концентраторах – углах верхней и нижней выборок.

На рисунке 4.8 указаны зоны и направления вероятного возникновения усталостных трещин в панели боковой стенки. Меньшее количество форм и опасных зон, чем для стенки кронштейна, объясняется тем, что передняя стенка подкреплена дополнительными жесткостями.

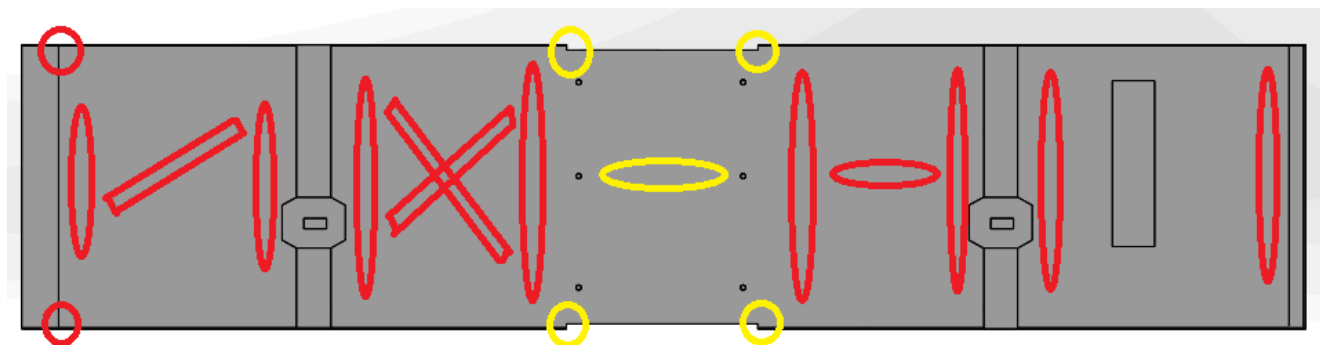


Рисунок 4.8 – Зоны возможного возникновения усталостных трещин

На рисунке 4.9 на панель изнутри снизу и сверху по краям выборок приварены уголки 30×30 мм полками к раме траверсы.

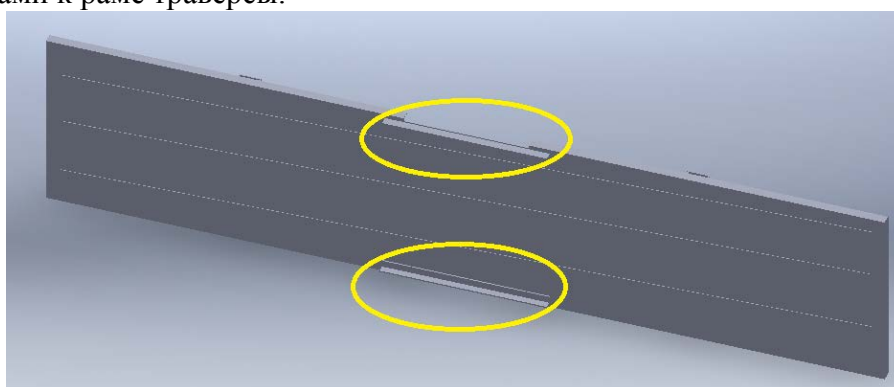


Рисунок 4.9 – Возможные доработки конструкции панели передней стенки

Моделирование колебаний передней стенки с выполненной доработкой показали, что опасные формы колебаний исчезли, вместо них появились формы колебаний с относительно небольшими амплитудами (рисунок 4.10). На рисунке 4.8 желтым цветом отмечены зоны, которые можно локализовать доработкой панели.

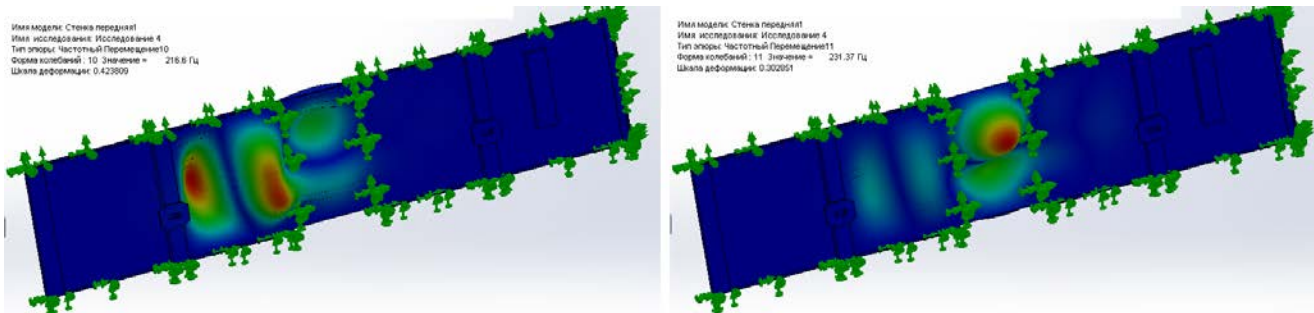


Рисунок 4.10 – Формы колебаний доработанной панели в бывшем диапазоне опасных частот.

5 Моделирование и исследование колебаний верхней крышки

Для исследования использована твердотельная модель передней и задней верхних крышек совместно с верхней рамой (рисунок 5.1). В модели обеспечено крепление крышек болтами. Свойства модели приведены в таблице 5.1.

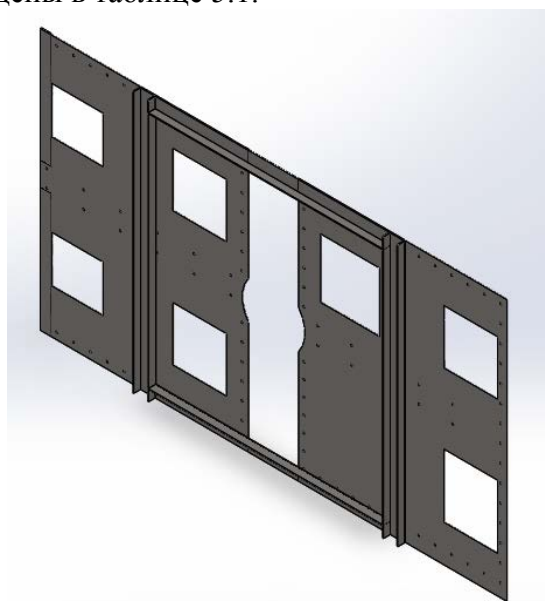

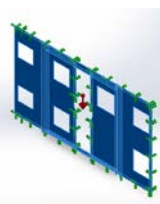


Рисунок 5.1 – Твердотельная модель сборки верхней крышки

Таблица 5.1 – Информация о модели

| Имя и ссылки документа | Рассматривается как | Объемные свойства | Путь документа/Дата изменения |
|---|---|---|--|
|  | Твердое тело | Масса: 132.071 kg Объем: 0.0169322 m ³ Плотность: 7800 kg/m ³ | D:\Данилейко\Рассев NBX\Верх.SLDPRT Mar 07 19:05:38 2013 |
| Ссылка на модель | Свойства | | Компоненты |
|  | Имя: Простая углеродистая сталь Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Массовая плотность: 7800 kg/m ³ Модуль упругости: 2.1e+011 N/m ² Коэффициент Пуассона: 0.28 | | Твердое тело |

В таблице 5.2 приведены сведения о сетке конечных элементов, на рисунке 5.2 – разбивка твердотельной модели на конечные элементы.

Таблица 5.2 – Информация о сетке

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Тип сетки | Сетка на твердом теле |
| Используемое разбиение: | Стандартная сетка |
| Автоматическое уплотнение сетки: | Вкл |
| Включить автоциклы сетки: | Вкл |
| Размер элемента | 29.336 mm |
| Допуск | 1.4668 mm |
| Качество сетки | Высокая |
| Всего узлов | 86850 |
| Всего элементов | 41726 |

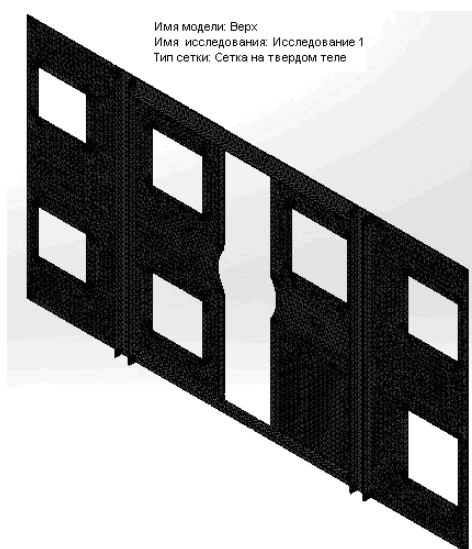


Рисунок 5.2 – Сетка конечных элементов верхней крышки

Частоты колебаний для некоторых характерных форм приведены на рисунках 5.3 – 5.9.

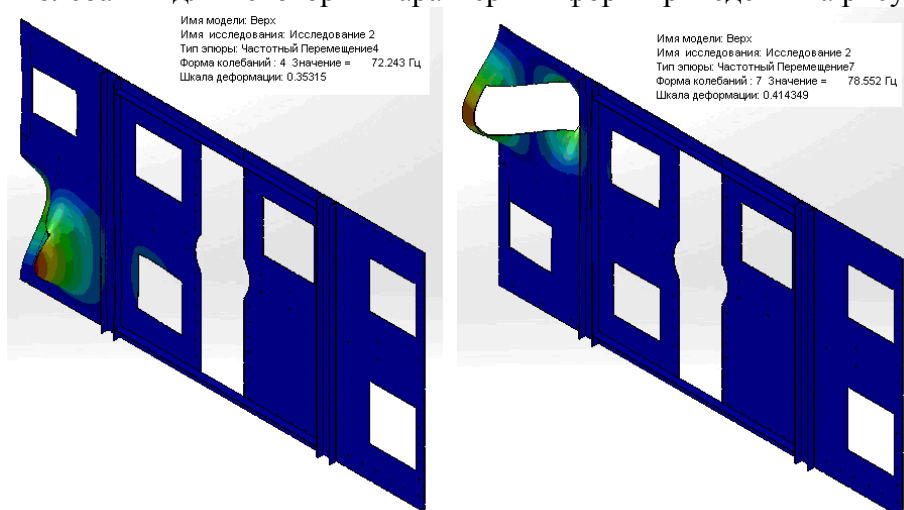


Рисунок 5.3 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 72 и 78,5 Гц

Формы колебаний, представленные на рисунке 5.3 являются резонансными, частоты возбуждения близки к $(38...39) \times 2$ Гц.

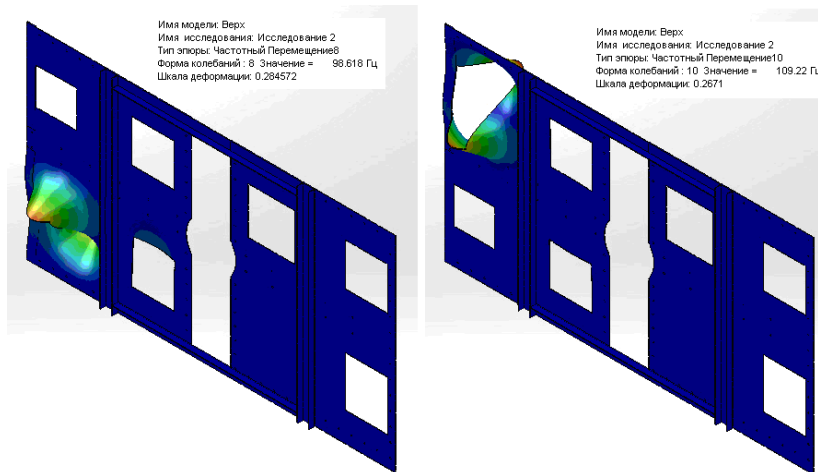


Рисунок 5.4 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 99 и 109 Гц

Для формы колебаний с частотой 99 Гц возможен источник возбуждения колебаний с частотой $24,5 \times 4$ Гц, для частоты колебаний 109 Гц источники возбуждения с частотой 54×2 Гц.

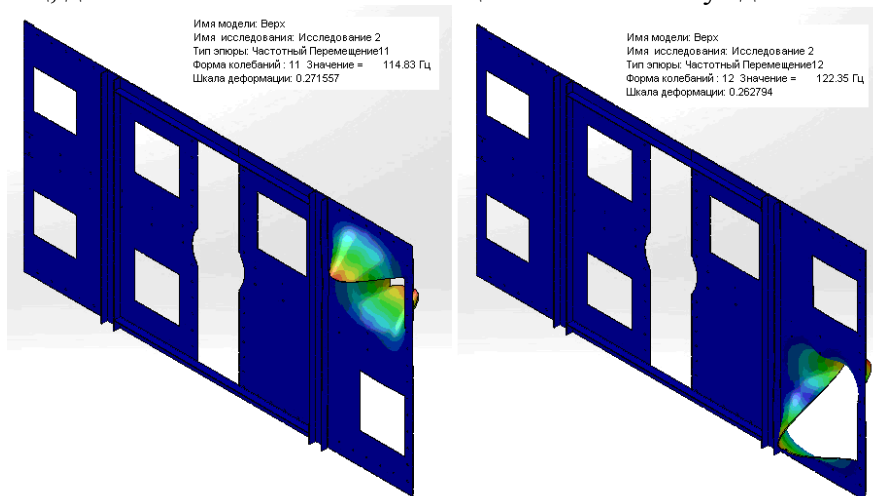


Рисунок 5.5 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 115 и 122 Гц

Близкими по частотам источниками возбуждения колебаний с частотой 115 Гц могут быть источники с частотами 19×6 Гц или $(38 \dots 39) \times 3$ Гц, колебаний с частотой 122 Гц – источник с частотой $24,5 \times 5$ Гц.

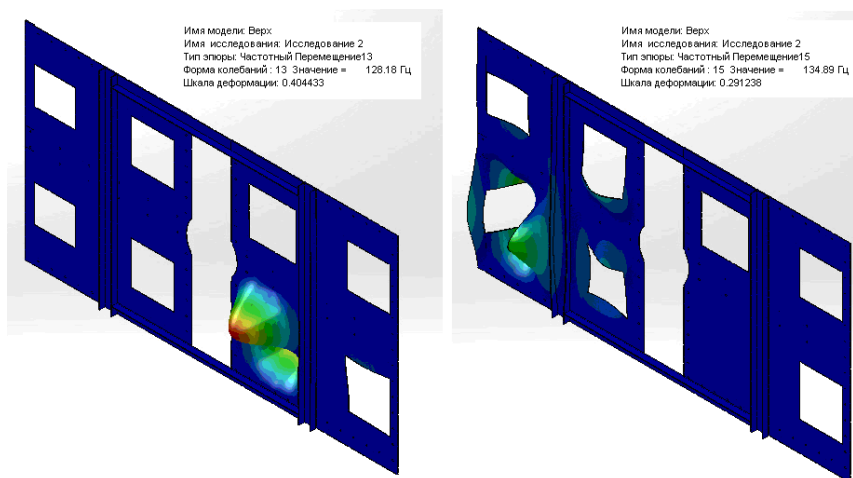


Рисунок 5.6 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 128 и 135 Гц

Явные источники возбуждения колебаний, приведенных на рисунке 5.6, не выявлены.

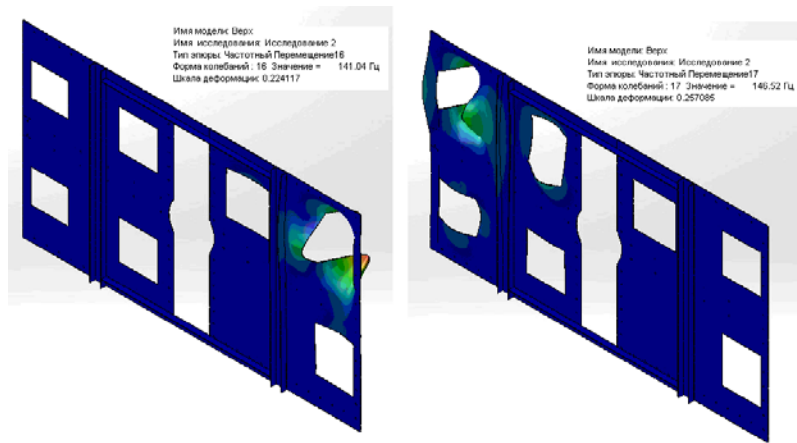


Рисунок 5.7 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 141 и 146,5 Гц

Явные источники возбуждения колебаний, представленных на рисунке 5.7, не выявлены.

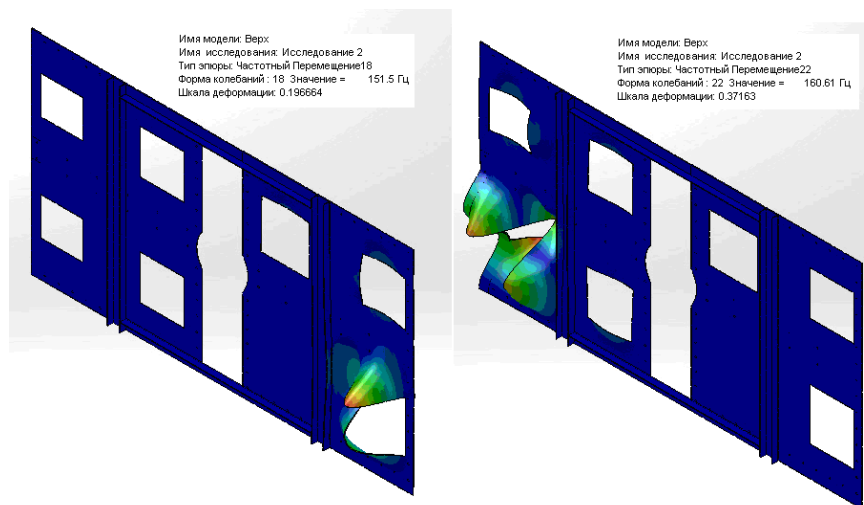


Рисунок 5.8 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 151,5 и 160,6 Гц

Для колебаний с частотой 151,5 Гц близкими по частотам являются источники возбуждения с частотами $(38...39) \times 4$ Гц или 19×8 Гц, для колебаний с частотой 160,6 Гц – источники с частотой 54×3 Гц.

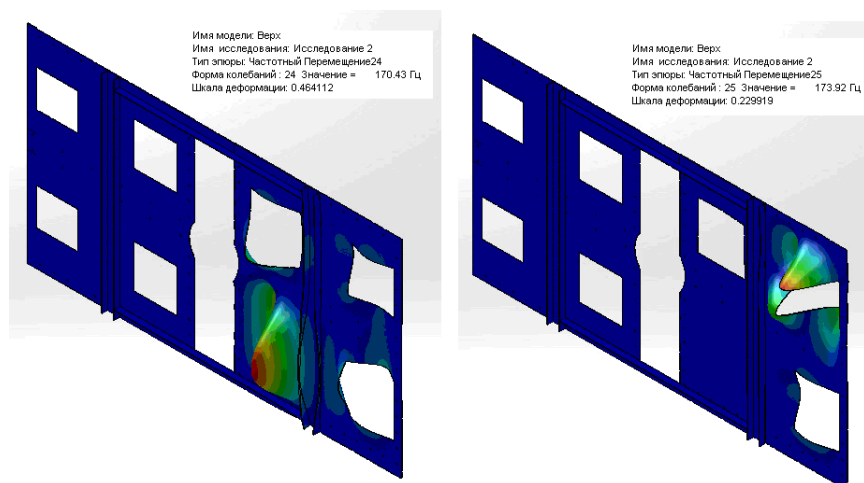


Рисунок 5.9 – Формы колебаний сборки «Верхняя крышка» с частотами 170 и 174 Гц

Источниками возбуждения колебаний, представленных на рисунке 5.9, могут быть колебания с частотой $24,5 \times 7$ Гц.

Частоты первых 25 форм изгибных колебаний верхней крышки приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Список частот исследованных режимов

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 61.619 | 14 | 129.85 |
| 2 | 68.943 | 15 | 134.89 |
| 3 | 69.665 | 16 | 141.04 |
| 4 | 72.243 | 17 | 146.52 |
| 5 | 73.366 | 18 | 151.5 |
| 6 | 74.916 | 19 | 154.24 |
| 7 | 78.552 | 20 | 156.55 |
| 8 | 98.618 | 21 | 157.43 |
| 9 | 102.3 | 22 | 160.61 |
| 10 | 109.22 | 23 | 167.59 |
| 11 | 114.83 | 24 | 170.43 |
| 12 | 122.35 | 25 | 173.92 |
| 13 | 128.18 | | |

Благодаря раме и болтовым креплениям, сборная конструкция передней и задней верхних крышек является достаточно жесткой и не имеет богатых форм колебаний. На рисунке 5.10 указаны зоны и направления вероятного возникновения усталостных трещин в сборке «Крышка». Возможными провокаторами возникновения усталостных трещин могут быть концентраторы напряжений в углах отверстий.

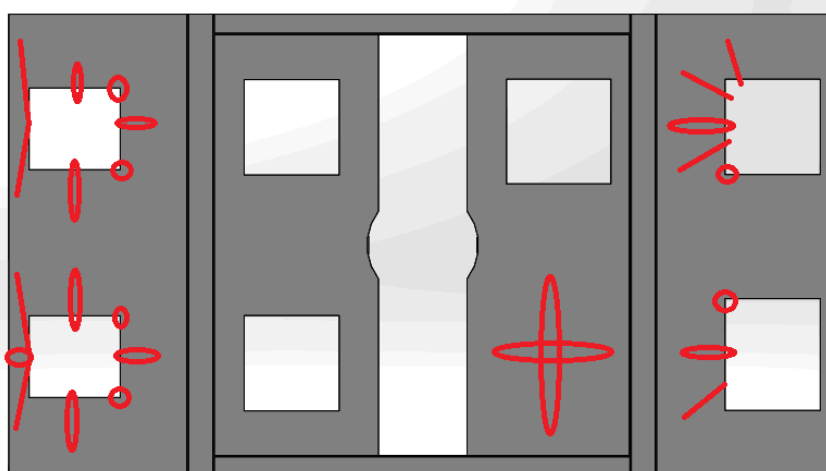


Рисунок 5.10 – Зоны возможного возникновения усталостных трещин

6 Моделирование и исследование колебаний выводной коробки

Для исследования использована твердотельная модель выводной коробки (рисунок 6.1). В модели отсутствуют несилловые элементы (массы) внутренней части коробки, поэтому рассчитанные частоты могут быть несколько завышенными, но формы колебаний могут быть оце-

нены вполне корректно. Свойства модели и параметры сетки конечных элементов приведены в таблице 6.1, сетка конечных элементов – на рисунке 6.2.

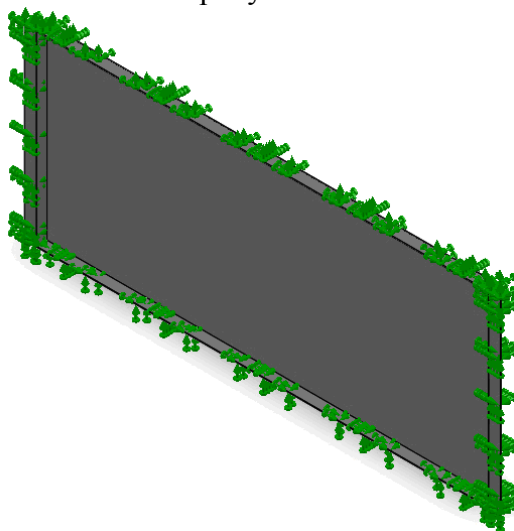


Рисунок 6.1 – Стенка выводной коробки с элементами крепления

Таблица 6.1 – Свойства исследования и параметры сетки конечных элементов

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Тип анализа | Частота |
| Количество частот | 20 |
| Тип решающей программы | FFEPlus |
| Несовместимые параметры связи | Автоматические |
| Тип сетки | Сетка на твердом теле |
| Используемое разбиение: | Стандартная сетка |
| Автоматическое уплотнение сетки: | Вкл |
| Включить автоциклы сетки: | Вкл |
| Размер элемента | 21.0022 mm |
| Допуск | 1.05011 mm |
| Качество сетки | Высокая |
| Всего узлов | 38271 |
| Всего элементов | 18736 |

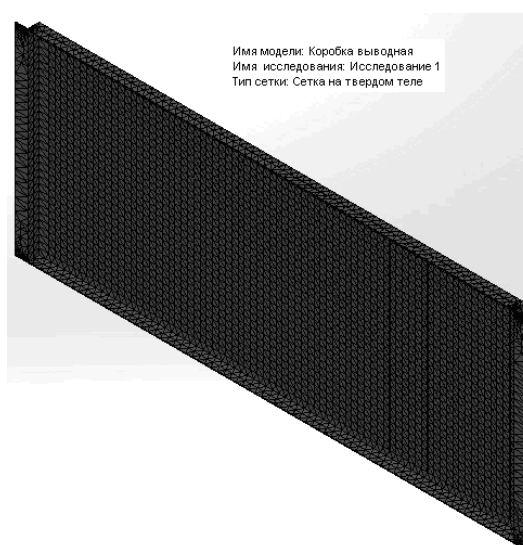


Рисунок 6.2 – Сетка конечных элементов стенки выводной коробки

На рисунках 6.3 – 6.6 представлены результаты исследования – характерные формы колебаний стенки выводной коробки.

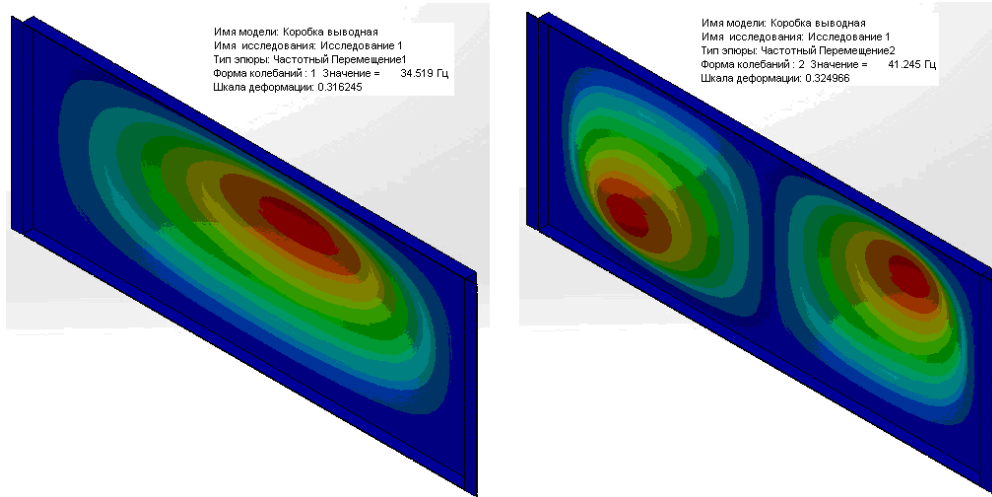


Рисунок 6.3 – Первая и вторая формы колебаний стенки выводной коробки

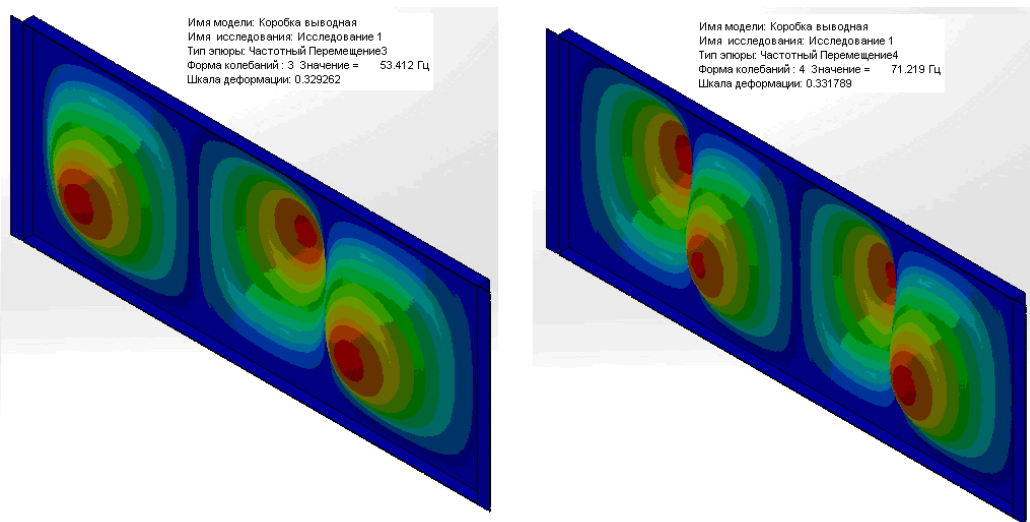


Рисунок 6.4 – Третья и четвертая формы колебаний стенки выводной коробки

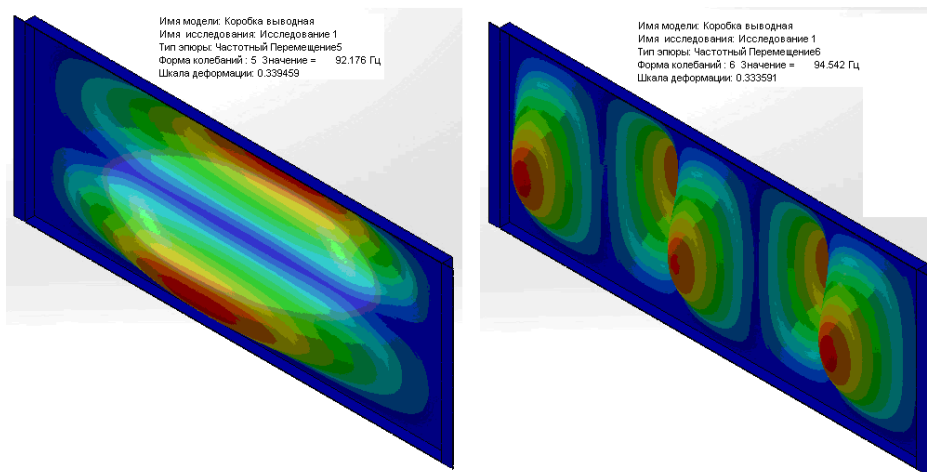


Рисунок 6.5 – Пятая и шестая формы колебаний стенки выводной коробки

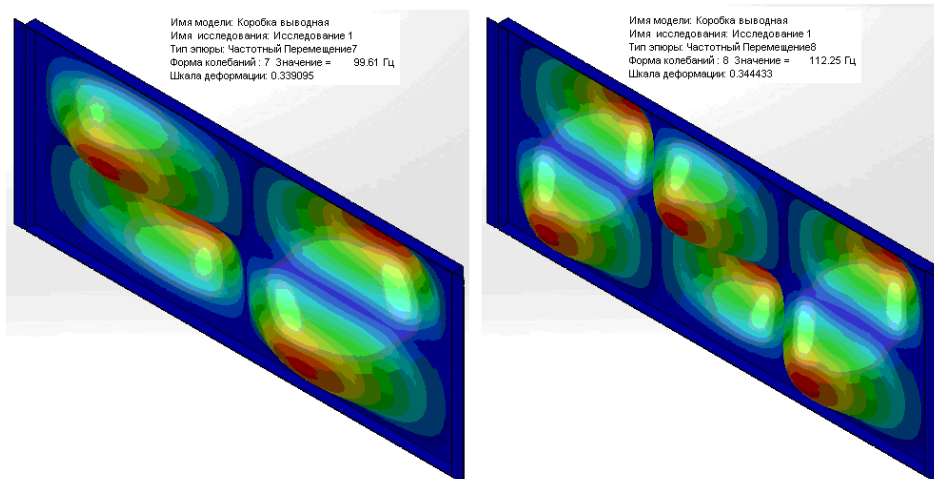


Рисунок 6.6 – Седьмая и восьмая формы колебаний стенки выводной коробки

В таблице 6.2 приведены ориентировочные значения частот первых 20 форм изгибных колебаний стенки выводной коробки.

Таблица 6.2 – Список частот исследованных режимов

| Номера частот | Герц | Номера частот | Герц |
|---------------|--------|---------------|--------|
| 1 | 34.519 | 11 | 153.96 |
| 2 | 41.245 | 12 | 157.1 |
| 3 | 53.412 | 13 | 179.44 |
| 4 | 71.219 | 14 | 183.09 |
| 5 | 92.176 | 15 | 187.65 |
| 6 | 94.542 | 16 | 196.15 |
| 7 | 99.61 | 17 | 201.34 |
| 8 | 112.25 | 18 | 217.67 |
| 9 | 123.2 | 19 | 220.76 |
| 10 | 130.33 | 20 | 240.37 |

На рисунке 6.7 указаны зоны и направления вероятного возникновения усталостных трещин в крышке выводной коробки. При изготовлении детали не из цельного листа, а из отдельных фрагментов, соединенных сваркой, целесообразно не проектировать сварные швы в отмеченных зонах.

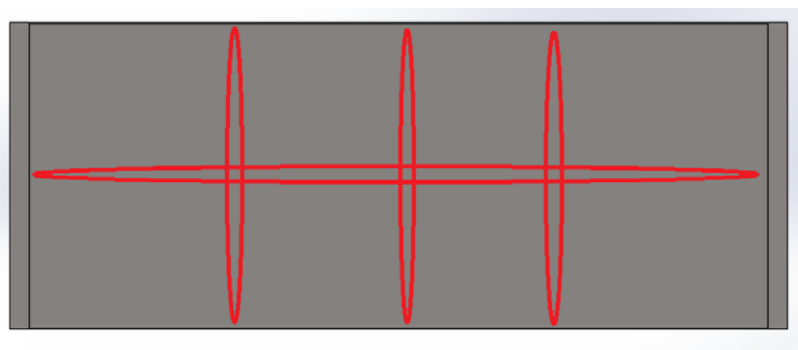


Рисунок 6.7 – Зоны возможного возникновения усталостных трещин в крышке выводной коробки

Выводы

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При работе агрегата возникают колебания крышки кронштейна на ряде резонансных частот. При колебаниях крышки кронштейна возможны:
 - значительные деформации направляющих, имеющих крепления с большим шагом болтов;
 - возникновение усталостных трещин в отдельных зонах панели;
 - усталостные трещины в углах верхней и нижней выборок панелей (в этом случае углы выборок могут явиться концентраторами напряжений).
2. Незначительное изменение конструкции крышки кронштейна путем приварки уголка 30×30 мм на нижней выборке и дополнительного крепления болтом М12 на верхней выборке крышки кронштейна позволяет устранить несколько опасных форм колебаний, вместо них появляются формы колебаний с относительно небольшими амплитудами.
3. При установке трех дополнительных болтов крепления направляющих, которые закреплены шестью болтами, низшие опасные формы колебаний отсутствуют, что уменьшит нагрузку на болты и вероятность возникновения усталостных разрушений направляющей.
4. При колебаниях передней стенки возникают резонансные изгибные колебания с частотами 181 Гц и 206 Гц, при которых могут возникнуть усталостные трещины в концентраторах – углах верхней и нижней выборок. Установка уголков 30×30 мм на верхней и нижней выборках опасные формы колебаний исчезают, вместо них появляются безопасные формы колебаний с относительно небольшими амплитудами.
5. Возможными провокаторами возникновения усталостных трещин в передней и задней верхних крышках могут быть концентраторы напряжений в углах люков.
6. При изготовлении крышки выводной коробки не из цельного листа, а из отдельных фрагментов, соединенных сваркой, целесообразно не проектировать сварные швы в зонах вероятного возникновения усталостных трещин.

Список использованной литературы

1. Вибрации в технике. Справочник в 6 томах. [Текст]: т. 3 / под ред. Ф.М. Дименберга и К.С. Колесникова. – М.: Машиностроение, 1980. – 544 с.
2. Руководство пользователя SolidWorks Premium 2013 [электронный ресурс].
3. Чигрин, В.С. Віброакустика і вібродіагностика авіаційних двигунів [Текст] / В.С. Чигрин, С.І. Суховій. Х.: Нац. аерокосміч. ун-т «ХАІ», 2010. – 286 с.