

УДК 62-752.8

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ДВУХКАСКАДНОГО АМОРТИЗИРУЮЩЕГО КРЕПЛЕНИЯ НА ВИБРОАКТИВНОСТЬ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОВЕНТИЛЯТОРОВ

Л.В. Поздеев, А.Г. Михайлов, В.А. Тимошенко

ОАО «НПЦ «Полюс», г. Томск

E-mail: poleva@sibmail.com

Показана эффективность модификации конструкции двухкаскадного амортизирующего крепления центробежного вентилятора для снижения уровней вибрации. С использованием пакета программ модального анализа ME'scoreVES получена конечно-элементная модель промежуточной рамы, адекватность которой подтверждена экспериментально. Предложена усовершенствованная конструкция промежуточной рамы.

### Ключевые слова:

Электровентилятор, вибрация, двухкаскадное амортизирующее крепление, модальный анализ.

### Key words:

The electrofan, vibration, two-cascade shock-absorbing mounting, the modal analysis.

Малая виброактивность становится сегодня основным показателем высокого качества и надёжности центробежных судовых электровентиляторов, что приводит к ужесточению предъявляемых к ним требований по допустимым уровням вибрации и шума. В связи с этим актуальной становится задача обеспечения заданных вибрационных характеристик электровентиляторов без снижения их производительности. Анализ эффективности принимаемых проектных мер и технических решений, направленных на снижение виброактивности центробежных электровентиляторов свидетельствует, что уровень неустранимой вибрации остаётся значительным [1]. Это приводит к необходимости принимать дополнительные меры по виброизоляции оборудования.

Наиболее эффективного снижения уровней вибрации позволяет добиться система двухкаскадной виброизоляции опорных связей (ОС).

Однако следует отметить, что промежуточный каскад амортизации вносит в такую конструкцию дополнительные резонансы, что приводит к увеличению уровней вибрации в диапазоне данных резонансных частот и делает промежуточную раму вентилятора наиболее критичным по виброактивности элементом.

Узкополосный анализ вибрационных характеристик вентилятора РСС2 показал превышение уровней вибрации на ОС относительно его лап в области собственных частот штатной промежуточной рамы, рис. 1. Наиболее отрицательное влияние на вибрацию оказывают резонансы рамы в диапазоне частот 20...100 Гц, включающем частоты основных возмущающих сил [2].

Применяемое в настоящее время двухкаскадное амортизирующее крепление состоит из двух стальных оснований с резинометаллическими амортизаторами типа АРМОО и связующей стальной пластины, рис. 2, а.

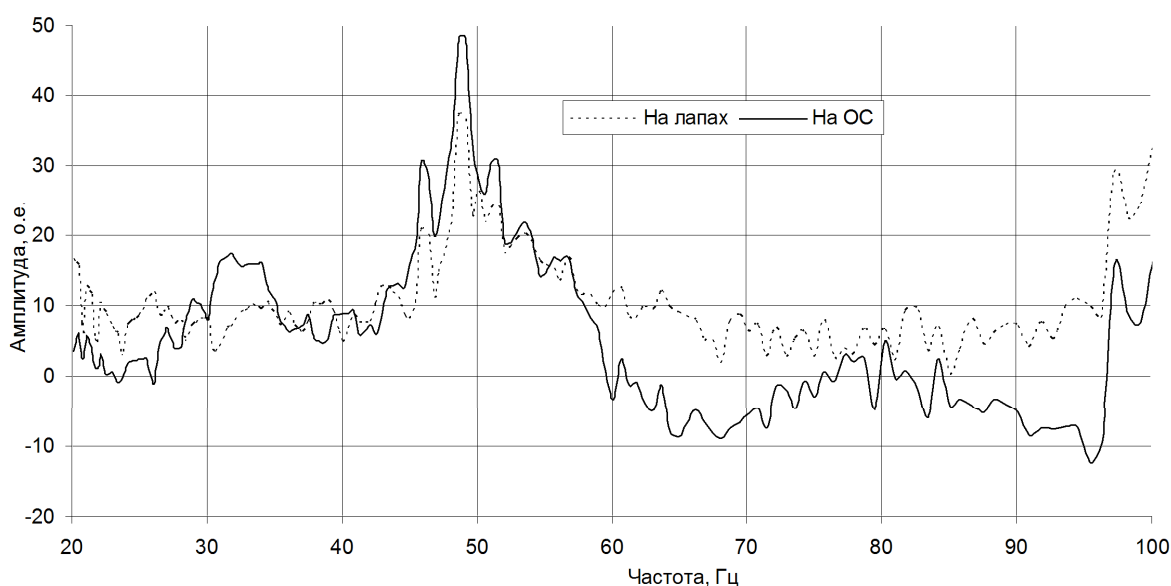
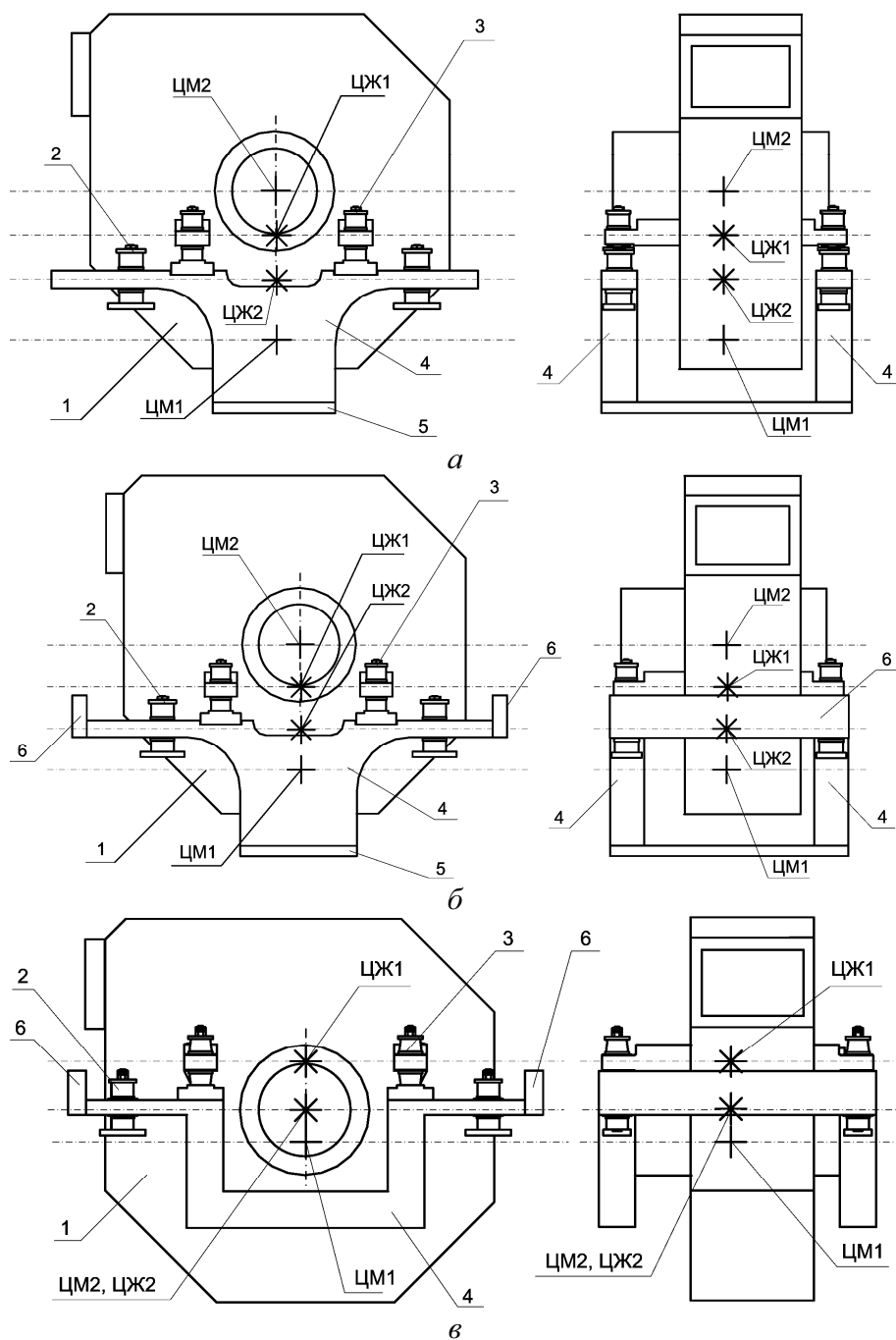


Рис. 1. Спектрограммы вибрации электровентилятора РСС2 с штатной промежуточной рамой



**Рис. 2.** Двухкаскадное амортизирующее крепление центробежного вентилятора: 1) вентилятор; 2,3) амортизаторы второго и первого каскадов; 4) основание промежуточной рамы; 5, б) нижняя и боковая связующие пластины. Конструкция: а) штатная; б) модифицированная; в) усовершенствованная. Центры масс: ЦМ1 – вентилятора; ЦМ2 – промежуточной рамы. Центры жесткости: ЦЖ1 – вентилятора; ЦЖ2 – промежуточной рамы

Недостатками данного амортизирующего устройства являются низкая жесткость промежуточной рамы и значительное несовпадение центров масс её и вентилятора с центрами жесткости обоих каскадов амортизации, что расширяет спектр частот свободных колебаний изделия.

Снизить уровень вибрации центробежных судовых электровентиляторов можно за счет рациональной модификации конструкции промежуточной рамы.

Для определения реальных динамических характеристик конструкции промежуточной рамы с целью последующей модификации проведён её экспериментальный модальный анализ (ЭМА) с использованием пакета программ ME<sup>scope</sup>VES компании Vibrant Technology, Inc (США) [3].

ЭМА осуществлялся на специализированном комплексе [4]. Испытание проводилось методом ударного возбуждения модальным молотком. Непосредственным результатом модальных испыта-

ний являются формы мод и связанные с ними резонансы и коэффициенты демпфирования.

Для оценки влияния конструктивных модификаций с помощью опционального компонента Advanced Modal Analysis пакета программ ME'scope-VES выполнено конечно-элементное моделирование промежуточной рамы и рассчитаны её моды.

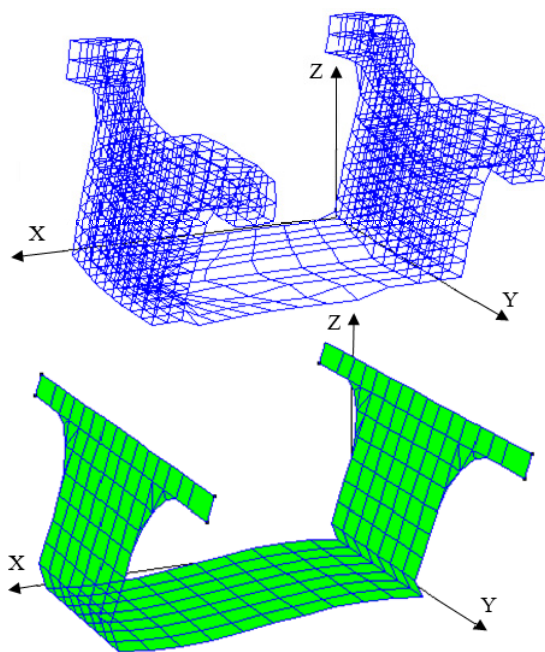
Адекватность конечно-элементной модели подтверждается сходством значений её  $f_p^m$  и экспериментальных  $f_p^э$  модальных частот (табл. 1), а также сходством форм мод при их анимированном сравнении, рис. 3.

**Таблица 1.** Результаты ЭМА и конечно-элементного анализа конструкции штатной промежуточной рамы

№ моды	$f_p^m$ , Гц	№ моды	$f_p^э$ , Гц
1	29,4	7	29,2
2	59,0	8	65,8
3	257,0	9	250,0
4	393,0	10	346,0
5	428,0	11	473,0
6	523,0	12	591,0
7	756,0	13	812,0

Из полученных в результате ЭМА данных видно, что конструкция штатной рамы имеет устойчивые моды с частотами 29,4 и 59 Гц, расположенные в диапазоне частот основных возмущающих сил (20...100 Гц). Кроме того, данные моды обладают низкими коэффициентами демпфирования, что указывает на высокую добротность резонансных пиков и приводит к увеличению уровней вибрации вентилятора.

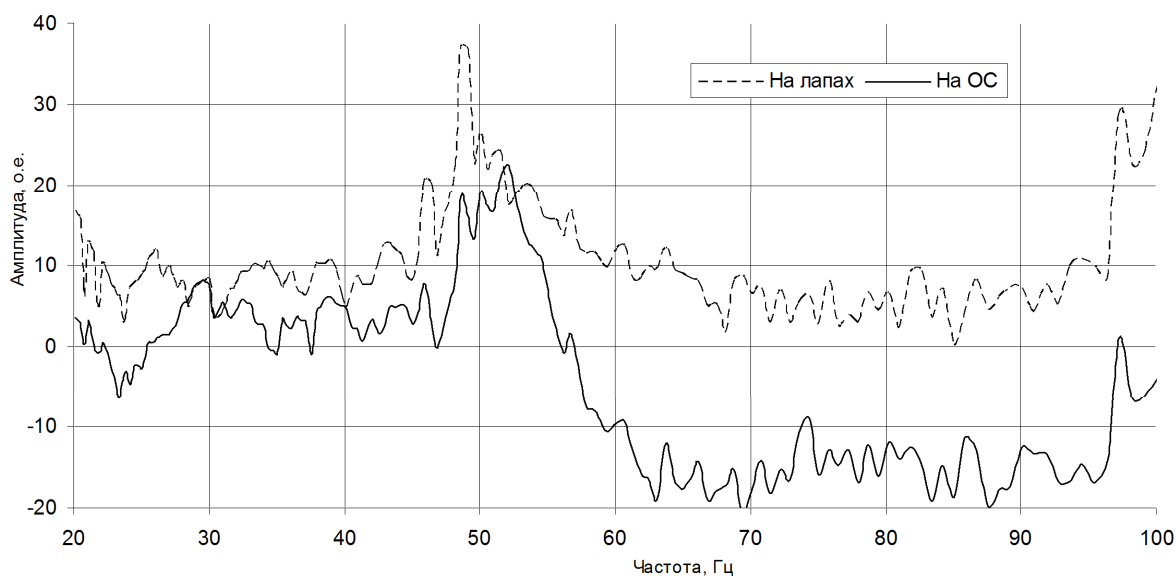
Для увеличения жесткости конструкции промежуточной рамы и обеспечения отсутствия собственных резонансов в диапазоне критичных частот предложена её промежуточная модификация путём добавления связующих пластин между основаниями рамы, рис. 2, б.



**Рис. 3.** Визуальное сравнение экспериментальной формы моды 2 (вверху) и формы моды 9 (внизу) конечно-элементной модели

Также предложено усовершенствовать конструкцию промежуточной рамы (рис. 2, в) перераспределением её массы таким образом, чтобы центр масс рамы был максимально приближен к центру масс вентилятора и совмещён с центром жесткости амортизаторов второго каскада. Таким образом, главные центральные оси инерции вентилятора совмещены с главными центральными осями жесткости амортизирующего крепления второго каскада, что повышает эффективность амортизации [5].

Результаты конечно-элементного анализа конструкций усовершенствованной промежуточной



**Рис. 4.** Спектрограммы вибрации электровентилятора РСС2 с усовершенствованной рамой

рамы и рамы с боковыми связующими пластинами между основаниями свидетельствуют об отсутствии собственных резонансов в диапазоне критических частот до 100 Гц.

С целью проверки корректности конечно-элементного анализа изготовлены конструкции модифицированных промежуточных рам и проведён их ЭМА.

Результаты ЭМА и конечно-элементного анализа (табл. 2) имеют хорошую сходимость, что подтверждает адекватность моделей рам.

**Таблица 2.** Результаты ЭМА и конечно-элементного анализа конструкций модифицированных (М) и усовершенствованных (У) промежуточных рам

$f_p^3$ , Гц		$f_p^m$ , Гц	
М	У	М	У
105	117	102	109
121	119	136	114
253	172	241	154
311	306	319	294
380	362	345	341
448	445	434	451
494	521	510	502

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушченко В.Н., Гейнц Э.Р., Братковский О.А., Цехмистрюк Г.С., Подлевский Н.И., Плотников В.Н. Корабельное малозумное электрооборудование систем вентиляции и кондиционирования нового поколения // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. тр. / под ред. В.Н. Глушченко. – Новосибирск: Наука, 2007. – С. 150–162.
2. Тимошенко В.А., Лоскутникова К.А., Михайлов А.Г., Ануфриев В.В. Снижение вибрации центробежных судовых электровентиляторов // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов. – Томск: ОАО «НПЦ "Полус"», 2008. – С. 72–74.

Узкополосный анализ вибрационных характеристик электровентилятора с новыми рамами (рис. 4) показал существенное снижение уровней вибрации на ОС в диапазоне критических частот.

Резонансы рамы со связующими пластинами между основаниями характеризуются большими коэффициентами демпфирования по сравнению с усовершенствованной, что при схожих значениях резонансных частот является существенным преимуществом.

#### Выводы

1. С использованием пакета программ модального анализа ME'scopeVES создана конечно-элементная модель промежуточной рамы двухкаскадного амортизирующего крепления центробежного вентилятора, позволяющая оценить влияние ее конструктивных модификаций на снижение уровней вибрации.
2. Предложена усовершенствованная конструкция крепления вентиляторов, в которой уровни их вибрации в диапазоне частот 20...100 Гц понижены на 10...15 дБ.

3. ME'scopeVES 4.0. Operating Manual. Volume I – TUTORIAL // Vibrant technology, Inc. – 2003. – 210 p. 2010. URL: <http://www.vibetech.com/assets/mescope/MEscopeVESVolI.pdf> (дата обращения: 20.10.2010).
4. Поздеев Л.В., Плотников А.В., Юрченко О.А. Автоматизированный комплекс экспериментальной отработки конструкций электромеханических систем // Матер. научно-техн. конф. молодых специалистов ОАО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М.Ф. Решетнёва». – Железногорск, 2008. – С. 66–67.

Поступила 16.11.2010 г.