

# ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ УСТАНОВКИ КОМПРЕССОРА КОНДИЦИОНЕРА САМОХОДНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ

**А. В. Воронин**

*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,  
Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

В конструкции сельскохозяйственных машин присутствует большое количество элементов, обеспечивающих вспомогательные функции, но не выполняющих основные функции машины. Одним из таких элементов является компрессор кондиционера.

Компрессор кондиционера – устройство, предназначенное для сжатия фреона и обеспечения его циркуляции по рабочему контуру кондиционера. Компрессор представляет собой сосредоточенную массу, крепление которой осуществляется, как правило, консольно и закрепляется на условно неподвижной раме при помощи податливых элементов крепления. В связи с этим конструкция превращается в коле-

бательную систему, легко входящую в резонанс при наличии в непосредственной близости возбуждающего источника вынужденных колебаний.

Поэтому для обеспечения работоспособности конструкции крепления компрессора кондиционера основной проблемой является не обеспечение прочности элементов крепления, а обеспечение гарантированной отстройки собственных частот системы от частоты внешних гармонических возмущений. Для этого проводится исследование собственных частотных свойств конструкции и оценка возможного возникновения резонансного явления путем сравнения собственных частот с частотами внешних гармонических возмущений.

Для исследования собственных механических колебаний частотных свойств конструкции (модальный анализ) строим расчетную модель установки компрессора кондиционера, показанную на рис. 1.

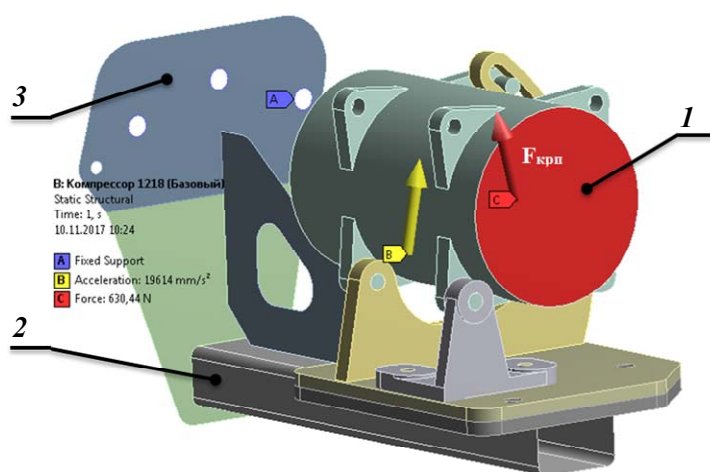


Рис. 1. Расчетная схема конструкции кронштейна крепления компрессора кондиционера:

1 – корпус компрессора; 2 – труба кронштейна крепления;  
3 – пластина кронштейна

По результатам предварительного анализа конструкции сделан вывод о том, что его напряженно-деформированное состояние, вызванное статическим нагружением, влияет на собственные частоты. Такое влияние является принципиально важным для объектов, представляющих тонкостенную конструкцию и закрепленных консольно. Поэтому анализ конструкции на собственные частоты был проведен с учетом статического нагружения силой натяжения ременной передачи.

Для расчета принято нагружение собственным весом конструкции с учетом коэффициента динамики в вертикальной плоскости  $K_d = 2$ . Нагрузка на шкив компрессора кондиционера от механизма натяжения клиноременной передачи  $F_{крп} = 630,44$  Н.

В принятой расчетной схеме наложены следующие граничные условия и связи. Принято, что конструкция кронштейна крепления компрессора кондиционера крепится на условно не подвижной раме, поэтому для пластины 3 (рис. 1) по граням отверстий под болтовые соединения запрещены все повороты и перемещения. Для расчета статической прочности и модального анализа конструкции принят материал конструкционная сталь со следующими характеристиками: коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ , модуль Юнга  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па.

Процент «отстройки» от резонансной частоты ( $P$ ) и динамический коэффициент усиления внешнего воздействия при приближении к зоне резонанса ( $k_d$ ) можно рассчитать по формулам (1) и (2), приведенным в специальной технической литературе [1], [2]:

$$P = \left(1 - \frac{\varphi}{\omega}\right) 100 \% ; \quad (1)$$

$$k_d = \frac{1}{1 - \frac{\varphi^2}{\omega^2}}, \quad (2)$$

где  $\omega$  – собственная частота, Гц;  $\varphi$  – частота возбуждающей силы (вынужденные колебания), Гц.

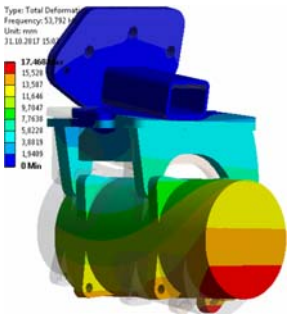
Для оценки возможного возникновения резонансного явления проводим сравнение собственных частот с частотами внешних гармонических возмущений: частота при максимальных оборотах двигателя  $\nu_{\max д} = 33,3$  Гц (2000 об/мин); частота компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя  $\nu_{\max к} = 68$  Гц (4080 об/мин).

Из результатов предварительного расчета исходной конструкции выявлено, что опасной с точки зрения возможного возникновения резонанса является 1-я форма собственных колебаний, так как отстройка от частоты максимальных оборотов двигателя составила менее 5 %, при минимально допустимой в 20 % [3].

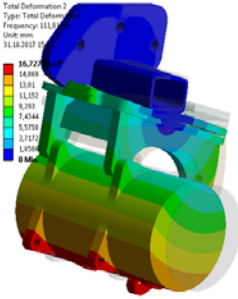
Собственная частота зависит от жесткости системы и ее массы. При условно неизменной массе (конструкцию компрессора менять нежелательно) для изменения частоты необходимо изменить жесткость его подвески на раме. Для этого предложено уменьшить расстояния от трубы кронштейна до болтовых соединений, тем самым существенно увеличив жесткость конструкции крепления компрессора.

Результаты расчета измененной конструкции кронштейна крепления кондиционера представлены в таблице. Материалы и граничные условия аналогичны исходной конструкции.

### Формы собственных колебаний и результаты расчета измененной конструкции установки компрессора кондиционера

Собственные формы колебаний	Вынужденная частота колебаний, Гц	Отстройка, %	Динамический коэффициент
 <p>1-я форма собственных колебаний (53,79 Гц)</p>	От максимальных оборотов двигателя		
	33,3	38	1,62
	От рабочей частоты компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя		
	68	26	1,67

Окончание

Собственные формы колебаний	Вынужденная частота колебаний, Гц	Отстройка, %	Динамический коэффициент
 <p data-bbox="236 722 790 750">2-я форма собственных колебаний (111,01 Гц)</p>	От максимальных оборотов двигателя		
	33,3	70	1,09
	От рабочей частоты компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя		
	68	38,7	1,6

Из таблицы видно, что минимальная отстройка от рабочей частоты компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя составляет 26 %, что удовлетворяет условиям виброустойчивости.

**Заключение.** Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Для обеспечения работоспособности систем, представляющих собой колебательную систему, легко входящую в резонанс, определяющим, как правило, является не условие прочности, а условие необходимой отстройки собственной частоты от внешних возбуждающих воздействий.

2. При расчете собственных частотных свойств необходимо учитывать эффект предварительного нагружения конструкции, так как напряженно-деформированное состояние конструкции, вызванное статическими нагрузками, влияет на собственные частоты.

3. Так как в большинстве случаев исследуемый объект является готовым покупным изделием, изменение его конфигурации и свойств является невозможным. Для обеспечения отстройки от резонанса таких колебательных систем необходимо изменять конструкцию крепления исследуемого объекта на раме.

#### Литература

1. Штейнвольф, Л. И. Динамические расчеты машин и механизмов / Л. И. Штейнвольф. – М. : Машгиз, 1961. – 426 с.
2. Дарков, А. В. Сопrotивление материалов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – М. : Высш. шк., 1969. – 734 с.
3. Колебания силового агрегата автомобиля / В. Е. Тольский [и др.] ; под общ. ред. В. Е. Тольского. – М. : Машиностроение, 1976. – 266 с.