

УДК 656.2.02

А. Н. ДУБКО

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

ДИНАМИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ВРАЩАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПО ОТМЕТКАМ ПАРАМЕТРОВ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Балансировка машин на собственных опорах по отметкам перемещений вибрирующих опор может привести к искажениям исходного материала для решения задачи о балансировке ротора в случае установки машины вблизи посторонних источников вибрации.

Для выделения именно её колебаний из общего фона можно предложить способ, основанный на замере параметров перемещений неуравновешенного вращающегося ротора относительно его опор.

Балансировка роторов на собственных опорах производится на основании замеров амплитуд перемещений их опор во время вращения роторов и затем – при пусках машины с пробными балансировочными грузами. Специальные аппараты позволяют произвести расчёты, в результате которых определяется величина и место постановки балансирующего груза. Если балансировка производится постановкой таких грузов в двух корректирующих плоскостях для уравнивания момента сил инерции неуравновешенных масс ротора, то схема расчёта несколько усложняется, но исходная методика балансировки не претерпевает изменений.

Исходные данные для расчётов при решении сформулированной задачи могут оказаться искажёнными в случае наличия вблизи балансируемого агрегата посторонних для него источников вибрации фундамента помещения, в котором он установлен. Опоры его вибрируют не только из-за наличия неуравновешенности собственного ротора, но и в результате наводок колебаний со стороны соседних агрегатов. В процессе разработки описываемого метода балансировки производились замеры амплитуд колебаний опор турбовоздуходувки в цехе разделения воздуха на химическом предприятии. В этом цехе одновременно работали около десяти подобных воздуходувок и несколько поршневых компрессоров. Все вместе они вызвали настолько интенсивную вибрацию фундамента цеха, что замер амплитуд опор остановленной одной из воздуходувок показал их колебательное движение с величинами амплитуд, близкими к предельно допускаемым на работающем агрегате. Ясно, что выполнение балансировочных расчётов на основании ложной информации неизбежно должно привести к ошибочным результатам, суще-

ственно снижающим качество уравновешенности ротора. Именно это обстоятельство наблюдалось в реальных условиях и явилось поводом для разработки описываемого метода.

Основная сущность его заключается в измерениях не амплитуд колебаний опор вращающегося неуравновешенного ротора, а микроперемещений его шеек относительно опор. Их величины практически не зависят от влияния посторонних источников вибрации на балансируемый агрегат, и потому результаты таких измерений можно рассматривать как истинные. Тем более, что при решении задачи о балансировке использовались не их модули, а значения углов, определяющих положения радиусов-векторов точек шейки изогнутого вала ротора, наиболее удалённых от оси вращения. А эти углы для каждого ротора зависят от его параметров и угловой скорости вращения и имеют весьма устойчивые значения, слабо реагируя на посторонние влияния. Сам ротор предполагается жёстким. Математическая сторона рассматриваемой задачи может быть пояснена с помощью следующих рассуждений и рисунка 1.

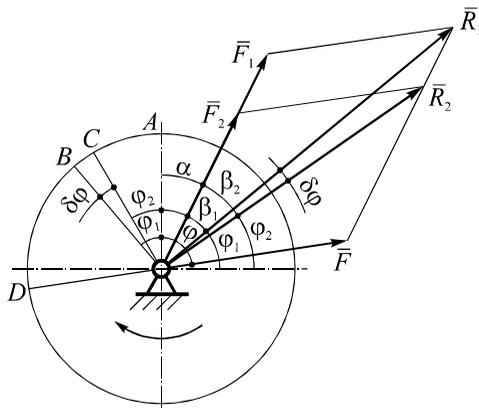


Рисунок 1 – Схема сил инерции неуравновешенных масс вращающегося ротора и соответствующих «бьющих» образующих

Основным предметом измерений является угловая координата образующей шейки ротора у его опоры. В дальнейшем она будет называться для краткости «бьющей» образующей. Предположим, что её положение определено каким-то способом и на рисунке 1 след её обозначен буквой A. Тогда искомым является угол φ , образованный соответственным радиусом шейки ротора и линией действия нормальной силы инерции неуравновешенной части его массы. Учитывая направление вращения ротора, можно утверждать, что балансирующий груз должен быть установлен в точке D. Её угловая координата также определяется углом φ . Определим его величину.

Для этого в ходе балансировочного эксперимента надо установить на торце ротора у той же шейки первый пробный груз массой m_1 на расстоянии r от оси. Тогда при разгоне ротора до эксплуатационных оборотов появится ещё одна нормальная сила инерции, вызванная неуравновешенностью этой массы, обозначаемая буквой F_1 . Сила R_1 , являющаяся равнодействующей сил F и F_1 , вызывает перемещение «бьющей» образующей в положение B .

И наконец, надо убрать первый пробный груз и на его место установить новый груз массой m_2 . Причём, в рассматриваемом примере $m_1 > m_2$. В результате появится равнодействующая сила R_2 , вызванная новой неуравновешенностью ротора и пробного груза. Соответствующая ей «бьющая» образующая обозначена буквой C . Балансировочный эксперимент закончен. Рассмотрим с помощью рисунка 1 его результаты и используем их в последующих расчётах.

Из теории поперечных колебаний вращающихся тел известно, что отставание фазы отклонения от фазы неуравновешенной силы при одной и той же скорости вращения одинаково при любой неуравновешенности. На схеме сил и характерных образующих они обозначены буквами φ_1 и φ_2 . Используем теорему синусов в применении к треугольникам, образованным векторами сил:

$$\frac{F_1}{\sin \varphi_1} = \frac{F}{\sin \beta_1} \quad \text{и} \quad \frac{F_2}{\sin \varphi_2} = \frac{F}{\sin \beta_2}. \quad (1)$$

Разделим эти соотношения почленно:

$$\frac{F_1 \sin \varphi_2}{F_2 \sin \varphi_1} = \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1}.$$

Используем выражения:

$$F_1 = m_1 \cdot r \cdot \omega^2; \quad F_2 = m_2 \cdot r \cdot \omega^2 \quad \text{и} \quad \beta_2 = \beta_1 + \delta\varphi.$$

Получаем:

$$\frac{m_1 \sin \varphi_2}{m_2 \sin \varphi_1} = \frac{\sin \beta_1 \cos \delta\varphi + \cos \beta_1 \sin \delta\varphi}{\sin \beta_1}.$$

Углы φ_1 , φ_2 и $\delta\varphi$ определяются непосредственно из схемы расположения измеренных углов. Подставив их значения в последнюю формулу, вычисляем значение угла β_1 . Через величины всех измеренных и рассчитанных углов выразим угол φ :

$$\varphi = \alpha + \varphi_1 + \beta_1.$$

Положение образующей для постановки уравновешивающего груза определено. Рассчитаем его статический момент S , используя первое из соотношений системы (1):

$$\frac{m_1 r \omega^2}{\sin \varphi_1} = \frac{S \omega^2}{\sin \beta_1} \quad \text{и} \quad S = m_1 r \frac{\sin \beta_1}{\sin \varphi_1}.$$

Задача об определении величины и положения уравнивающего груза решена.

В статье описан вариант балансировки ротора в одной плоскости. Как известно, в этом случае можно устранить только главный вектор неуравновешенных сил инерции. Более глубокая балансировка должна производиться в двух плоскостях и обеспечивать уравнивание ещё и главного момента тех же сил. Для этого случая также разработан алгоритм решения балансирующей задачи. Но здесь он не приводится, так как главной целью настоящей статьи является только информация о новой возможности организации процесса балансировки на собственных опорах вращающихся деталей машин.

Получено 12.11.2006

**ISBN 978-985-468-276-1. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 1. Гомель, 2007**

УДК 656.226

О. С. КОЛОМНИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

МЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕПЛЕНИЯ ШТУЧНЫХ И ТАРНО-УПАКОВОЧНЫХ ГРУЗОВ В КУЗОВЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Выполнен анализ патентов, содержащих методы крепления грузов на транспортном средстве, которые допускают их перемещение относительно кузова. Предложена классификация используемых методов крепления. Выделена группа способов, при которых применяются дополнительные механические приспособления. Также рассмотрены конструкции, обеспечивающие снижение ударных ускорений и их воздействия на перевозимый груз за счет деформации упаковки. Описаны принципы действия систем, позволяющих снизить горизонтальные и вертикальные динамические нагрузки, которые действуют на перевозимые грузы.

Надежность крепления грузов на автомобильном и железнодорожном транспорте является весьма важным фактором с точки зрения обеспечения безопасности движения. На сети железных дорог действуют утвержденные Министерством путей сообщения «Технические условия погрузки и крепления грузов» [1]. Несколько лет назад появились нормативные документы, регламентирующие крепление грузов на автомобильном транспорте. На