

**В.Н. Зюзь, канд. техн. наук**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

## НОВОЕ В МЕТОДИКЕ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ

При балансировке роторов стараются добиться равномерного расположения пробных грузов по его окружности. Если по конструктивным, технологическим или иным соображениям этого добиться невозможно, то применяют методы с несимметричным размещением пробных грузов, например, под углом  $90^\circ$  между ними.

До настоящего времени мало внимания уделялось выбору места расположения пробных грузов при динамической балансировке роторов. В литературных источниках место установки пробного груза ничем не регламентируется и рекомендуется выбирать его произвольно [1, 2]. Однако последние исследования показали, что место установки пробного груза существенно влияет на погрешность балансировки [3, 4]. В результате не учета этого фактора после первого цикла балансировки может оставаться значительный остаточный дисбаланс ротора.

Для его устранения проводят повторные циклы добалансировок для снижения остаточного дисбаланса до допустимого уровня. Количество таких добалансировочных циклов будет сокращаться с повышением их точности.

Таким образом, место установки пробных грузов в плоскостях коррекции по отношению к расположению приведенной неуравновешенной массы балансируемого объекта – один из источников погрешностей в применяемых методах балансировки. Существенным является то, что в первом добалансировочном цикле эти погрешности невозможно как-то уменьшить или компенсировать, потому что до проведения первого цикла балансировки не представляется возможным установить место расположения приведенной неуравновешенной массы ротора, а значит и определить рациональное место установки пробного груза по отношению к ней.

В данной работе предпринята попытка практического выявления и оценки погрешностей балансировки, обусловленных местом установки пробного груза по отношению к неуравновешенной массе ротора с целью разработки методов снижения этих погрешностей в последующих циклах добалансировок, что приведет к уменьшению количества добалансировочных циклов и к сокращению времени балансировки.

Как наиболее точный, за базовый (эталонный) был принят метод амплитуд [5]. Для определения значения и угла начального дисбаланса в плоскости коррекции по этому методу поочередно измеряют амплитуды колебаний одной опоры при вращении ротора с различно расположенными пробными грузами.

Схема измерений представлена на рисунке 1, а. Окружность ротора в плоскости коррекции была разделена на 12 равных частей. В точке 1 прикрепляли пробный груз массой  $m_n = 21,2$  г и при постоянной частоте вращения ротора  $n = 1500$  об/мин переносным универсальным виброметром ВПУ-1 измеряли амплитуду ко-

лебаний ближайшей к роторному колесу опоры. Переставляя пробный груз на том же радиусе на  $30^\circ$ , повторяли измерения при различных положениях пробного груза, пока не обошли все 12 точек на окружности ротора.

По верхней точке построенного в масштабе графика (в координатах: амплитуда колебаний опоры – место установки пробного груза) определяли радиус, на котором расположено тяжелое место (на рисунке оно обозначено “НМ” – неуравновешенное место). Угол начального дисбаланса относительно 1-й точки, нанесенной на роторе,  $\varphi = 21,5^\circ$ . Диаметрально противоположная неуравновешенному месту часть радиуса указывает легкое место:  $\varphi_l = -158,5^\circ$  против часовой стрелки от т. 1.

Величину уравнивающей массы определяли по абсциссе точки пересечения двух прямых, построенных в координатах амплитуд колебаний опоры – массы пробного груза по методике [5]. Для этого различные по массе пробные грузы поочередно устанавливали в легкое место колеса ротора и для каждого из них находили амплитуду колебаний при установившейся частоте вращения ротора. Определенная таким образом уравнивающая масса  $m_y = 28,0$  г.

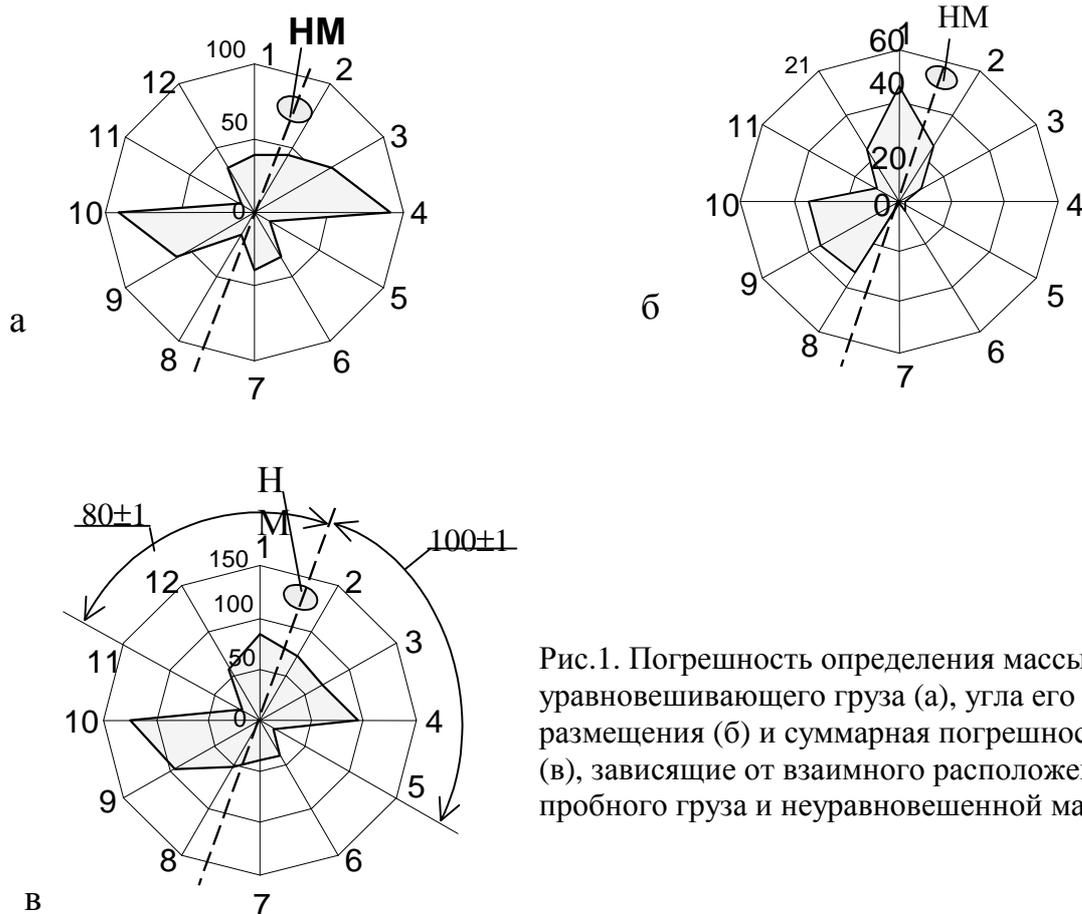


Рис.1. Погрешность определения массы уравнивающего груза (а), угла его размещения (б) и суммарная погрешность (в), зависящие от взаимного расположения пробного груза и неуравновешенной массы

Масса уравнивающего груза и угол его установки  $\varphi_{лз} = -158,5^\circ$  (в легком месте колеса) были приняты за эталонные. Погрешности других методов балансировки оценивали по отклонению их показателей (в процентном отношении) от эта-

лонных.

Для выявления погрешностей, возникающих при балансировке по методу трех пусков и зависящих от места установки пробного груза, были использованы измерения амплитуд вибраций всех 12-ти точек по эталонному методу. Для каждой точки по методу трех пусков при расположении пробных грузов через  $90^\circ$  вычисляли величину уравнивающей массы и место ее установки. Первая группа погрешностей связана с неточностью определения величины уравнивающей массы. Эту погрешность для каждой точки вычисляли по модулю отношения разности величины уравнивающей массы, определенной методом трех пусков и по эталонной, к эталонной уравнивающей массе, определенной методом амплитуд:

$$\delta_{my} = |(m_{yi} - m_{yэ}) / m_{yэ}| \cdot 100\% .$$

Анализ построенного в полярных координатах графика показал, что он имеет вид двухлучевой фигуры (рисунок, а).

Наибольшие погрешности наблюдаются в направлении 4 и 10-й точек (по 91,1%) при размещении неуравновешенной массы между 1 и 2-й точками, наименьшие 5, 8 и 11-й точек (12, 17,5 и 10% соответственно).

Вторая группа погрешностей связана с неточностью определения места размещения уравнивающей массы. Если место размещения уравнивающей массы противоположно расположению неуравновешенной массы ( $\varphi_{лэ} = -158,5^\circ$  против часовой стрелки от точки 1), то ее равнодействующая с неуравновешенной массой ротора равна нулю (в предположении, что их массы и радиусы установки равны).

Если же угол установки уравнивающей массы не совпадает с легким местом ротора, то возникает новая неуравновешенная масса, определяемая как равнодействующая двух этих одинаковых масс. Отношение этой равнодействующей к единичному вектору (в процентах) и определило погрешность установки угла уравнивающего груза.

Наименьшие погрешности наблюдались при установке пробного груза в 4 – 7 и 11 точках (2,6; 3; 4,4; 0,9 и 10% соответственно), а наибольшие – в районе размещения неуравновешенной массы в 1-й точке (45,8%) и в 8, 9 и 10-й точках (33,9%) (рисунок, б).

Суммарная погрешность, возникающая от неточности определения уравнивающей массы и угла ее установки на роторе, представлена на рисунке, в. Диаграмма в полярных координатах имеет вид двухлучевой фигуры, напоминающей диаграмму на рисунке, а. Максимальные значения суммарной погрешности балансировки достигают 84, 70,5, 69,6 и 93,7% соответственно в точках 1-4, 93,9 и 125% в 9 и 10-й точках, минимальные – 15 и 20% в точках 5 и 11, отстоящих от тяжелого места на угол  $100 \pm 10^\circ$  по часовой стрелке и  $80 \pm 10^\circ$  против часовой стрелки.

Таким образом, для максимального уменьшения погрешностей балансировки

при втором и последующих циклах добалансировок пробные грузы необходимо устанавливать под углом  $80 \pm 10^\circ$  против часовой стрелки или  $100 \pm 10^\circ$  по ходу часовой стрелки от тяжелого места. Это позволит на 78-100% снизить погрешность балансировки, возникающей из-за неправильного определения веса и выбора места установки пробного груза, и сократит количество балансировочных циклов ротора.

### Список литературы

1. Левит М.Е., Рыженков В.М. Балансировка деталей и узлов.– М.: Машиностроение, 1986. – 248 с.
2. Справочник по балансировке /Под общ. ред. М.Е. Левита.– М.: Машиностроение, 1992.– 464 с.
3. Зюзь В.Н., Якубович Л.А., Мамонтов О.В. Сокращение циклов балансировки по методу двух пусков //Науковий вісник НГА України.– 2000.– № 5.– С. 46-48.
4. Зюзь В.Н. Сокращение циклов балансировки по методу трех пусков (через  $120^\circ$ ) //Науковий вісник НГУ.– 2003.– № 1.– С. 53-54.
5. Основы балансировочной техники /Под ред. В.А. Щепетильникова.– М.: Машиностроение, 1975.– Т. 1.– 527 с.