

**В.А. Сидоров /к.т.н./, А.Л. Сотников**

*Донецкий национальный технический университет (Донецк, Украина)*

**С.А. Цыба**

*ЗАО "Донецксталь" – металлургический завод" (Донецк, Украина)*

## БАЛАНСИРОВКА РОТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 3. МЕТОД АМПЛИТУД И ФАЗ

**Теоретические основы метода.** В основе данного метода уравнивания роторов лежит применение метода одновременного измерения амплитуд и фаз. Поскольку в дальнейшем используется векторное обозначение вибраций и векторное решение уравнений, на рисунке 1 приведены некоторые основные правила векторной алгебры [1].

Для того чтобы из вектора  $\vec{A}$  вычесть вектор  $\vec{B}$ , необходимо, оба вектора построить из одной точки, тогда, вектор, проведенный из конца вычитаемого вектора  $\vec{B}$  к концу уменьшаемого вектора  $\vec{A}$ , и будет искомым вектором  $\vec{D}$ . Противоположным вектору  $\vec{A}$  называется, равный ему по величине, но противоположно направленный вектор  $(-\vec{A})$ .

Геометрической суммой векторов  $\vec{A}$  и  $\vec{B}$  есть вектор  $\vec{C}$ , построенный следующим образом. Из произвольной точки, строится вектор геометрически равный вектору  $\vec{A}$ , из конца вектора  $\vec{A}$  строится вектор геометрически равный вектору  $\vec{B}$ . Замыкающая треугольник линия – искомым вектор  $\vec{C}$ .

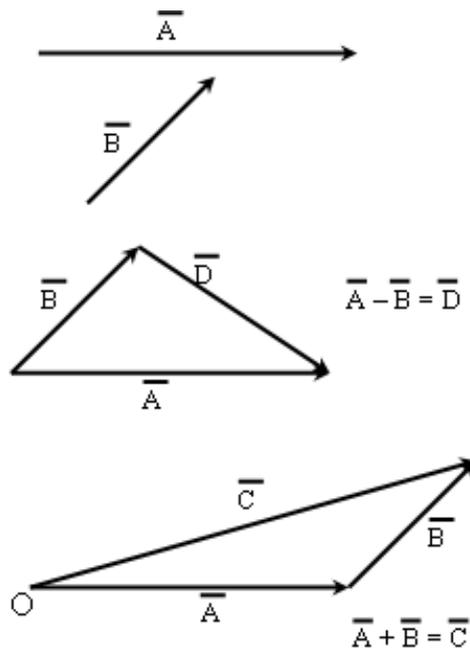


Рисунок 1 – Вычитание и сложение векторов

Произведением двух векторов является вектор, длина которого равна произведению длин, а угол алгебраической сумме углов векторов. Частным двух векторов является вектор, длина которого равна частному от деления длины делимого вектора на длину делителя. Возможно деление только коллинеарных векторов.

### 3.1. БАЛАНСИРОВКА В ОДНОЙ ПЛОСКОСТИ

Для устранения статического дисбаланса ротора требуется коррекция массы в одной радиальной плоскости. Дисбаланс можно определить при измерении колебаний, возникающих на одной опоре. В этом случае неуравновешенная масса, пробный и компенсационный грузы размещаются в одной плоскости. Типичные роторы, для которых достаточна статическая балансировка в динамическом режиме: шлифовальные круги, дисковые маховики, зубчатые колёса, фрезы, узкие вентиляторы.

Схема, поясняющая принцип балансировки в одной плоскости, методом амплитуд и фаз вибрации, показана на рисунке 2. Неуравновешенная масса  $m_n$  во время вращения ротора создаёт центробежную силу  $F_0$ , вызывающую колебание корпуса подшипника, размах которого пропорционален величине силы  $F_0$ . Вектор этой вибрации  $\vec{A}_0$ , значение определяется по показаниям виброизмерительного прибора. Колебание корпуса подшипника происходит с некоторым запаздыванием, сдвигом фазы, определяемым углом  $\varphi$ , зависящим от частот вынужденного и свободного колебаний механической системы. Следовательно, при постоянной угловой скорости ротора  $\omega$  значение угла  $\varphi$  не меняется [2].

Для определения величины и места нахождения неуравновешенной массы необходимо сравнить влияние на вибрацию опоры центробежной силы  $F_0$  с влиянием центробежной силы  $F_1$ , вызванной установкой пробного груза  $m_{пр}$ , местоположение и масса, которого известны. Вектор вибрации  $\vec{A}'_1$ , вызванный действием центробежной силы  $F_1$ , непосредственным измерением определить нельзя. Прикрепив пробный груз, можно с помощью виброизмерительного прибора

Для получения доступа к полному тексту данной публикации необходимо обратиться к авторам по эл. почте: **m-lab@ukr.net**

или воспользоваться Интернет-сервисом **elibrary.ru**

устанавливают пару кососимметричных пробных грузов  $2P_{KC}$ , с которыми проводят пробный пуск и получают новые векторы вибраций опор  $\bar{A}_{03}$  и  $\bar{B}_{03}$ .

Векторы амплитуд вибрации опор  $\bar{A}_{02}$  и  $\bar{B}_{02}$ , а также  $\bar{A}_{03}$  и  $\bar{B}_{03}$  при компенсации динамической неуравновешенности, должны быть противофазны, вследствие чего уравнивающие грузы для компенсации динамических дисбалансов подсчитывают без предварительного разложения векторов на симметричные и кососимметричные составляющие:

$$\bar{Q}_{KC} = -\frac{\bar{A}_{02}}{\bar{A}_{03} - \bar{A}_{02}} \bar{P}_{KC} = \frac{\bar{B}_{02}}{\bar{B}_{03} - \bar{B}_{02}} \bar{P}_{KC}.$$

Если  $\bar{A}_{02} \neq \bar{B}_{02}$  и  $\bar{A}_{03} \neq \bar{B}_{03}$ , то берут их средние значения (по величине и углу). В этом случае, если после разложения векторов начальных вибраций  $\bar{A}_0$  и  $\bar{B}_0$ , преобладающими является кососимметричные составляющие, тогда на роторе сразу устанавливают пару кососимметричных грузов. При этом, после пуска с грузами  $2P_{KC}$ , определяется балансировочная чувствительность ротора к кососимметричным грузам:

$$a_{KC} = \frac{\bar{A}_1^{KC}}{\bar{P}_{KC}},$$

где  $\bar{A}_1^{KC} = \bar{A}_{01}^{KC} - \bar{A}_0^{KC}$  и  $\bar{B}_1^{KC} = -\bar{A}_1^{KC} = \bar{B}_{01}^{KC} - \bar{B}_0^{KC}$  – искомая пара уравнивающих кососимметричных грузов:

$$\bar{Q}_{KC} = -\frac{\bar{A}_0^{KC}}{a_{KC}} = -\frac{\bar{A}_0 - \bar{B}_0}{\bar{A}_1 - \bar{B}_1} \bar{P}_{KC}.$$

При уравнивании изложенным выше способом важно, чтобы устанавливаемая система грузов (пробных и уравнивающих) давала строго симметричные или строго кососимметричные реакции, т.е. грузы должны находиться в одной плоскости ротора.

1. *Основы балансировочной техники.* Том 1,2. Под ред. В.А. Щепетильникова. – М.: Машиностроение, 1975.
2. *Справочник по балансировке* / Под общей редакцией М.Е. Левита. – М.: Машиностроение, 1992. – 464 с.
3. *Шахтные вентиляторные установки* главного проветривания. Справочник / Бабак Г.А. и др. – М.: Недра, 1982. – 296 с.



**ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ  
МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**В настоящее время мы  
проводим обучение и передаем  
методические материалы  
по следующим направлениям:**

- средства измерения и анализа параметров вибрации и шума;
- виброметрия и спектральный анализ;
- анализ временных реализаций вибрации;
- виброконтроль и мониторинг;
- оценка и прогнозирование технического состояния;
- определение причин неисправностей;
- монтаж, центровка и балансировка;
- визуальный осмотр.

Подготовка включает теоретические и практические занятия

**Ассоциация механиков "АссоМ"**  
**Телефон: +38 (062) 348-50-56**  
**E-mail: as@mech.dgtu.donetsk.ua**

# ПОДПИСКА

НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЖУРНАЛЫ

## «Металлургические процессы и оборудование»

(издается с марта 2005 г., 4 номера в год, объем 60-80 стр.)

*Проектирование и производство современного высокопроизводительного и безопасного оборудования для горно-металлургического комплекса, организация производства и управление фондами, реконструкция и модернизация действующего оборудования, энергосбережение и утилизация отходов; повышение производительности и качества продукции, организация и проведение работ по обслуживанию, диагностированию, ремонту и восстановлению промышленного оборудования с применением современных технологий и материалов.*

## «Вибрация машин: измерение, снижение, защита»

(издается с мая 2005 г., 4 номера в год, объем 60-80 стр.)

*Борьба с вибрацией машин и металлоконструкций; оценка технического состояния оборудования по виброакустическим параметрам; разработка методов диагностирования, снижения вибрации и балансировки; защита оборудования и обслуживающего персонала от вибраций; разработка и сертификация современных средств измерения и анализа параметров вибрации; проектирование нового вибрационного оборудования.*

### Подписные индексы журналов в каталогах

Журнал	Каталог		
	"Пресса Украины"	"Газеты. Журналы" (Агентство ОАО "Роспечать")	ООО "НПП "Идея"
Металлургические процессы и оборудование	98832	21897	16170
Вибрация машин: измерение, снижение, защита	98831	21896	16171

Предприятия и организации Украины и России могут оформить подписку в любом почтовом отделении, в подписных агентствах, в редакции журналов и в ее представительствах.

Предприятия и организации др. стран СНГ могут оформить подписку только в редакции журналов и в ее представительствах.

**По другим вопросам подписки, публикации статей и размещения рекламы обращаться в редакцию журналов.**

#### Редакция журналов

Адрес: 83001, Украина, Донецк, ул. Артема, 58

Телефон: +380 (62) 348-50-56, (066) 029-44-30

Эл. почта: m-lab@ukr.net

Интернет: metal.donntu.edu.ua, vibro.donntu.edu.ua

#### ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РЕДАКЦИИ

**ООО "ТОИР Консалт" (Россия)**

Телефон/факс: +7 (495) 775-85-02

Эл. почта: info@toir-consult.ru

Интернет: www.toir-consult.ru

#### ПОДПИСНЫЕ АГЕНТСТВА

**ООО "НПП "Идея" (Украина)**

Телефоны: +380 (62) 381-09-32;

+380 (44) 417-86-67, 204-36-44

Эл. почта: info@idea.donetsk.ua

Интернет: www.idea.com.ua

**ООО Фирма "Меркурий" (Украина)**

Телефоны: +380 (56) 374-90-30, 374-90-31;

(44) 248-88-08, 249-98-88, 242-97-51;

(536) 700-384, 2-45-48; (232) 6-00-93, 6-45-26

(62) 348-11-14, 345-15-92; (56) 374-90-32;

(542) 25-12-49, 25-12-55