

**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

*Цикл статей посвящен вопросам балансировки роторного оборудования, рассмотрению известных и забытых методов балансировки, технологических особенностей балансировки роторного оборудования и практических примеров балансировки.*

*Балансировка роторного оборудования – эффективный метод снижения вибрации эксплуатируемого оборудования. Необходимость балансировки роторов вентиляторов, дымососов, воздуходувок, турбокомпрессоров доказана многолетней практикой. Для проведения данного вида регулировки приглашают сторонних специалистов, либо создают группы виброналадки, балансировки на производственном предприятии. Существующие приборы для балансировки позволяют проводить балансировку в диалоговом режиме, не вдаваясь в техническую суть происходящих процессов. Образовался разрыв между теоретической школой методов уравнивания и практикой уравнивания роторов в собственных опорах.*

*Вопрос уравнивания роторов имеет множество аспектов, теоретическому и практическому решению которых посвящено множество работ. Нашей целью является рассмотрение разделов уравнивания жестких роторов в собственных опорах: согласование терминов, обмен практическим опытом, изучение технологических особенностей процесса. Это должно способствовать не только популяризации такой забытой на некоторых предприятиях операции, но и повышению квалификации специалистов осуществляющих уравнивание роторов в динамическом режиме.*

*Планируемое содержание цикла статей: термины и определения балансировки; средства и оборудование для балансировки; методы статической и динамической балансировки; многоплоскостная балансировка; технологические особенности балансировки: роторов в собственных опорах; шлифовальных кругов и др. роторного оборудования.*

*Приглашаем к сотрудничеству специалистов предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов, вузов и других организаций, частных лиц. Задавайте вопросы, присылайте варианты возможных решений, расскажите о своем опыте, интересных случаях.*

### 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛАНСИРОВКИ

**Виды неуравновешенности роторов.** По своим упруго-деформационным свойствам роторы подразделяются на жесткие и гибкие. Вал жесткого ротора не изменяет своей формы при вращении. Форма вала гибкого ротора, изменяется при запуске, проходя критические частоты при резонансе. С точки зрения балансировки ротор является жестким, если ротор можно уравновесить в любых двух произвольно выбранных плоскостях, и после такой коррекции влияние остаточного дисбаланса не будет изменяться при любой частоте вращения, а также при любых нормальных режимах эксплуатации [1].

Любая масса дисбаланса вращающегося жесткого ротора вызывает появление возмущающей силы:

$$C = m \cdot \omega^2 \cdot r,$$

где  $m$ ,  $r$  – соответственно масса и радиус расположения дисбаланса;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора.

Цель балансировки заключается в компенсации сил дисбаланса таким образом, чтобы центр тяжести ротора лежал на оси вращения, а геометрическая сумма центробежных сил инерции была равна нулю. Требуется, чтобы ось вращения ротора совпадала с главной осью инерции. В зависимости от распределения дисбаланса по длине ротора, на жестком роторе различают следующие виды дисбаланса (рисунок 1) [2].

1. **Статический дисбаланс** (отклонение центра тяжести). Дисбаланс приводит к параллельному смещению главной оси инерции по отношению к оси ротора. Это смещение одновременно соответствует смещению центра тяжести ротора.

2. **Дисбаланс моментов** (прецессия). При этом главная ось инерции находится под определенным углом относительно оси ротора и пересекает эту ось в центре тяжести ротора.

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**

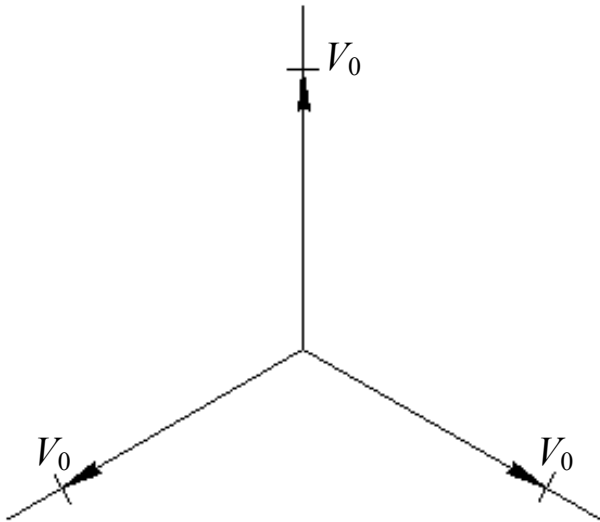


Рисунок 3 – Первый этап решения

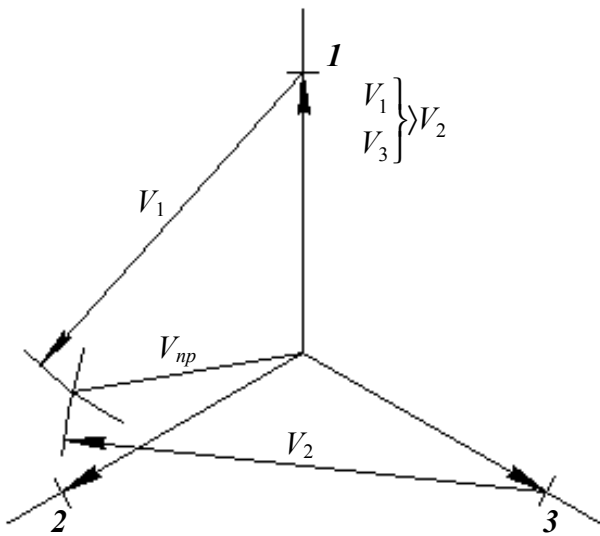


Рисунок 4 – Второй этап решения

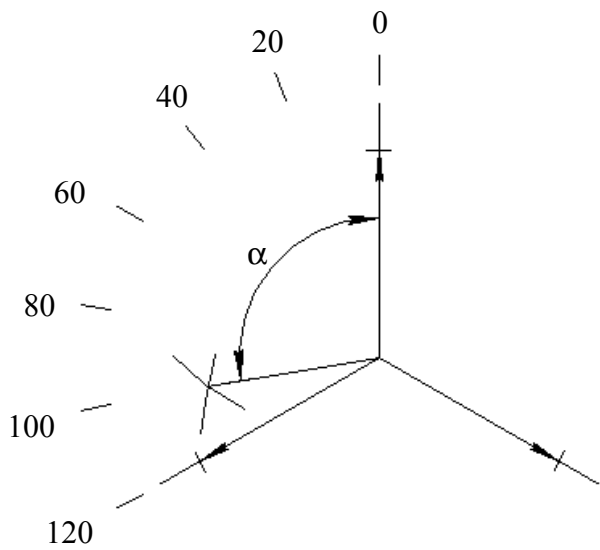


Рисунок 5 – Третий этап решения

$$m_k = m_{np} \cdot \frac{V_0}{V_{np}} = 12,3 \cdot \frac{6,1}{5,6} = 13,4 \text{ г.}$$

Между линиями  $V_1$  и  $V_{np}$  (рисунок 5) определяется угол  $\alpha$ . Уравновешивающий груз устанавливается на роторе под этим углом (в примере –  $100^\circ$ ) и размещается на расстоянии от оси ротора, равном расстоянию размещения пробных грузов.

При балансировке в 2-х плоскостях этот метод используют поочередно для одной и второй плоскости.

**Контроль качества уравновешенности** проводится по наименьшему значению виброскорости ( $V_2=3,2$  мм/с). Проводим дугу радиусом  $V_2=3,2$  мм/с в том же масштабе из точки 2 так, чтобы она пересекла другие дуги. Если все три дуги пересекаются в одной точке, то это означает, что вибрация ротора была обусловлена только неуравновешенностью. Если вибрация частично обусловлена другими механическими повреждениями, то дуги не будут иметь общей точки пересечения. Они образуют треугольник или совсем не пересекаются. Чем меньше треугольник между дугами, тем лучше может быть результат балансирования. Большой треугольник показывает, что необходимо найти и устранить другие возможные причины. К ним относятся: износ подшипников, изгиб вала, нарушение центровки ротора и вала двигателя, ослабление посадки деталей на вал и в корпусе, ослабление резьбовых соединений.

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. *Руководство по ревизии и наладке главных вентиляторных установок шахт.* / А.С. Гофман и др. – М.: Недра, 1981. – 336 с.
4. *Рунов Б.Т.* Уравновешивание турбоагрегатов на электростанциях. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 224 с.
5. *Шахтные вентиляторные установки главного проветривания.* Справочник / Бабак Г.А. и др. – М.: Недра, 1982. – 296 с.
6. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – К.: НМК ВО, 1992. – 368 с.

# 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