

## АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БАЛАНСИРОВКИ С ПОМОЩЬЮ БАЛАНСИРОВОЧНЫХ ШАРИКОВ К ВРАЩАЮЩИМСЯ УЗЛАМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Екатериненко Серафим Павлович,

*Студент 3 курса,*

*кафедра «Технологии обработка материалов»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: П. Ю. Щелокова,*

*старший преподаватель кафедры «Технологии обработка материалов»*

Дисбаланс – векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы на её эксцентриситет [1]. Дисбаланс вращающегося тела приводит к возникновению центробежных сил, которые создают нежелательные колебания, вибрации и деформации. Дисбаланс вращающихся деталей и инструмента может приводить к их повышенному износу, понижению точности выполняемых операций и шуму, поэтому его устранение – задача, требующая внимания.

Неуравновешенность можно разделить на статическую и динамическую составляющие. Первая составляющая характеризуется смещением центра масс и оси вращения (дисбаланс), вторая – несовпадением оси вращения и главной оси инерции. В данной работе пойдет речь об устранении статической неуравновешенности. Её устранение сводится к перераспределению массы вращающегося тела путем добавления, перемещения и удаления противовесов или материала детали.

В автомобилестроении существует метод устранения дисбаланса колес с помощью “балансировочных бусин” (или же гранул, шариков, бисера). Суть метода заключается в наполнении внутренней полости колеса незакрепленными массами в виде небольших шариков, которые могут быть изготовлены из пластика, керамики, стекла или металла. При частоте вращения колеса, превышающей резонансную частоту колебаний его оси, под действием центробежных сил и сил реакции опоры (со стороны шины), шарики начинают перераспределяться внутри колеса таким образом, чтобы сместить центр масс к оси вращения. Согласно каталожным данным производителей, шарики способны устранить дисбаланс колес любого веса и размера.

В работе рассматривается возможность применения технологии балансируемых бусин для деталей, инструментов и узлов машиностроения.

Таблица 1. Характеристики различных вращающихся деталей в машиностроении

Деталь	Частота вращения (об/мин)	Масса (кг)	Диаметр (мм)
Колесо автомобиля (езда 60-90 км/ч)	419-853	8-22	560-760
Шпиндель металлорежущего станка	200-25000	10-3000	50-1000
Фреза	200-2000	0.01-30	0.3-300
Шлифовальный круг	1500-25000	0.1-50	15-1500
Заготовка, закрепленная на токарном станке	200-12000	0.1-100	10-1000
Турбина	400-15000	10-3000	500-10000

Как видно из таблицы 1, диапазоны частот вращения, масс и диаметров деталей, инструментов и узлов машиностроения пересекаются с диапазонами тех же параметров колеса, что говорит о возможности применения данной технологии.

В автомобилестроении для расчета общей массы шариков используются следующие эмпирические формулы [2]:

$$I = mr^2 - \text{оценка момента инерции колеса (1)}$$

$$M = I \cdot K \cdot K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{тс}} - \text{общая масса шариков (2)}$$

Где  $r$  - радиус колеса,  $m$  - его масса,  $K$  - эмпирический коэффициент  $\approx 20$ ,  $K_{\text{исп}}$ ,  $K_{\text{тс}}$  – коэффициенты, зависящие от условий езды и типа транспортного средства. Данные формулы возможно применить для деталей машиностроения, адаптировав коэффициенты под изменяющиеся условия.

Достоинствами данной технологии являются: простота применения, адаптивность к изменяющимся условиям (износу инструмента, детали), недорогая стоимость.

Недостатком рассматриваемого метода можно назвать повышенный дисбаланс в переходных режимах (до распределения шариков). Однако данный недостаток может быть решен удержанием шариков в грубо отбалансированном положении до момента разгона балансируемой детали.

Данную технологию можно реализовать с помощью изменения конструкции балансируемых деталей или с помощью применения оснастки. Для больших дисбалансов требуются большая общая масса шариков, что значительно увеличивает дисбаланс в переходных режимах. В таких случаях можно совместить традиционные методы балансировки с предложенным в работе.

При применении рассматриваемой технологии возможно ожидать снижение вибраций, шума и износа оборудования, повышение точности обработки, производительности и экономичности производства.

## Литература

1. ГОСТ 19534-74. Балансировка вращающихся тел. Термины. Введ. 1974-25-02. Издательство стандартов, 1974г. 44с.
2. Калькулятор балансировочных гранул для колёс. Режим доступа: <https://2shemi.ru/kalkulyator-balansirovochnyh-granul-dlya-kolyos/> (дата обращения 23.03.2026).