



РАЗВИТИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ МОЩНОСТИ ПРИ НАКЛОНЕ РЕШЕТ СОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В статье приводится пример расчета реактивной, в том числе гравитационной, мощности сортировальной машины в зависимости от наклона решета. В расчете учитывается инертная, она же гравитационная, масса сыпучего материала, которая приводит к развитию вертикальной составляющей его ускорения. Установлено, что наклон решета главным образом приводит к развитию гравитационной мощности (около 30 % от реактивной мощности) и почти не влияет на реактивную мощность.

Сортировальная машина, решета, наклон, сыпучий материал, колебания, реактивная мощность, привод.

Сортировальные машины используются в индустрии строительных материалов, горно-рудной промышленности, металлургии, сельском хозяйстве [1–3]. Машина состоит из корпуса, привода и решета, под действием вибрации которых часть сыпучего материала просеивается, а часть «сходит».

В технологических целях решета сортировальных машин устанавливаются с небольшим наклоном [4]. Известно, что угол наклона влияет на характеристики сортировальной машины, однако закономерности влияния не установлены.

При наклоне решета помимо инерционной и диссипативной мощностей [5–7] дополнительно развивается гравитационная мощность, обусловленная вертикальным перемещением части сыпучего материала.

В этой связи целью работы является определение влияния наклона решета на реактивную, в том числе гравитационную, мощность решетных сортировальных машин.

На рисунке 1 показана связь вертикального ускорения опоры a_y с горизонтальным ускорением решета a_x . При этом k_v -я часть сыпучего материала перемещается с ускорением a_x , а $(1-k_v)$ -я часть – с ускорением a_y , поскольку k_v -я часть сыпучего материала условно может считаться неподвижной относительно решета, а оставшаяся $(1-k_v)$ -я часть – подвижной [8].

Можно допустить, что изменение координаты решета имеет гармонический характер [9, 10]

$$x = l \sin \omega t,$$

где l – амплитуда колебаний, м.

Скорость решета находится как производная его координаты

$$v = \frac{dx}{dt} = l\omega \cos \omega t. \quad (1)$$

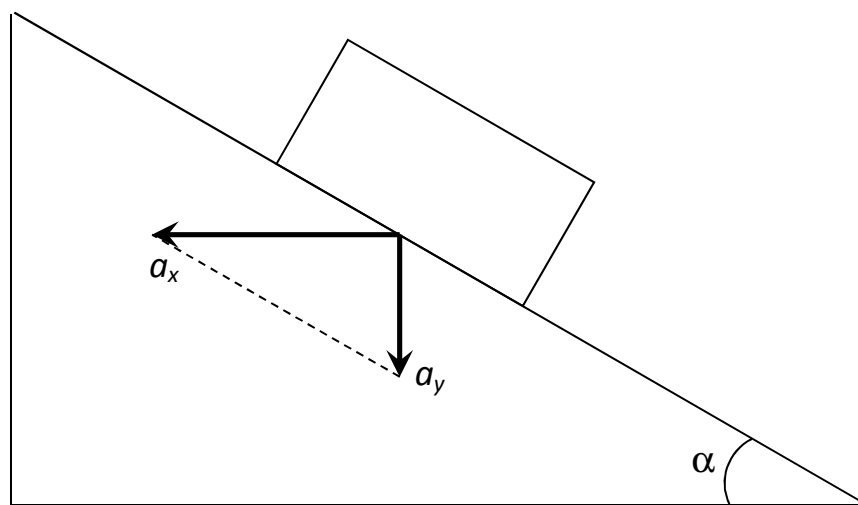


Рис. 1. Связь вертикального ускорения опоры с горизонтальным ускорением решета

Вертикальная скорость сыпучего материала с учетом (1) и в соответствии с рисунком 1 равна

$$v_y = v_x \operatorname{tg} \alpha = l \omega \cos \omega t \operatorname{tg} \alpha.$$

Ускорение решета равно

$$a_x = \ddot{x} = -l \omega^2 \sin \omega t.$$

Вертикальное ускорение опоры в соответствии с рисунком 1 принимает вид:

$$a_y = a_x \operatorname{tg} \alpha = -l \omega^2 \sin \omega t \operatorname{tg} \alpha.$$

Вертикальная сила равна

$$\begin{aligned} f_y &= f_g - f_{ay} = (1 - k_v) m_z g - (1 - k_v) m_z (-a_y) = \\ &= (1 - k_v) m_z g - (1 - k_v) m_z l \omega^2 \sin \omega t \operatorname{tg} \alpha = \\ &= (1 - k_v) m_z (g - l \omega^2 \sin \omega t \operatorname{tg} \alpha). \end{aligned}$$

Мгновенное значение мощности, развиваемой приводом при вертикальном перемещении $(1 - k_v)$ -й части сыпучего материала, имеет вид:

$$\begin{aligned} q_y &= f_y v_y = (1 - k_v) m_z (g - \\ &- l \omega^2 \sin \omega t \operatorname{tg} \alpha) l \omega \cos \omega t \operatorname{tg} \alpha = \\ &= (1 - k_v) m_z g l \omega \cos \omega t \operatorname{tg} \alpha - \\ &- \frac{1}{2} (1 - k_v) m_z l^2 \omega^3 \sin 2 \omega t \operatorname{tg}^2 \alpha. \end{aligned}$$

Мгновенное значение мощности, развиваемой приводом при горизонтальном перемещении k_v -й части сыпучего материала, равно

$$\begin{aligned} q_x &= k_v m_z a_x v_x = -k_v m_z l \omega^2 \sin \omega t l \omega \cos \omega t = \\ &= -\frac{1}{2} k_v m_z l^2 \omega^3 \sin 2 \omega t. \end{aligned}$$

Мгновенное значение реактивно-гравитационной мощности имеет вид:

$$\begin{aligned} q &= q_x + q_y = (1 - k_v) m_z g l \omega \cos \omega t \operatorname{tg} \alpha - \\ &- \frac{1}{2} (1 - k_v) m_z l^2 \omega^3 \sin 2 \omega t \operatorname{tg}^2 \alpha - \\ &- \frac{1}{2} k_v m_z l^2 \omega^3 \sin 2 \omega t = \\ &= (1 - k_v) m_z g l \omega \cos \omega t \operatorname{tg} \alpha - \end{aligned}$$

$$- \frac{1}{2} m_z l^2 \omega^3 \sin 2 \omega t [(1 - k_v) \operatorname{tg}^2 \alpha + k_v] = q_g + q_a.$$

Гравитационная мощность равна

$$Q_g = (1 - k_v) m_z g l \omega \operatorname{tg} \alpha.$$

Реактивная мощность равна

$$Q_a = \frac{1}{2} m_z l^2 \omega^3 [(1 - k_v) \operatorname{tg}^2 \alpha + k_v].$$

Реактивная мощность при $\alpha = 0$ равна

$$Q_{a0} = \frac{1}{2} k_v m_z l^2 \omega^3.$$

На рисунке 2 представлена реактивно-гравитационная мощность сортировальной машины.

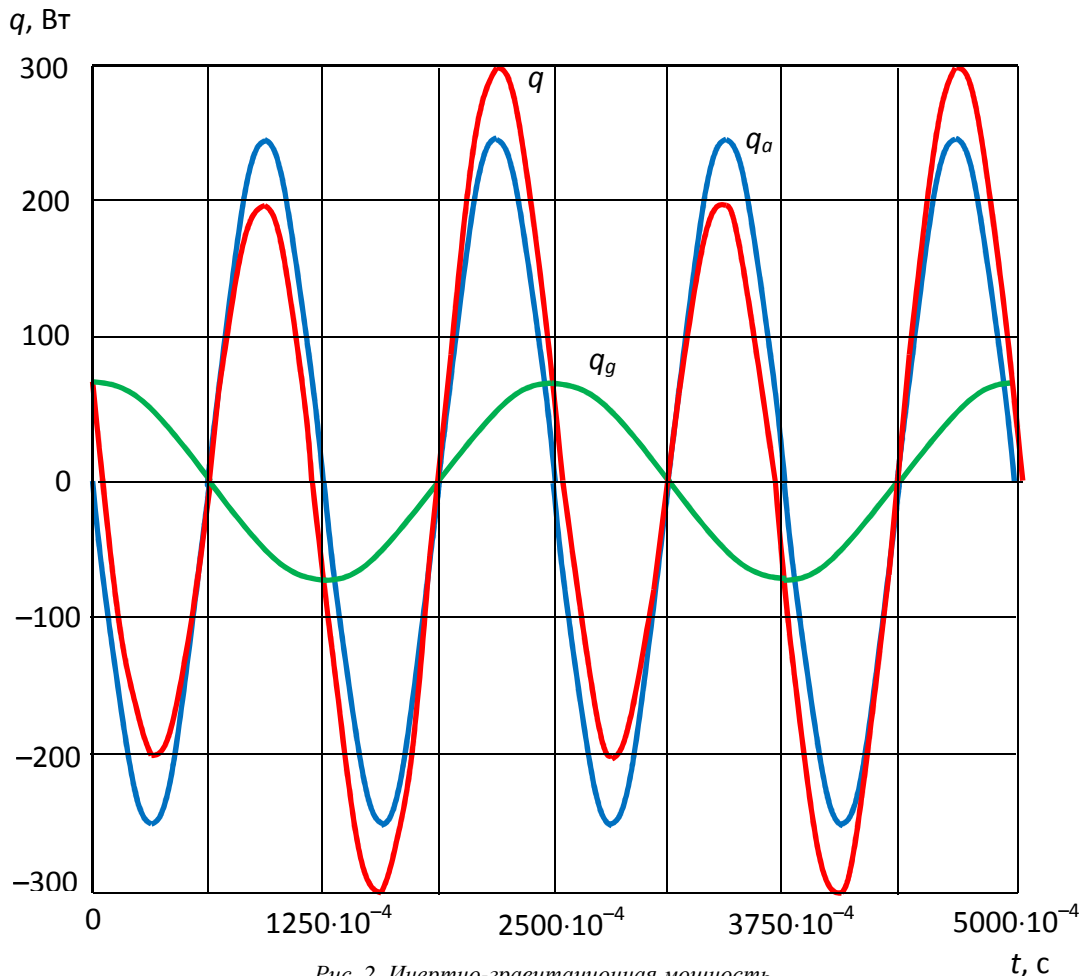


Рис. 2. Инертно-гравитационная мощность

Таким образом, наклон решет в основном приводит к развитию гравитационной мощности (около 30 % от реактивной мощности) и почти не влияет на реактивную мощность.

Литература

1. Попов, И. П. Построение вибрационных сортировальных машин по схеме мультиинертного осциллятора / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2020. – № 3 (9). – С. 14–17.
2. Осипов, Ю. Р. Исследование кинетики смешивания древесных сыпучих материалов при изготовлении строительных материалов / Ю. Р. Осипов, К. С. Лукин // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 4 (6). – С. 70–73.
3. Сухов, С. И. Неизнашиваемые механические уплотнения Flowserve bulkite™ для порошковых и сыпучих материалов / С. И. Сухов // Горная промышленность. – 2017. – № 5 (135). – С. 42.
4. Попов, И. П. Влияние наклона решет сортировальной машины на производительную мощность / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2022. – № 2 (16). – С. 65–67.
5. Павлов, В. Д. Механическая мощность при гармонических воздействиях / В. Д. Павлов // Совре-

менные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 1 (73). – С. 30–38. 10.26731/1813-9108.2022.1(73).30-38.

6. Попов, И. П. Диссипативная, реактивная и полная мощности виброприводов машин / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 3 (5). – С. 72–74.

7. Павлов, В. Д. О неоднозначности механической мощности / В. Д. Павлов // Advanced Engineering Research. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 24–29. – URL: <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2022-22-1-24-29> (дата обращения: 22.03.2023). – Текст : электронный.

8. Попов, И. П. Определение динамических свойств сыпучего материала / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2021. – № 2 (12). – С. 23–27.

9. Попов, И. П. Исследование вынужденных колебаний механических систем. Часть 1 / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 4 (6). – С. 21–25.

10. Попов, И. П. Исследование вынужденных колебаний механических систем. Часть 2 / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2020. – № 1 (7). – С. 27–32.

I.P. Popov

Kurgan State University

DEVELOPMENT OF GRAVITATIONAL POWER WHEN TILTING SORTING MACHINE SIEVES

The article provides an example of calculating the reactive power, including the gravitational power of a sorting machine, depending on the inclination of the sieves. The calculation takes into account the inert, it is also the gravitational mass of bulk material, which leads to the development of the vertical component of its acceleration. It has been established that the inclination of the sieves mainly leads to the development of gravitational power (about 30 % of the reactive power) and has almost no effect on the reactive power.

Sorting machine, sieves, tilt, bulk material, vibrations, reactive power, drive.