

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ПУАНСО ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗОК НА ОПОРЫ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН

Нахождение нагрузок, действующих на подшипниковые опоры рабочих органов дробильных машин, требуется для обоснования выбора самого подшипника, определения момента трения в опоре, а также выбора способа смазки и типа смазочного материала. Как таковой методики обоснования величины реакций в опорах не существует, они определяются силой, возникающей при дроблении, или суммой сил дробления и тяжести от веса рабочего органа. Однако данные подходы являются недостаточно точными вследствие того, что пренебрегать силой тяжести нельзя, так как величины данных сил сопоставимы по значению (зачастую одного порядка), а сумма величин сил не дает достаточной точности вследствие того, что направления векторов действующих на подшипники сил не совпадают.

В данной работе предлагается методика определения реакций в подшипниковых опорах, основанная на применении теоремы Пуансо о приведении произвольной системы сил, действующих на твердое тело, к силе и паре сил [1, 2], рассмотренная ниже на примере двухвалковой дробилки.

Рассмотрим систему, представленную на схеме (рис. 1), в которой на валок действуют следующие силы: возникающая при разрушении куска дробимого материала сила дробления  $F_{др}$ , сила трения поверхности валка о материал  $F_{тр}$  и сила тяжести рабочего органа (валка)  $F_{м.в.}$  массой  $m_в$ .

На основании теоремы Пуансо [1, 2] можно представить данную систему в виде сил, сосредоточенных в точке  $O$  — оси вращения валка (оси подшипника) (рис. 2, а), и момента от силы трения.

Момент от силы трения в точке  $O$  определяется как

$$M_{с.тр.} = F_{тр} R_в, \quad (1)$$

где  $R_в$  — радиус рабочей поверхности бандажа валка, м.

Затем находим проекции всех сил на оси  $x$  и  $y$  и определяем результирующую радиальную реакцию от действия внешних сил в подшипнике (рис. 2, б).

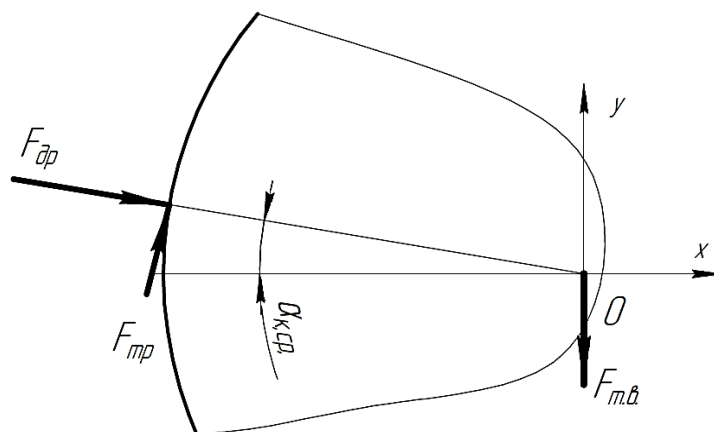


Рисунок 1 — Система сил, действующих на валок дробилки

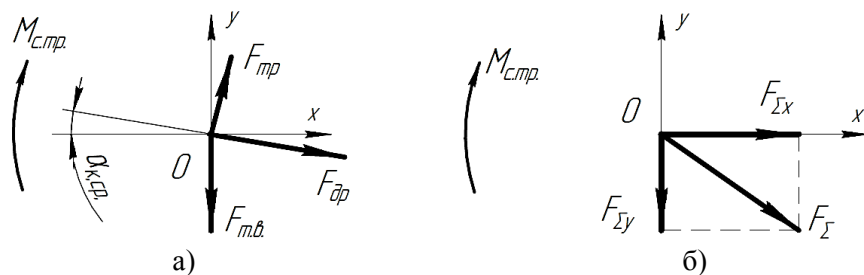


Рисунок 2 — Схемы для определения реакций в подшипниках валка от действия внешних сил: а) схема переноса сил на ось вращения валка; б) схема для определения результирующей реакции

В данном случае сумма проекций сил на оси  $x$  и  $y$ :

$$F_{\Sigma x} = F_{mp} \sin \alpha_{к.ср.} + F_{dp} \cos \alpha_{к.ср.}; \quad (2)$$

$$F_{\Sigma y} = F_{m.в.} - F_{mp} \cos \alpha_{к.ср.} + F_{dp} \sin \alpha_{к.ср.}, \quad (3)$$

где  $\alpha_{к.ср.}$  — угол, характеризующий направление вектора равнодействующей силы от суммарного давления в процессе деформации и разрушения материала валками [3].

Результирующая радиальная реакция в подшипниковой опоре определяется из параллелограмма проекций сил  $F_{\Sigma x}$  и  $F_{\Sigma y}$  (с учетом того, что  $F_{m.в.} = m_в g$ , а  $F_{mp} = \mu F_{dp}$ ):

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{dp}^2 (\mu^2 + 1) + gm_в (gm_в + 2F_{dp} [\sin \alpha_{к.ср.} - \mu \cos \alpha_{к.ср.}])}, \quad (4)$$

где  $\mu$  — коэффициент трения материала валка о дробимый материал.

Для наглядного сравнения показаны графики величины радиальной реакции в подшипниковых опорах нижних валков четырехвалковой дробилки ДЧГ 900×700 [3] (в зависимости от силы, возникающей при дроблении материала), полученные тремя способами: с учетом только силы дробления (в данном случае сама ось  $x$  на рисунке 3), при суммировании силы дробления и силы тяжести (рис. 3, а), а также по предложенной методике (рис. 3, б).

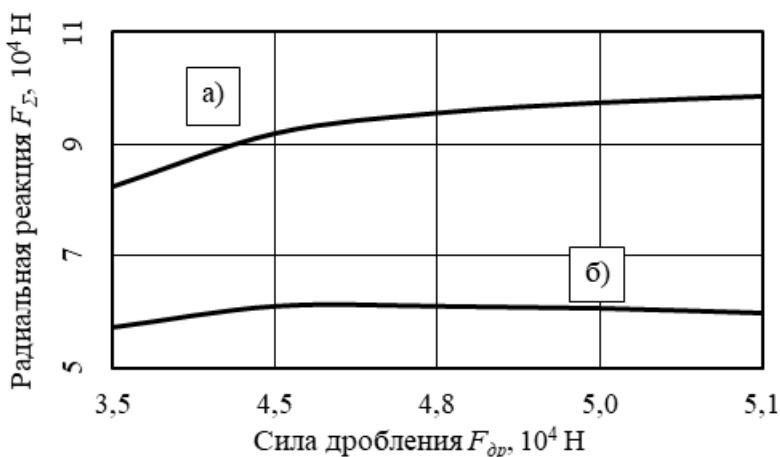


Рисунок 3 — Графики зависимостей радиальной реакции в подшипниковых опорах нижних валков четырехвалковой дробилки ДЧГ 900×700 в зависимости от силы дробления:

а) при суммировании силы дробления и силы тяжести, б) по предложенной методике

На основании анализа зависимостей (рис. 3) можно сделать вывод, что предложенная методика позволит повысить точность определения величины действующих на подшипниковые опоры рабочих органов дробильных машин нагрузок, необходимых для обоснования

выбора подшипника, определения момента трения в опоре, а также выбора способа смазки и типа смазочного материала, на 16–65 % (в зависимости от различных физико-механических свойств дробимого материала) по сравнению с ранее используемыми способами.

#### Список литературы

1. Poinsot, L. Théorie nouvelle de la rotation des corps / L. Poinsot // J. Math. Pures Appl. (1). — 1851. — Vol. 16. — P. 9–129.
2. Теоретическая механика / В. Н. Тарасов [и др.] — М. : Транслит, 2012. — 560 с.
3. Власенко, Д. А. Уточненная методика определения энергосиловых параметров процесса измельчения в валковых дробилках / Д. А. Власенко // Вестник ДонНТУ. — Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2020. — № 3 (21). — С. 3–9.