

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Мн. : Наука и техника, 1981. – 326 с.

УДК 621.926

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

*Сотник Л.Л., Дремук В.А.*

Барановичский государственный университет  
Барановичи, Республика Беларусь

Вибрационные машины находят применение в различных сферах производства. Внедрение вибротехники в промышленности осуществляется достаточно высокими темпами, так как существующие средства механизации оказались неконкурентоспособными с новой вибрационной техникой [1].

Одним из самых важных элементов определяющих надежность вибрационной машины с эксцентриситетом является подшипниковый узел. Наиболее часто встречающиеся отказы в работе таких машин связаны с поломкой подшипников. Основным типом повреждений подшипников является износ рабочих поверхностей. Работоспособность подшипника будет зависеть от интенсивности и характера изнашивания рабочих поверхностей подшипников и изменения вибрационного состояния, т. к. изнашивание сопровождается появлением дополнительных переменных нагрузок на элементы конструкции агрегата. Как известно, надёжность напрямую зависит от вибрационного состояния [2].

Вибрационные машины относятся к агрегатам с наиболее неблагоприятными условиями и режимами работы подшипников. Специфика режима работы подшипника определяется следующими факторами [3]:

- значительные инерционные нагрузки, вызывающие колебательное движение подшипников вместе с машиной;
- высокие удельные радиальные нагрузки, создаваемые дебалансами, достигающие значения более 10% динамической грузоподъемности подшипника;
- высокие частоты вращения, составляющие 1000...6000 об/мин;
- запыленность и загрязненность окружающей среды. Отсутствие возможности подвода централизованной смазочной и охлаждающей жидкости, а также ремонта подшипникового узла на месте эксплуатации.

Таким образом, проблема надежности подшипниковых опор вибрационных механизмов измельчительных устройств, существует с момента их создания, и будет существовать, пока они используются. Причины этого лежат в сложности самой конструкции, а также высоких нагрузках испытываемых деталями подшипников.

Вибровалковый измельчитель [4,5] относится к группе кинематических вибрационных машин, т.е. таких машин, у которых ведущее звено имеет вполне определенное абсолютное или относительное движение, зависящее только от геометрических размеров ведущего механизма.

В данной работе представлен анализ работы подшипниковых узлов вибровалкового измельчителя.

Агрегаты с эксцентриковым приводом наиболее эффективны в низкочастотных колебательных системах. Он создает большие возмущающие усилия при невысоких частотах колебаний. В результате возникают большие силы инерции, которые передаются на подшипники эксцентрикового вала привода. Помимо этого в подшипниках возникают большие силы трения, что приводит к их выходу из строя.

Для повышения долговечности работы подшипников в машинах такого типа используют дебалансы. Уравновешивание динамических давлений при помощи вращающихся дебалансов решает сразу две задачи: снижает динамическое давление в кинематических парах привода и нагрузки, передаваемые на опорные конструкции.

В приводе вибровалкового измельчителя валок присоединен к эксцентриковому валу при помощи подшипникового узла (рисунок 1, а). Вибрацию подшипников необходимо рассмотреть в двух различных направлениях:

- абсолютные вибрации, вовлекающие в колебательное движение всю машину;
- относительные вибрации, связывающие колебания отдельных элементов подшипника и соответственно относительное перемещение в них.

Рассмотрим лишь теоретический аспект первого направления — абсолютные вибрации, так как для изучения второго направления — относительные вибрации, недостаточно теоретических данных, необходимо исследовать работу подшипников в различных условиях и режимах.

При работе вибровалкового измельчителя создается сила инерции:

$$P_{ин} = Mr\omega^2$$

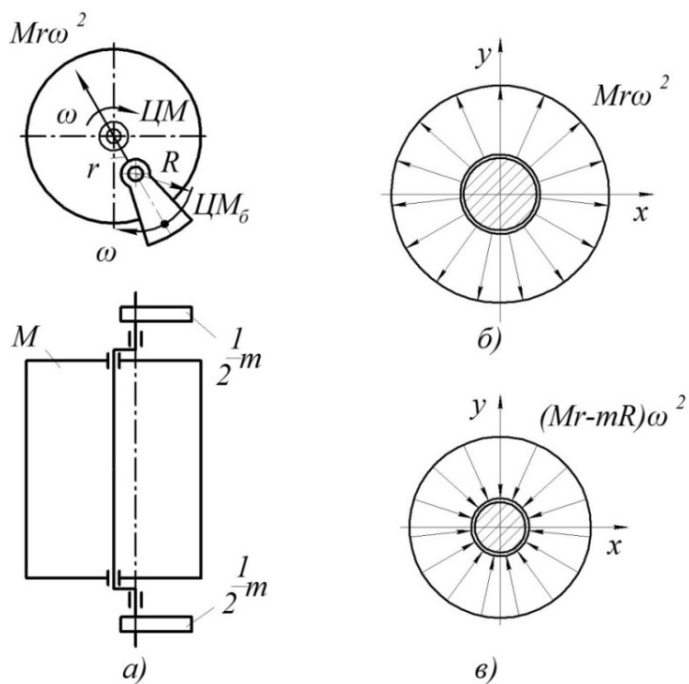
где  $M$  — масса рабочего органа машины (валка), кг;

$r$  — эксцентриситет вала вибровалкового измельчителя, м;

$\omega$  — угловая скорость эксцентрикового вала, рад/с.

Данная сила направлена по прямой наружу, соединяя центр вращения вала и центр эксцентрика [1]. На внутреннем кольце подшипника эксцентрика всегда в одном направлении действует постоянная нагрузка  $Mr\omega^2$ , а на внешнее кольцо эксцентрика действует вращающаяся нагрузка, поэтому на этом участке подшипника нагрузка изменяется по гармоническому закону с амплитудой  $Mr\omega^2$  (рисунок 2, б).

На внутренние кольца подшипников вала действуют в одном направлении постоянные нагрузки  $Mr\omega^2$ , а на отдельные участки подшипника — меняющиеся по гармоническому закону нагрузка с амплитудой  $0,5Mr\omega^2$ .



*a* – динамическое нагружение, *б* – эпюра нагружения подшипниковых узлов эксцентрика, *в* – эпюра нагружения подшипниковых узлов опор

Рисунок 2 – Схема уравновешивания динамических нагрузок в вибровалковом измельчителе

Установим на валу в направлении, противоположном повороту эксцентрика, два дебалансных груза с кинематическим моментом дебалансов

$$0,5mR = Mr$$

где  $m$  – масса дебаланса, кг;

$R$  – радиус центра масс дебаланса, м.

В результате динамические давления в опорных подшипниках вала будут полностью уравновешены. Динамические давления на подшипник при этом не изменятся (рисунок 2, *в*).

На основании теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

Во-первых, совмещение вибрационного и вращательного движения валка вибровалкового измельчителя увеличивает усилие, приходящееся на подшипники, как самого валка, так и подшипники эксцентрикового вала, что необходимо учитывать при проектировании вибрационных механизмов.

Во-вторых, установив на эксцентриковом валу в направлении, противоположном повороту эксцентрика, два дебалансных груза динамические давления в опорных подшипниках вала будут полностью уравновешены, но в процессе работы происходит изменение давлений согласно приведенным выше закономерностям.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гончаревич, И.Ф. Вибротехника в горном производстве / И. Ф. Гончаревич. — М. : Недра, 1992. — 319 с.
2. Явленский, К.Н. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем / К. Н. Явленский, А. К. Явленский.— 1983.
3. Комиссар, А. Г. Опоры качения в тяжелых режимах эксплуатации / А. Г. Комиссар. — М. : Машиностроение, 1987. — 384 с.
4. Сотник, Л. Л. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко. // Вестник БарГУ. Серия физ.-мат. наук. Технические науки. — 2017. — Выпуск 5. — С. 87—92.
5. Сотник, Л. Л. Исследование влияния отдельных факторов на степень измельченности в вибровалковом измельчителе методом математического планирования эксперимента / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко / Горная механика и машиностроение. 2018.— С. 4—12.

УДК 621.793: 620.1

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАКИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ К ПРИВАРУ МАТЕРИАЛА РАСПЛАВА АЛЮМИНИЕВО-ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ

*Леванцевич М.А., Юруть Е.Л.*

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Литье под давлением (ЛПД) цветных и черных металлов и сплавов достаточно давно и широко используется в современном машиностроении [1-4]. Данный способ литья позволяет получать отливки, в высокой степени приближенные по форме и размерам к готовому изделию, что способствует значительному снижению материалоемкости и трудоемкости механической обработки, а, следовательно, себестоимости готового изделия. Однако, одной из главных проблем способа ЛПД является сравнительно невысокая эксплуатационная стойкость используемых пресс-форм.

Основными причинами выхода из строя деталей пресс-форм, например, при литье алюминиевых сплавов являются термическая усталость материала пресс-формы, которая приводит к образованию сетки разгара, гидродинамический износ и пригар (приваривание материала расплава к рабочей поверхности формы с последующим отрывом вместе с частью основного металла при извлечении отливки) и др. [1, 5, 6].

В настоящей работе изучалось влияние состава покрытий, сформированных методом электродеформационного плакирования гибким инструментом (ЭДПИ) [8], на устойчивость к пригару материала расплава.

**Цель исследований** заключалась в экспериментальной оценке антипригарных свойств покрытий при взаимодействии с жидким расплавом алюминий-цинкового сплава ЦАМ4М.

**Методика исследований.** Для испытания применяли образцы цилиндрической формы (ролики), изготовленные из стали 4Х5ВФСГ (ГОСТ 5950-2000), объемной закалки (HRC 38–42), без азотирования поверхности и с азотированием на глубину 0,15–0,2 мм (HRC 56–60) с нанесенными на боковую цилиндри-