

торов позволяет значительно увеличить производственную мощность за счет повышения скорости производства и сборки. В-третьих, подобные конструкции в совокупности призваны автоматизировать сборочный процесс за счет высокой точности сборки [3], дешевизны пневматической энергии и минимализации участия человека в сборочном процессе.

#### Список цитируемых источников

1. Ленточный конвейер [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленточный\\_конвейер](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленточный_конвейер). — Дата доступа: 19.04.2019.
2. Рациональное использование производственного пространства [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id67651p1.html>. — Дата доступа: 19.04.2019.
3. Трипод EXPT [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.festo.com/cms/be\\_by/20203\\_20230.htm#id\\_30995](https://www.festo.com/cms/be_by/20203_20230.htm#id_30995). — Дата доступа: 19.04.2019.

УДК 62-25

**И. О. Волостных, Л. Л. Сотник, О. И. Наливко**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи*

### **АНАЛИЗ НАГРУЖЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ВАЛА ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ**

**Введение.** Аналитический обзор показывает, что измельчение материалов занимает одну из ведущих ролей в промышленности строительных материалов, химической отрасли и сельском хозяйстве Республики Беларусь. Основным дезинтегрирующим оборудованием практически во всех отраслях являются щековые дробилки, барабанные и молотковые мельницы. Применяемое оборудование не обеспечивает достаточно качественное измельчение и является весьма энергозатратным, в связи с этим авторы предлагают внедрять в современное производство вибровалковый измельчитель.

Внедрение вибротехники в промышленности осуществляется достаточно высокими темпами, так как существующие средства механизации оказались неконкурентоспособными с новой вибрационной техникой [1—3].

Данная работа посвящена анализу исследований, связанных с нагружением валов валковых агрегатов для измельчения различных материалов. Теоретический анализ показал, что в настоящее время достаточно хорошо разработана теория измельчения различных материалов валковыми агрегатами. В то же время особенности измельчения материалов валками, установленными эксцентрично и оказывающими на измельчаемый материал вибрационное воздействие, не изучены вовсе.

В связи с этим появилась необходимость: исследовать напряженно-деформированное состояние элементов привода; получить аналитические зависимости по расчету конструктивных параметров валов вибровалкового измельчителя.

Вибровалковый измельчитель 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 [3].

Авторами предложена конструкция вибровалкового измельчителя (рисунок 1), позволяющего осуществлять как традиционное раздавливание материала между валками, так и приложение дополнительного вибрационного (ударного) воздействия на измельчаемый материал.

Сфера возможного применения вибрационной техники и технологии определяется теми возможностями вибраций, которые известны сегодня.

Среди вибрационных эффектов, которые с различной степенью полноты используют в технике и технологии, следует назвать следующие.

1. Способность вибрационных воздействий менять реологические свойства дисперсных сред. Вибрация разрушает или ослабляет связи в дисперсных средах: под воздействием вибраций различных интенсивностей дисперсные среды переходят в состояние псевдооживления и так называемого виброоживления. При воздействии вибрации легче преодолеваются силы сухого и вязкого трения, снижаются предел пластического деформирования и вязкость [1].

2. 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 эксцентриковый вал привода.

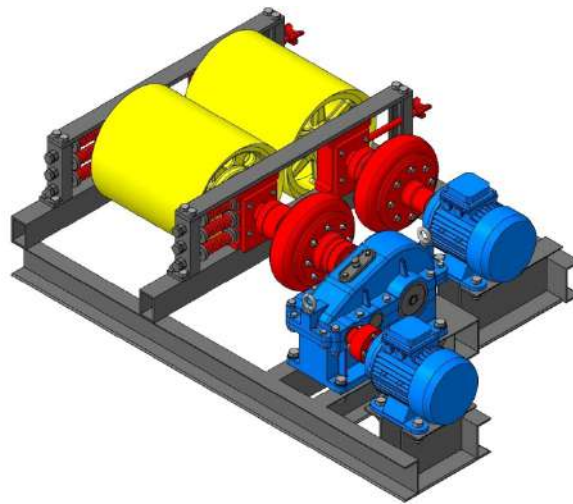


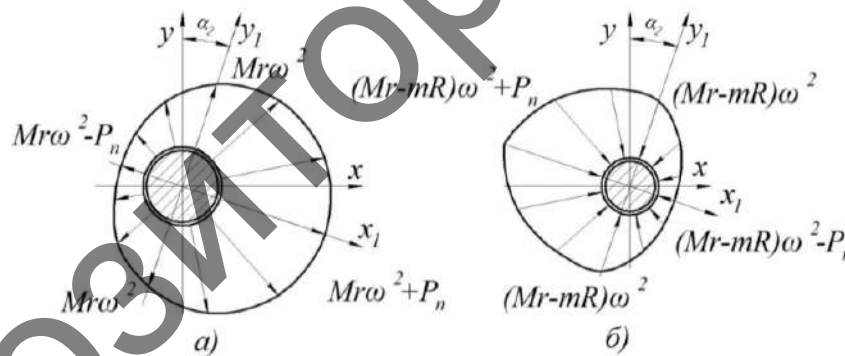
Рисунок 1 — Модель вибровалкового измельчителя

Для решения вышесказанных задач 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.

**Основная часть.** Рассмотрим работу вибровалкового измельчителя. Для обеспечения нормального измельчения в валковых агрегатах угол захвата не должен превышать двойного угла трения. Для практически гладких валков  $\alpha = 16^\circ \dots 24^\circ$ , чтобы исключить выдавливание измельчаемых кусков из валковой зоны.

Исходя из этого, получаем, что изменение системы координат  $x_1y_1$  в пространстве (рисунок 2) находится в пределах  $8^\circ$ , что для практических расчетов можно не учитывать.



а — эпюр нагружения подшипниковых узлов эксцентрика;  
б — эпюр нагружения подшипниковых узлов опор

Рисунок 2 — Схема уравновешивания динамических нагрузок в вибровалковом измельчителе

Очевидно, что в процессе работы силы инерции, действующие на подшипники валка и эксцентрикового вала от массы валка и массы дебалансов, в определенных положениях валка суммируются с усилием на валок от разрушаемой частицы, а при повороте на угол  $180^\circ$  вычитаются.

Зная, что усилие, передаваемое на подшипниковые узлы от валка, равно усилию, с которым он давит на разрушаемую частицу  $P_2 = P_n$ , можно определить значения сил в подшипниках эксцентрика и подшипниках опор (где  $P_n$  — усилие от разрушаемого материала на подшипники, Н).

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние вала при нагружении силой 10 000 Н на валок, силами 2 000 Н на дебалансы, нагрузкой 3 000 Н от муфты и частичном закреплении.

Из рисунка 3 можно сделать вывод о выполнении условий устойчивости и прочности при нагружении детали заданной силой.

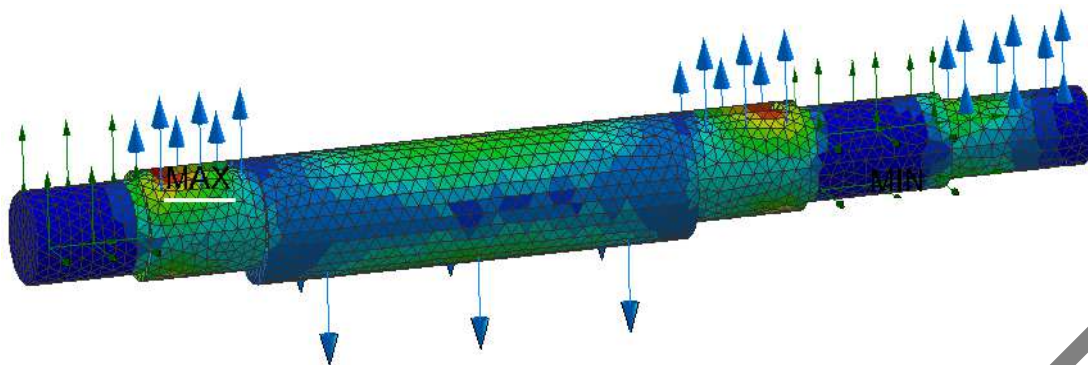


Рисунок 3 — Деталь с показателями запаса прочности по текучести

**Заключение.** Совмещение вибрационного и вращательного движений вала вибровалкового измельчителя позволяет увеличить усилие, приходящееся на измельчаемый материал, что интенсифицирует его движение и способствует увеличению производительности измельчителя и степени измельчения материала. Однако одновременно с этим увеличивается и усилие, приходящееся на подшипники как самого вала, так и подшипники эксцентрикового вала, что необходимо учитывать при проектировании вибрационных механизмов.

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.

Статическое исследование, проведенное в работе, позволяет определить возможные допускаемые нагружения вала, а также закономерности для расчета конструктивных параметров.

#### Список цитируемых источников

1. Гончаревич, И. Ф. Вибротехника в горном производстве / И. В. Гончаревич. — М.: Недра, 1992. — 319 с.
2. Богданов, В. С. Процессы в производстве строительных материалов / В. С. Богданов, А. С. Ильин, И. А. Семикопенко. — Белгород: Вевелита, 2007. — 512 с.
3. Сиваченко, Л. А. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя / Л. А. Сиваченко, Л. Л. Сотник // Вестн. БарГУ. Сер. «Технические науки». — 2017. — Вып. 5. — С. 87—92.

УДК 621.793-036

А. А. Гузовец

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель

### ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СИНТЕЗА В СРЕДЕ АЗОТА

**Введение.** Тонкие оксидные пленки (толщиной от долей микрометра до нескольких микрометров) обладают уникальными свойствами, их применение позволяет эффективно решать технические и научные проблемы в целом ряде отраслей, в том числе и бурно развивающейся области — нанотехнологии. В связи с интенсивным развитием нанотехнологий, технологий наноструктурных материалов разработка способов получения оксидных покрытий получила новый импульс.

Тонкие оксидные покрытия широко применяются в различных сферах, обычно для повышения прочности, коррозионной стойкости, улучшения электрических и магнитных свойств материалов, используемых в авиационной и космической технике, машиностроении, медицине, энергетике и цифровой микроэлектронике.

Цель работы — исследование оптических свойств и спектральных характеристик покрытий на основе тугоплавких оксидов, синтезированных электронно-лучевым способом в среде азота.

**Основная часть.** В работе представлены результаты по определению оптических характеристик однослойных покрытий  $ZrO_2$ ,  $SiO_2$  и  $TiO_2$ , которые были получены методом электронно-лучевого испарения на вакуумной установке ВУ-1А, которая оборудована источником электронно-лучевого испарения УЭЛИ-1 и встраиваемой системой спектрального оптического контроля серии IRIS (ИРИС) (рисунок 1).