

ЦЕНТР МОЛОДЕЖНЫХ ИННОВАЦИЙ

совместно с

ООО «Лаборатория интеллекта»



НАУЧНЫЕ СТРЕМЛЕНИЯ

Сборник научных статей

Основан в 2012 году

ВЫПУСК № 22

Минск
2017

В сборник вошли научные статьи по всем направлениям научного знания, отражающие результаты исследований ученых и практикующих специалистов (в разделе «Взгляд эксперта»), а также студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (в разделе «Молодая наука»). Все материалы представлены в авторской редакции.

Рецензенты:

старший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», кандидат биологических наук *О. Г. Тихонович*;
кандидат экономических наук, доцент кафедры национальной экономики и государственного управления УО «Белорусский государственный экономический университет» *И.Н. Русак*;
старший преподаватель кафедры «Менеджмент» Евразийского Национального университета им. Л.Н. Гумилева (Республика Казахстан), кандидат экономических наук *С. С. Тлеубердиева*;
ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», кандидат технических наук, доцент *Ю. Г. Янута*.

Редакционная группа:

Сафонова Ю.М., Казбанов В.В., Казбанова С.Л.

Раздел «ВЗГЛЯД ЭКСПЕРТА»

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.926.3

¹Л.А. Сиваченко, ²Л.Л. Сотник, ²И.А. Богданович

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА ЗАХВАТА И МЕЖВАЛКОВОГО ПРОСТРАНСТВА В ВИБРОВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

¹Учреждение образования «Белорусско-Российский университет», Могилев²Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

Рост строительной индустрии в условиях рыночной экономики создает необходимые условия для развития новых областей использования и технологий производства современных строительных изделий.

Это, в свою очередь, предъявляет дополнительные требования к условиям измельчения материалов, их физико-механическим характеристикам, а, следовательно, к конструкторско-технологическим параметрам дробильно-помольного оборудования. В связи с развитием современных технологий появляется необходимость создания новых измельчителей для грубого и тонкого измельчения материалов, широко используемых при производстве различных строительных изделий [1].

В нашей стране ряд перспективных технологий и оборудования находятся лишь на стадии проектирования. Поэтому необходимы всесторонние исследования по совершенствованию процесса измельчения, а также поиск нетрадиционных решений, позволяющих с минимальными капитальными затратами осуществить внедрение передовой техники и технологии селективного помола в различных отраслях промышленности.

Одним из подходов к решению проблемы является переход простого процесса измельчения в более сложный механизм управляемого изменения свойств перерабатываемой среды [2]. Это ведет к созданию измельчителей повышенной интенсивности рабочего процесса: вибрационных, планетарных, струйных, электромагнитных и ряда других.

В последние годы во многих отраслях промышленности для дробления, измельчения, помола и переработки материалов с различными физико-механическими характеристиками широко используются пресс-валковые агрегаты, реализуемые по различным технологическим схемам.

Оборудование данного типа выпускается на предприятиях как стран СНГ (НИИЦемент,

«Волгоцементмаш», ВНИИЦеммаш и др.), так и зарубежных («HUMBOLDT-WEDAG», «FULLER», «SJMON» и др.) [3—6]. Тем не менее, для снижения себестоимости выпускаемой продукции и энергозатрат на производстве, а также повышения качества выпускаемой продукции требуется и дальше детально изучать и разрабатывать практические рекомендации для проектирования рациональных конструкций дробилок и измельчителей, а также создания наиболее благоприятных условий для их эксплуатации.

Анализ условий разрушения материалов показывает, что для достижения минимальных энергозатрат необходимо обеспечить рациональное сочетание раздавливающих и сдвиговых деформаций [1].

Такое сочетание в пресс-валковых агрегатах может быть достигнуто при различных вариантах технологических схем:

1. При равных радиусах валков $R_1=R_2=R$ и различной частоте их вращения $n_1 \neq n_2$. При этом $v_1 = \omega_1 R_1 = 2\pi n_1 R_1 = \pi D n_1$, м/с; $v_2 = \omega_2 R_2 = 2\pi n_2 R_2 = \pi D n_2$, м/с.

2. При равной частоте вращения валков $n_1 = n_2 = n$ и различных радиусах валков $R_1 \neq R_2$. При этом $v_1 = 2\pi n_1 R_1$, м/с; $v_2 = 2\pi n_2 R_2$, м/с.

3. При равных радиусах валков $R_1=R_2=R$ и равной частоте их вращения $n_1 = n_2$, но при использовании эксцентрично установленных валков ($e_1 = e_2$) и синхронизации их вращения.

4. Предлагаемый нами вариант с эксцентрично установленным валком ($e_1 = 0$, $e_2 = e$). При равных радиусах валков $R_1=R_2=R$ и различной частоте их вращения $n_1 = n_2$. При этом материалу предается дополнительное вибрационное воздействие.

Наиболее подходящей является методики расчета пресс-валковых агрегатов [7, 8], которые мы используем как основу для предварительного расчета разрабатываемой конструкции.

Начало деформации материала ограничено углом захвата (углом деформации). Угол захвата в пресс-

валковых агрегатах — это угол β между двумя касательными к поверхностям в точках соприкосновения с дробимым материалом (рисунок 1). Кусок материала будет захватываться, если $\beta \leq 2\varphi$ или $\alpha_{\text{деф}R} \leq \varphi$.

Для обеспечения нормального измельчения угол захвата не должен превышать двойного угла трения. По коэффициенту трения для реальных случаев $f=0,30 \dots 0,45$, угол трения составляет $\varphi=16^\circ 40' \dots 24^\circ 20'$. Для практически гладких валков $\alpha_{\text{деф}R}=16^\circ \dots 24^\circ$, чтобы исключить выдавливание дробимых кусков из валковой зоны.

В виду эксцентрично установленного одного из валков, разрушение будет происходить при переменном значении радиуса эксцентричного валка и меняющемся значении межвалкового пространства [9, 10].

Изменение радиуса не только улучшает условия захвата материала в зоне подачи, реализует раздавли-

вающее-сдвиговое деформирование частиц, но и разрушает «застойные зоны» подаваемого материала.

Рассмотрим аналитические зависимости, определяющие основные угловые параметры валка вращающегося вокруг своей оси и эксцентрично установленного валка.

Для пресс-валковых агрегатов (рисунок 1) с постоянным значением межвалкового пространства b при одинаковом значении радиуса валков $R_1=R_2=R$ при $e_1=0, e_2=e$ справедливо условие:

$$H_{0\text{деф}} = 2R + b - 2R \cos \alpha_{\text{деф}R} = 2R(1 - \cos \alpha_{\text{деф}R}) + b$$

Отсюда после соответствующих преобразований:

$$\alpha_{\text{деф}R} = \arccos \left(1 - \frac{H_{0\text{деф}} - b}{2R} \right)$$

Для схемы, где один из валков установлен эксцентрично, необходимо провести кинематический анализ валка (рисунок 2).

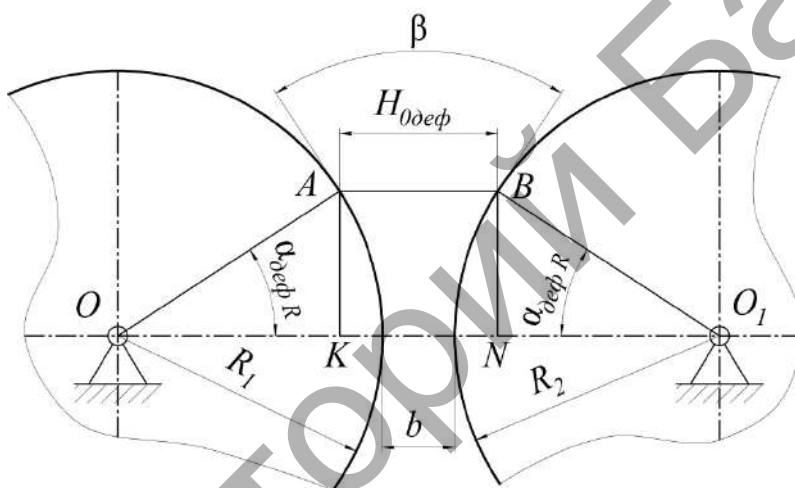
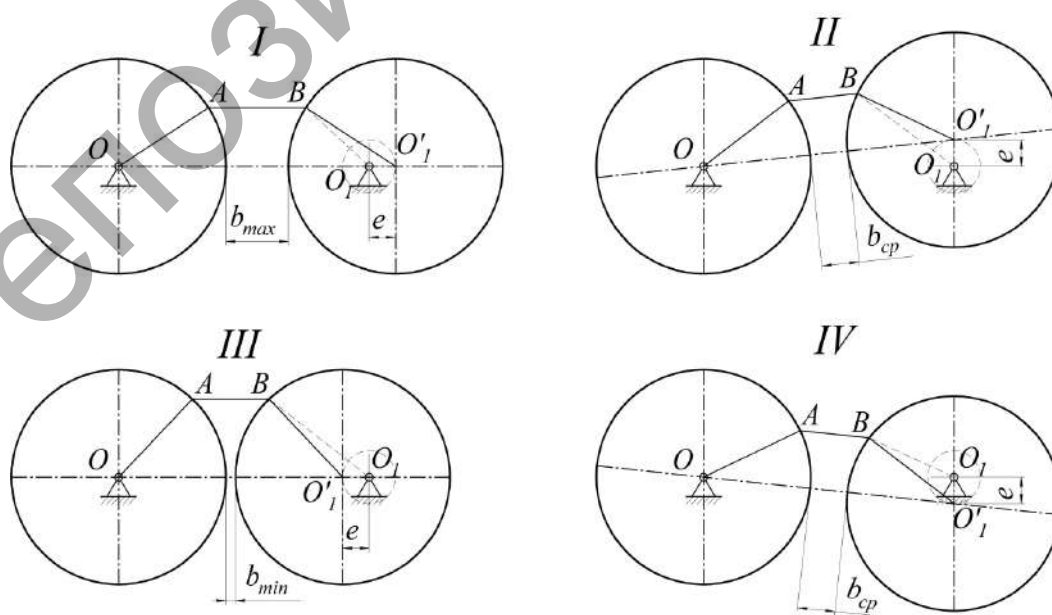


Рисунок 1 — Схема определения углов в пресс-валковом агрегате



I — при максимальном зазоре; II — при среднем зазоре;
III — при минимальном зазоре; IV — при среднем зазоре

Рисунок 2 — Кинематика эксцентрично установленного валка

Определяющим параметром при эксцентрично установленном валке будет угол захвата $\alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$ при среднем значении межвалкового пространства $b_{\text{ср}}$

(рисунок 3). Рассмотрим положение II (положение IV рассчитывается аналогичным образом).

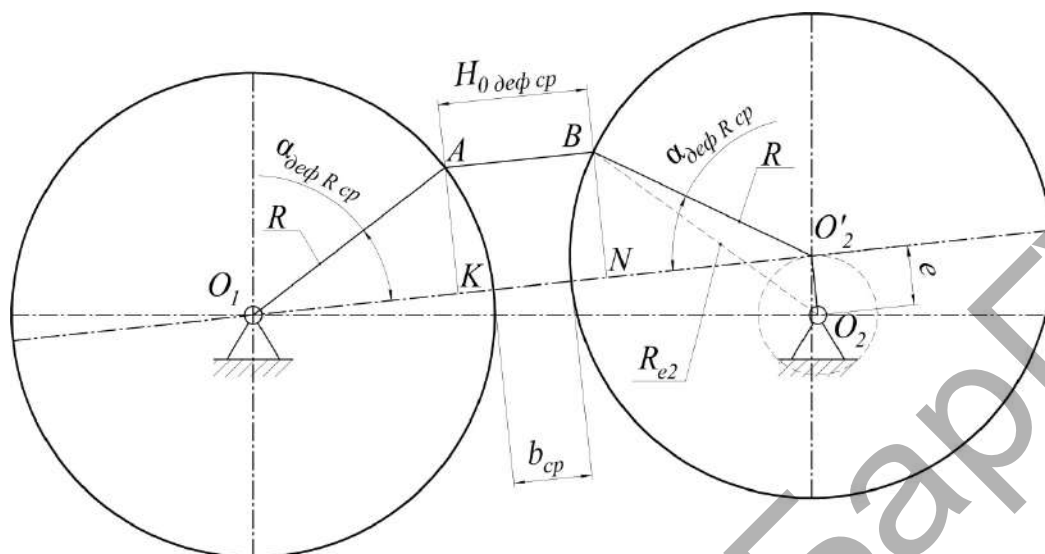


Рисунок 3 — Схема определения углов в среднем положении

$$H_{0 \text{ деф ср}} = 2R + b_{\text{ср}} - 2R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} = 2R(1 - \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}) + b_{\text{ср}}$$

Отсюда после соответствующих преобразований:

$$\alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} = \arccos \left(1 - \frac{H_{0 \text{ деф ср}} - b_{\text{ср}}}{2R} \right)$$

Для эксцентрично расположенного валка критиче-

скими будут положения максимального b_{max} и минимального b_{min} значений зазора, что соответствует схемам I и III (рисунок 2).

Для максимального зазора b_{max} (рисунок 4) при $R_{e1} = R, R_{e2} = R_{\text{min}}, e_1 = 0, e_2 = e$, из $\Delta O_1 AK$ и $\Delta O_2 BN$ при $R_1 = R_2 = R, AK = BN = R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$.

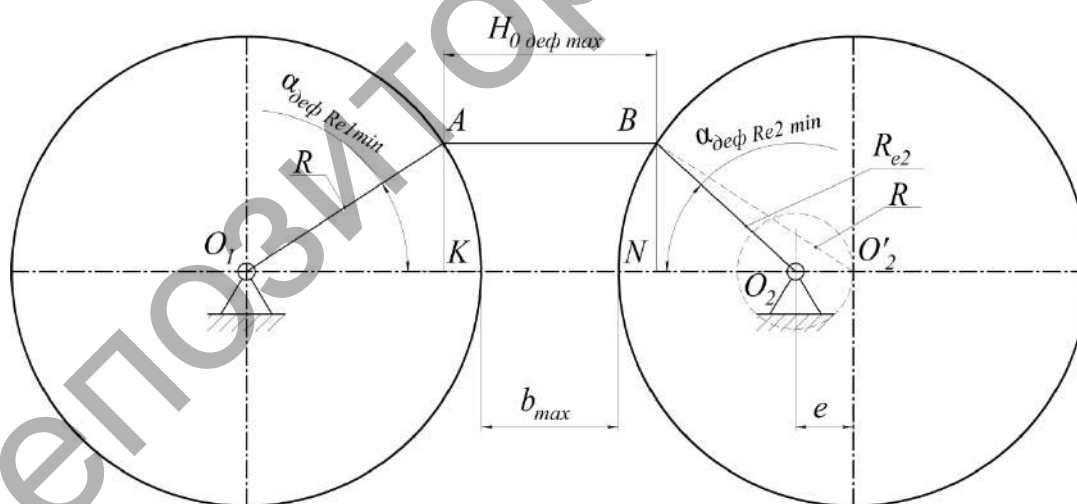


Рисунок 4 — Схема определения углов при максимальном зазоре

В то же время, из $\Delta O_1 AK$ и $\Delta O_2 BN$ следует:

$$AK = R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} \cdot \text{tg} \alpha_{\text{деф } Re1 \text{ min}}$$

$$BN = (R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e) \cdot \text{tg} \alpha_{\text{деф } Re2 \text{ min}}$$

Откуда соответственно:

$$\text{tg} \alpha_{\text{деф } Re1 \text{ min}} = \frac{AK}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = \text{tg} \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$\text{tg} \alpha_{\text{деф } Re2 \text{ min}} = \frac{BN}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e}$$

или

$$\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ min}} = \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ min}} = \arctg \left(\frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e} \right)$$

Для минимального зазора b_{min} (рисунок 5) при $R_{e1} = R, R_{e2} = R_{\text{max}}, e_1 = 0, e_2 = e$, из $\Delta O_1 AK$ и $\Delta O_2 BN$ и при $R_1 = R_2 = R, AK = BN = R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$.

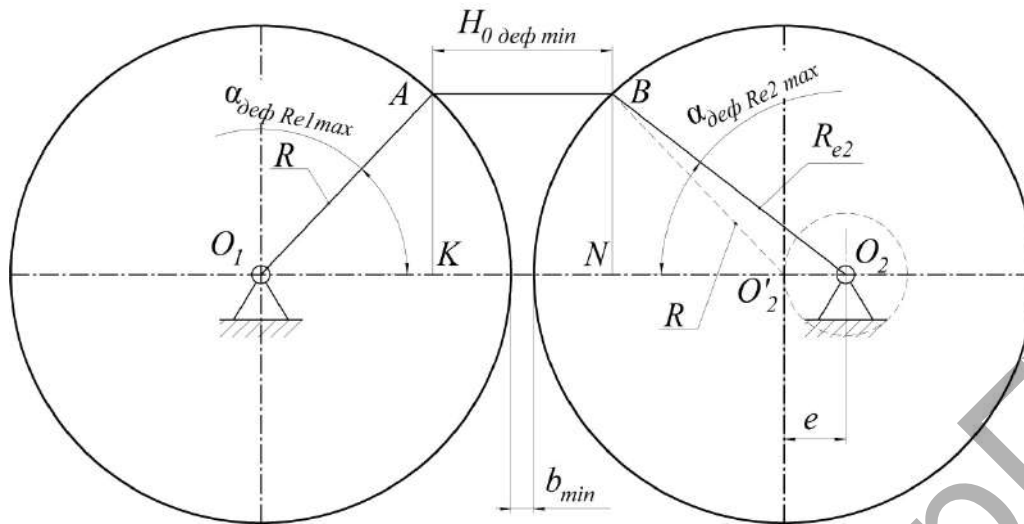


Рисунок 5 — Схема определения углов при минимальном зазоре

В то же время, из ΔO_1AK и ΔO_2BN и следует:

$$AK = R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{деф } Re1 \text{ max}}$$

$$BN = (R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{деф } Re2 \text{ max}}$$

Откуда соответственно:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{деф } Re1 \text{ max}} = \frac{AK}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{деф } Re2 \text{ max}} = \frac{BN}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e}$$

или

$$\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ max}} = \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ max}} = \operatorname{arctg} \left(\frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e} \right)$$

Проведенный теоретический расчет показывает изменение угла захвата материала от минимального до максимального значения в вибровалковом измельчителе. В свою очередь величина угла захвата зависит от выбранного значения межвалкового пространства в среднем положении, которая определяет величину степени измельчения материала.

Исследованный характер изменения углов захвата (деформации) свидетельствует о наличии сдвиговых деформаций при разрушении материала, что интенсифицирует процесс их измельчения.

Список использованных источников

1. Романович, А.А. Основы расчета и проектирования пресс-валковых агрегатов для измельчения анизотропных материалов: монография / А.А. Романович, А.В. Колесников. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. — 165 с.

2. Хайнике Г. Трибохимия / Г. Хайнике — М.: Мир, 1987. — 584 с.

3. Клушанцев, Б.В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б.В. Клушанцев, А.И. Касарев, Ю.А. Муйземнек. — М.: Машиностроение, 1990. — 320 с.

4. Силенок, С.Г. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / С.Г. Силенок, А.А. Борщевский, М.Н. Горбовец и др. — М.: Машиностроение, 1990. — с. 306—329.

5. Neue Erkenntnisse zur Energielilanz bei Zerkleinerung / Heegn H., Bernhardtс., TKacova K., Sekula F. / Neue Berg bautechnik, — №4. 1983. — p. 216 — 220.

6. Севостьянов, В.С. Энергосберегающие помольные агрегаты / В.С. Севостьянов. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. — 436 с.

7. Поникаров, И.И. Расчет машин и аппаратов химических производств и нефтепереработки (примеры и задачи): Учебное пособие / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В. Рачковский. — М.: Альфа-М, 2008. — 720 с.: ил.

8. Богданов, В.С. Процессы в производстве строительных материалов / В.С. Богданов, А.С. Ильин, И.А. Семикопенко, — Белгород.: Везелица, 2007. — 512 с.

9. Сиваченко, Л.А. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя /Л.А. Сиваченко, Л.Л. Сотник, Вестник БарГУ, Серия Технологические науки, Барановичи, Выпуск 5, 2017, — С. 87-92.

10. Сотник, Л.Л. Кинематический анализ эксцентрикового вибровалкового измельчителя /Л.Л. Сотник, С.И. Русан, Л.А. Сиваченко, Матер. VI Междунар. научного симпозиума Ударно-вибрационные системы и машины для строительной и горной отраслей, ОГУ им. Тургенева, Орел, 2017, — С. 233-241.

L.A. Sivachenko, L.L. Sotnik, I.A. Bogdanovich

ANALYSIS OF CHANGING THE CORNER AND INTERVALK SPACE IN A VIBRAL TRIMMER

Educational institution "Belarusian-Russian University", Mogilyov

Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi

Summary

The analysis of the existing methods of calculation of the press roller assemblies and the produced equipment is conducted. The kinematic of the changing of the roll space and the angle of capture in the vibrovelocity chopper is shown. It is theoretically proved the presence of crushing-shifting stress on the ground material.

Репозиторий БарГУ