

*ассистент Левченко О.А.,  
к. ф-м. н. Галич В.А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПЕРЕВОРАЧИВАНИЯ АГЛОСПЕКА**

*Розглянуте рівняння руху, що описує зміну кута повороту агрегату за рахунок миттєвої протидії його ковзанню.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

В настоящее время на металлургических предприятиях Украины и стран СНГ аглоспек на дробление подается путем скольжения по наклонной направляющей поверхности. В результате этого разрушение в одновалковой дробилке происходит воздействием на спек зубьями ротора в направлении от более нагретой стороны к менее нагретой. Это снижает эффективность дробления пирога и увеличивает энергозатраты, так как значительно нагретая нижняя сторона (около 800 °С) выполняет роль демпфирующей подушки. Вопрос подачи агломерата на дробление "горячей" стороной в литературе, за исключением работы [1], практически не рассматривался. Изучался лишь процесс разрушения с холодной стороны без учета возможности переворачивания аглоспека.

На разрушения аглоспека при его переворачивании значительное влияние оказывает динамическая нагрузка, определяемая в первую очередь скоростью движения пирога. При этом условия переворачивания были выведены ранее [2].

**Анализ исследований и публикаций.** В более ранней публикации авторов рассматривался наиболее простой путь осуществления переворачивания пирога агломерата, движущегося под действием силы тяжести по наклонной направляющей, под действием силы инерции самого куска [3]. Вопрос подачи агломерата на дробление "горячей" стороной практически не рассматривался, за исключением работы [1] без учета возможности переворачивания аглоспека.

**Постановка задачи.** Задачей публикации является выявление математических зависимостей, описывающих изменение скорости аглоспека при его переворачивании под действием силы тяжести с целью определения конкретных значений параметров характеризующих его движение.

**Изложение материала и его результаты.** При изучении возможности переворачивания [3] нами была получено расстояние от

начала движения пирога до точки упора, гарантирующее его переворачивание:

$$s_0 = s + \frac{l}{2} \quad (1)$$

$$s = \frac{g\sqrt{h^2 + l^2} (1 - \sin(\alpha + \varphi)) - V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g(\sin \varphi - f \cos \varphi) \sin^2 \alpha} \quad (2)$$

где  $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{h}{l}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения;

$h$  – высота пирога агломерата;

$l$  – длина пирога агломерата;

$f$  – коэффициент трения;

$\varphi$  – угол наклона направляющей поверхности к горизонту.

С учетом приведенных выражений условие переворачивания определится как:

$$s_0 = \frac{g\sqrt{h^2 + l^2} (1 - \sin(\operatorname{arctg} \frac{h}{l} + \varphi)) - V_0^2 \sin^2 \operatorname{arctg} \frac{h}{l}}{2g(\sin \varphi - f \cos \varphi) \sin^2 \operatorname{arctg} \frac{h}{l}} + \frac{l}{2} \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что начальная скорость в виду своей малости (второго порядка) практического влияния на расчеты не оказывает и ею можно пренебречь так как величина скорости перемещения тележек по агломашине составляет до 0,033 м/с, тогда:

$$s_0 = \frac{g\sqrt{h^2 + l^2} (1 - \sin(\operatorname{arctg} \frac{h}{l} + \varphi))}{2g(\sin \varphi - f \cos \varphi) \sin^2 \operatorname{arctg} \frac{h}{l}} + \frac{l}{2} \quad (4)$$

Расстояния от начала движения агломерационного пирога до упора, для пирога длиной 1 м рассчитанные по формуле (4) представлены в таблице 1.

Из результатов расчетов (Табл. 1) видно, что существенное влияние на возможность переворачивания оказывает угол наклона направляющей, а также высота спеченного пирога. В таблице 2 представлены для сравнения результаты расчетов по формуле (4) при длине аглоспека 0,5 м, что дает возможность определить, как влияет разрушения агломерата на паллетах на возможность его переворачивания. А именно, с уменьшением размеров пирога вероятность его переворачивания возрастает.

Таблица 1 – Результаты расчетов

| Высота пирога агломерата, h, мм | Угол наклона направляющей, $\varphi$ , ° | s, м | Расстояние до упора, $s_0$ , м |
|---------------------------------|--|------|--------------------------------|
| 300                             | 45                                       | 2,14 | 2,67                           |
|                                 | 60                                       | 0,28 | 0,78                           |
|                                 | 75                                       | 0,01 | 0,51                           |
| 350                             | 45                                       | 1,44 | 1,94                           |
|                                 | 60                                       | 0,14 | 0,64                           |
|                                 | 75                                       | 0,02 | 0,52                           |
| 400                             | 45                                       | 0,90 | 1,40                           |
|                                 | 60                                       | 0,07 | 0,57                           |
|                                 | 75                                       | 0,01 | 0,51                           |

Таблица 2 – Результаты расчетов для пирога длиной 0,5 м

| Высота пирога агломерата, h, м | Угол наклона направляющей, $\varphi$ , ° | s, м | Расстояние до упора, $s_0$ , м |
|--------------------------------|--|------|--------------------------------|
| 300                            | 45                                       | 0,17 | 0,42                           |
|                                | 60                                       | 0,01 | 0,26                           |
|                                | 75                                       | 0,01 | 0,26                           |

Таким образом, если аглопирог на паллетах самопроизвольно разрушается – это способствует возможности его переворачивания.

Обозначим через  $\varphi$  угол поворота куска агломерата относительно точки упора за время  $t$  (Рисунок 1). Тогда, приравнявая усилия и моменты, приложенные к центру масс, получим:

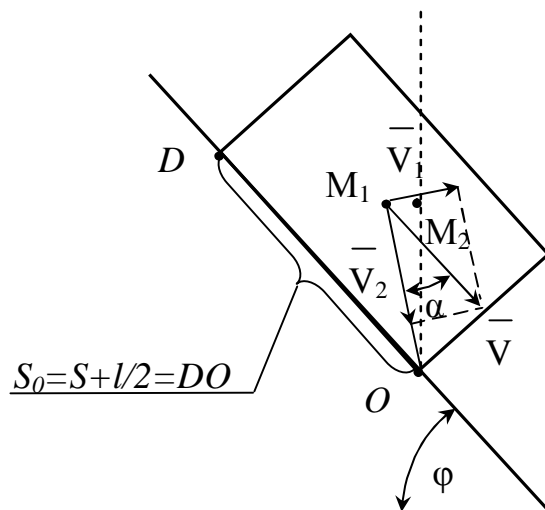


Рисунок 1 – Расчетная схема опрокидывания агломерата

$$J \ddot{\varphi} = -\frac{l}{2} mg \sin \varphi$$

$$N - mg \cos \varphi = \frac{m \dot{\varphi}^2}{R}, \quad (5)$$

где  $J$  - момент инерции;  
 $N$  - сила реакции упора.

$$R = \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{2}$$

Начальные условия имеют вид:

$$\varphi(0) = 0$$

$$\dot{\varphi} = \frac{2hV}{h^2 + l^2} \quad (6)$$

Во втором начальном условии отражена скорость, с которой начинает движение центр масс в окружном направлении в начальный момент времени. Первое уравнение (5) и начальные условия (6) представляют собой задачу Коши для дифференциального уравнения второго порядка. Понизим порядок этого уравнения. Для этого введем

новую функцию  $u(\varphi) = \dot{\varphi}$ . Следовательно  $\ddot{\varphi} = \dot{u} \dot{\varphi} = u \dot{u}$

В результате первое уравнение (1) примет вид:

$$J u \dot{u} = -\frac{l}{2} mg \sin \varphi \quad (7)$$

Применим метод разделения переменных для решения этого уравнения:

$$u \frac{du}{d\varphi} = -\frac{k}{2} \sin \varphi,$$

где  $k = \frac{lmg}{J}$ .

Далее

$$u du = -\frac{k}{2} \sin \varphi d\varphi,$$

или, интегрируя обе части полученного равенства, получим:

$$u = \sqrt{k \cos \varphi + c_1}$$

Подставляя в последнюю формулу выражение для  $u$  через  $\varphi$  будем иметь:

$$\dot{\varphi} = \sqrt{k * \cos \varphi + c_1}$$

Для нахождения константы  $c_1$  воспользуемся начальными условиями (4). Имеем:

$$\dot{\varphi} = \frac{2hv}{h^2 + l^2} = a = \sqrt{k + c_1}$$

Отсюда  $c_1 = -k + a^2$ . Окончательно уравнение движения, описывающее изменение угла  $\varphi$  в процессе переворачивания, запишем так:

$$\dot{\varphi} = \sqrt{k * (\cos \varphi - 1) + a^2} \quad (8)$$

$$\varphi(0) = 0 \quad (9)$$

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Повышение эффективности процесса дробления агломерационного спека и улучшения свойств готового агломерата возможно путем наложения на него усилий с нижней (более нагретой стороной).

Динамическое переворачивание аглоспека за счет мгновенного препятствия его движению вызывает образование в нем трещин и приводит к предварительному разрушению на этапе подачи в дробилку.

Уравнение движения, описывающее изменение угла  $\varphi$  в процессе переворачивания, имеет вид:

$$\dot{\varphi} = \sqrt{k * (\cos \varphi - 1) + a^2}$$

*Рассмотрено уравнение движения, описывающее изменение угла поворота агломерата за счет мгновенного препятствия его скольжению.*

*The equation of movement describing change of a corner of turn of agglomerate due to an instant obstacle to his sliding is considered.*

### **Библиографический список.**

1. *Интенсивная механическая обработка агломерата. Теория, оборудование, технология.* Борискин И.К., Арыков Г.А., Пыриков А.Н. - М.: МИСИС, 1998. -248 с.

2. *Левченко О.О. Галич В.А., Алтухов В.М., Левченко Е.П. Спосіб подання агломерату в одновалкову зубчасту дробарку. Деклараційний патент на корисну модель № 17859, Україна, МКІ В 02 С 4/10. Опубл. 16.10.06 Бюл. № 10.*

3. *Левченко О.А., Галич В.А. О некоторых технологических аспектах дробления агломерата. Сб. научн. тр ДонГТУ. Вып 23. – Алчевск: ДонГТУ, 2006. - С 251 – 256.*

*Рекомендовано к печати  
к. т. н., проф. Ульяницьким В.Н.*