

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАЧЕРПЫВАНИЯ СМЕРЗШЕГОСЯ ФЛОТАЦИОННОГО КОЛЧЕДАНА ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ИЗ ШТАБЕЛЯ В БУНКЕР ТРАНСПОРТЕРА

Суровегина Т.Ю.¹, Никандров И.С.¹, Малыгин А.Л.¹

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Дзержинск, Россия (606026, г. Дзержинск, ул. Гайдара, 49) e-mail: surovegina-1962@mail.ru

Изучено влияние температуры и влажности смерзшегося флотационного колчедана на коэффициент заполнения челюстей грейфера, на моменты сил трения дробленого материала по днищу, боковым внутренним и наружным стенкам, сопротивление резанию материала шинами челюстей, на моменты сил сопротивления сжатию и уплотнению материала и усилие в замыкающем канате грейфера. Экспериментально получено, что коэффициент заполнения челюстей при увеличении температуры смерзшегося материала с минус 12 градусов до плюс 3 градусов возрастает с 0,25 до 0,96. Момент сил разрушения корки падает с 61 кНм до нуля при повороте челюстей на 5-7 градусов. Момент сил трения по днищу возрастает до 20 кНм, момент сил сжатия возрастает до 17 кНм. Показана необходимость включения в РТМ уравнений расчета моментов сил трения по днищу, по внутренним боковым стенкам, момента сил сжатия и уплотнения, учитывающих величины коэффициента заполнения. Усилие в замыкающем канате уменьшается с 47 кН до 26 кН с понижением температуры смерзшегося материала с минус 1 градуса до минус 12 градусов.

Ключевые слова: колчедан, смерзание, зачерпывание, грейфер, коэффициент заполнения

STUDY OF SCOOP OF FROZEN PYRITE FLOTATION IN CASE OF OVERLOAD FROM THE STACK IN TANK TRANSPORTER

Surovegina T.U.¹, Nikandrov I.S.¹, Maligin A.L.¹

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Dzerzhinsk, Russia (606026, Dzerzhinsk, avenue of Gaydar, 49) e-mail: surovegina-1962@mail.ru

The effect of temperature and humidity on the frozen pyrite flotation fill factor grapple on the friction torque of the crushed material on the bottom, inner and outer side walls, cut-resistant material tires jaws on the moments of forces of resistance to compression and compaction of the material and the force in the closing rope grab. Experimentally found that the fill factor while increasing temperature of the jaws of frozen material from minus 12 degrees to plus three degrees increases from 0.25 to 0.96. Torque destruction crust falls from 61 kNm to zero at the turn of the jaws by 5-7 degrees. Friction torque on the bottom rises to 20 kNm torque compression increases to 17 kNm. Shows the need for the RTM equations for calculating the friction torque on the bottom, on the inner side walls, torque and compression seals, taking into account the value of the duty cycle. The force in the closing rope decreases from 47 kN to 26 kN with decreasing temperature of frozen material from minus 1 degree to minus 12 degrees.

Keywords: pyrite, freezing together, scooping, grab, the fill factor

Из-за интенсивности смерзания серный флотационный колчедан на производство серной кислоты завозят в летний период из расчета на годовую потребность и хранят в штабелях. В период с декабря по март колчедан смерзается в монолитную корку толщиной 2-2,2 м. Подача колчедана со склада в печи сжигания становится зимой проблематичной. При перегрузке смерзшихся сыпучих материалов высокую эффективность дает применение грейфера-рыхлителя конструкции В.А. Севастьянова [4,6,7]. Представляет практический интерес использование данной конструкции и для подачи смерзшегося колчедана со склада в бункер транспортеров [1].

Цель исследования

Получение отсутствующих данных по зачерпыванию смерзшегося флотационного колчедана, по установлению влияния температуры и влажности колчедана на момент сопротивления зачерпыванию.

Экспериментальная часть

Проведено обследование работы грейферного мостового крана при перегрузке смерзшегося в штабеле хранения флотационного колчедана. Температуру слоя измеряли мерной рейкой, описанной в [4]. Влажность колчедана определяли весовым методом по [3]. Коэффициент заполнения грейфера определяли взвешиванием порожнего и груженого самосвала на автомобильных весах с точностью $\pm 1\%$. Силовые и геометрические параметры грейфера показаны на рис.1.

Результаты и их обсуждение

В начальный момент смыкания челюстей после завершения внедрения в смерзшийся материал происходит захват очерченной контуром челюстей плиты корки материала и сжатие ее с последующим растрескиванием и рыхлением зажатой корки .

В данный момент натяжение замыкающего каната $F_{зк}$ уравнивает силу трения челюстей о смерзшийся материал $F_{тр}$ и силу веса грейфера $G_{гр}$, поскольку вес грейфера приходится на замыкающий канат (рис. 1 а).

$$F_{зк} = G_{гр} + 2F_{тр}. \quad (1)$$

Сила трения пропорциональна силе сжатия корки челюстями $F_{сж}$:

$$F_{тр} = F_{сж} \cdot \mu_t, \quad (2)$$

где μ_t - коэффициент трения смерзшегося материала по стали.

Сила сжатия равна:

$$F_{сж} = P_0 \cdot Z \cdot n \cdot b, \quad (3)$$

где P_0 - начальное давление деформации материала, Па;

Z - глубина внедрения РЭ, м;

n - число РЭ;

b - ширина режущей кромки, м.

Таким образом, сила натяжения замыкающего каната определяется по формуле:

$$F_{зк} = G_{гр} + 2 P_0 \cdot Z \cdot \mu_t \cdot n \cdot b. \quad (4)$$

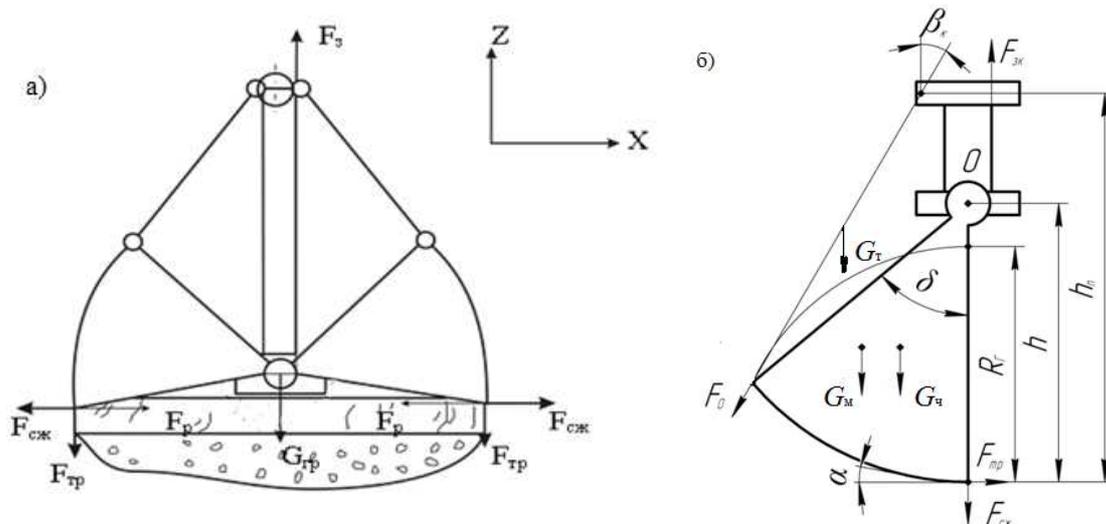


Рис. 1. Схема сил, действующих на челюсть канатного грейфера в начальный (а) момент захвата смерзшейся корки и в конце зачерпывания (б) флотационного серного колчедана

Исследованиями установлено, что значение момента сил разрушения корки смерзшегося флотационного колчедана падает при повороте челюстей в начале зачерпывания на первых 5-10° вращения челюстей от максимального значения $M_{рк}$, равного 61 кНм, до нуля.

Усилие в замыкающем канате в процессе зачерпывания меняется от величины веса грейфера $G_{гр}$ и усилия сжатия корки до величины веса полностью загруженного грейфера ($G_{гр}+Q_m$), где Q_m - вес зачерпнутого груза (рис.1 б).

При любой степени смыкания челюстей (угол раскрытия меняется от φ_0 до $\varphi_{кон}=0$) усилие в замыкающем канате равно:

$$F_{зк} = G_{гр} + \sum M_i / h = \frac{M_{рк} + (\sum M_i)_з}{h}, \quad (5)$$

где $(\sum M_i)_з$ - суммарный момент всех сил сопротивлению при зачерпывании в данный момент процесса;

$M_{рк}$ – момент сил сопротивления резанию в конце зачерпывания

h – высота челюсти грейфера.

Следовательно, при разработке смерзшейся корки общий момент сил сопротивления зачерпыванию должен включать и момент сил разрушения корки.

Суммарный момент определяется по формуле:

$$(\sum M_i)_з = M_d + M_{бв} + M_{бн} + M_p + M_{сж}, \quad (6)$$

где M_d - момент сил трения материала по днищу, обусловленный весом зачерпнутого материала и сжатием материала;

$M_{бв}$ и $M_{бн}$ - моменты сил трения материала соответственно по боковым внутренним и наружным стенкам;

M_p - момент сил сопротивления резанию материала шинами челюстей;

$M_{сж}$ - момент сил, обусловленных сжатием и уплотнением материала.

Уравнения расчета моментов сил включены в РТМ [2]. Однако, они предполагают полное заполнение челюстей зачерпываемым материалом и не включают поправку на коэффициент заполнения, температуру и влажность материала.

Обследование работы грейферного крана при перегрузке смерзшегося в штабеле хранения флотационного колчедана показало, что заполнение грейфера связано с температурой материала. Как видно из рис. 2, при температуре груза в -12°C средняя величина коэффициента заполнения грейфера равна 0,25 (при разбросе величин от 0,15 до 0,36); при температуре -7°C $\varphi_{ср}=0,3$; при температуре 0°C $\varphi_{ср}=0,7$ и при температуре выше $+2^{\circ}\text{C}$ величина коэффициента заполнения приближается к единице ($\varphi_{ср}=0,95$).

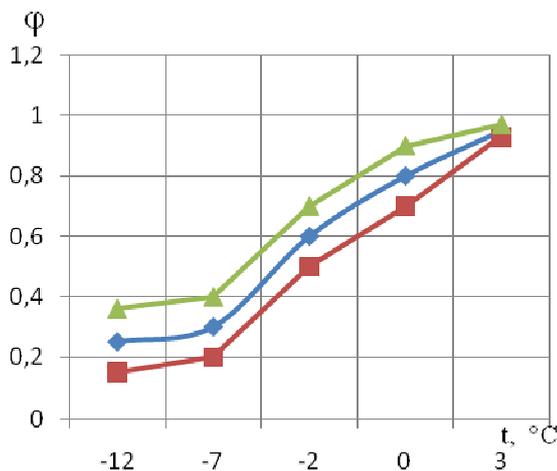


Рис.2

Совершенно очевидно, что при меньшем заполнении грейфера трение материала по днищу как за счет веса груза, так и за счет сжатия и уплотнения материала, должно быть ниже, и оно должно быть пропорционально коэффициенту заполнения челюстей φ .

С учетом реальной работы грейфера даны уравнения моментов сил, предлагаемые к включению в РТМ, учитывающие и изменение свойств материала в зависимости от температуры и влажности:

$$M_{рк} = G_{рп} \cdot g \cdot h + \sigma_{сж} \cdot Z \cdot n \cdot b \cdot \mu_0 [(1+k_7t) \cdot (1-k_8\omega)], \quad (7)$$

$$M_{д} = \frac{2P_0 B h \Psi^2 \delta \varphi \mu_0 [(1+k_7t) \cdot (1-k_8\omega)]}{1-K_p} \cdot \left(1 - e^{\frac{K_p - 1}{\Psi}}\right), \quad (8)$$

$$M_{6B} = \frac{4P_0 B h R_r \Psi^2 \delta \varphi \xi_0 [(1 - k_5 t) \cdot (1 + k_6 \omega)]}{(1 - K_p)^2} \cdot \left(e^{\frac{K_p - 1}{\Psi}} + \frac{1 - K_p}{\Psi} \right) \cdot (1 - \sin \alpha), \quad (9)$$

$$M_{сж} = \frac{2P_0 B h R_r \Psi_0 \varphi (1 - k_3 t) \cdot (1 + k_4 \omega)}{K_p - 1} \cdot \left(e^{\frac{K_p - 1}{\Psi}} + \frac{1 - K_p}{\Psi} - 1 \right) \cdot (1 - \sin \alpha). \quad (10)$$

Значения коэффициентов влияния температуры и влажности приведены в табл.1.

Таблица 1

Коэффициент	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8
Значение	0,05	4,3	0,00085	0,041	0,008	0,245	0,034	1

Момент сил трения, обусловленных весом зачерпнутого груза M_d' , в течение всего периода смыкания челюстей возрастает до 18-20 кНм.

Уплотнение материала и момент сил трения по днищу, обусловленных их действием, нарастают и достигают максимума, равного ~ 280 кНм к моменту смыкания челюстей.

Силы уплотнения приобретают значащие масштабы на завершающей стадии смыкания челюстей, практически на последних 10-15° поворота челюстей перед их закрытием. При этом момент от сил сжатия достигает 17,0 кНм.

Суммарный момент от сил резания составляет 16-23,6 кНм.

Таким образом, суммарный момент от сил сопротивления зачерпыванию меняется от 61 кНм в момент захвата очерченной корки, затем после снижения до 11 кНм начинает расти после смыкания валков перед режущей шиной челюсти и достигает 80-110 кНм к моменту завершения смыкания челюстей (рис.3).

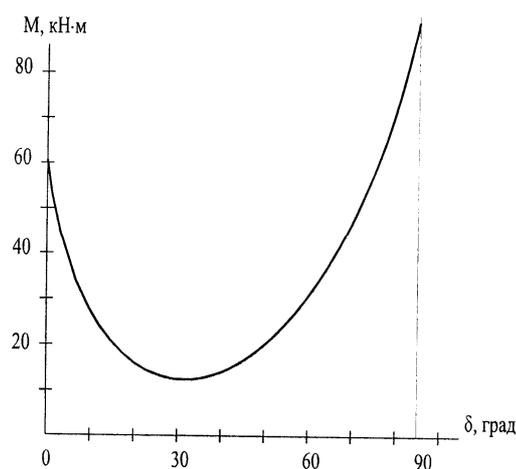


Рис. 3. Изменение величины суммарного момента сил сопротивления зачерпыванию при смыкании челюстей грейфера от угла поворота челюстей δ

Средняя сила сопротивления зачерпыванию $R_{зач}$ равна отношению средней величины момента от сил сопротивления к высоте челюсти до оси нижнего шарнира h и ее значение равно 35 кН.

$$R_{зач} = \omega \cdot Z \cdot B, \quad (11)$$

где ω - удельное сопротивление материала зачерпыванию, кН/м²;

B – ширина челюсти грейфера, м.

Исследованиями установлено, что для флотационного колчедана удельное сопротивление зачерпыванию равно 200-220 кН/м².

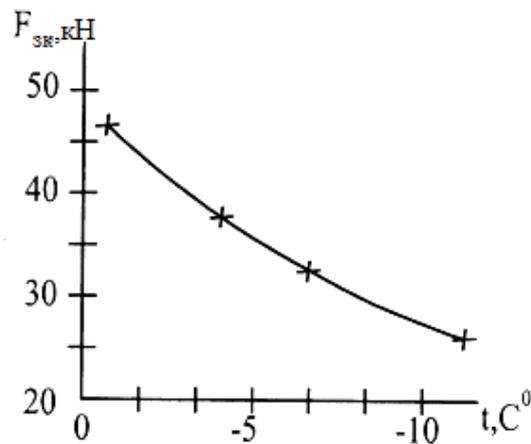


Рис.4. Изменение усилия в замыкающем канате ($F_{зк}$) при понижении температуры слоя смерзшегося колчедана

Усилие в замыкающем канате грейфера, как видно из рис.4, при разработке смерзшейся корки, увеличивается с повышением температуры смерзшегося слоя с 26435Н при (-13⁰С) до 38600 Н при (-5⁰С) и до 48756 Н при (-1⁰С).

Заключение

1. На сопротивление зачерпыванию существенно влияет степень заполнения челюстей материалом.
2. Получены уравнения расчета моментов сил сопротивления разрушению корки, трения по днищу, трения по внутренним боковым стенкам и момента сил уплотнения материала.
3. Даны предложения по уточнению формул расчета моментов сил.

Список литературы

1. Перегрузка смерзшихся сыпучих материалов грейферами. Татьяна Суroveгина, Игорь Никандров, Михаил Никандров [Электронный ресурс]. LAP Lambert Academic Publishing (2013-11-02) <https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/gb/book/978-3-659-48183-3/>

2. РТМ 212-0133-85 Руководящий технический материал. Грейферы двухчелюстные канатные общего назначения. Методы расчета при проектировании. – МРФ РСФСР, 1985 - 55 с.
3. Руководство к практическим занятиям по технологии неорганических веществ / Под ред. Проф. М.Е. Позина. – Л.: Химия, 1980.
4. Севастьянов, В.А. Разработка методики расчета и создание рациональной конструкции канатного грейфера-рыхлителя для смерзшихся сыпучих материалов: Дисс. канд. техн. наук: 05.05.04 Н.Новгород, 2006.- 187 с.
5. Суroveгина, Т.Ю., Кабаева, Л.В. Влияние температуры и влажности материала на сопротивление внедрению челюстей грейфера в смерзшийся сыпучий материал [Текст]. VIII Международная молодежная научно-техническая конференция "Будущее технической науки". - Н.Новгород, 15 мая 2009 г.
6. Суroveгина, Т.Ю., Кабаева, Л.В. Севастьянов, В.А., Никандров, И.С. Расчет внедрения режущих элементов в смерзшийся сыпучий материал [Текст]. Общее технической науки. Тезисы докладов Международной молодежной научно-технической конференции.- Н.Новгород, 2007.
7. Суroveгина, Т.Ю., Никандров, И.С., Кабаева, Л.В. Разработка аккумулятора энергии опускания нижней траверсы грейфера для обеспечения ресурсосбережения при перегрузке сыпучих материалов [Текст]. Будущее технической науки. IX Международная молодежная научно-техническая конференция.- Н.Новгород, 2010.

Рецензенты:

Луконин В.П., д.т.н., профессор, генеральный директор ФГУП «НИИ полимеров им. академика В.А. Каргина», г. Дзержинск;

Сажин С.Г., д.т.н., профессор, генеральный директор НТЦ АСТ, г. Дзержинск.