

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРЕЙФЕРА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ВНЕДРЕНИЮ В СМЕРЗШИЙСЯ ФЛОТАЦИОННЫЙ КОЛЧЕДАН

Суровегина Т. Ю., Никандров И. С., Шурашов А. Д.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, г. Дзержинск, Россия (606026, г. Дзержинск, ул. Гайдара, 49)

Исследован процесс внедрения режущих элементов грейфера в смерзшийся флотационный колчедан. Установлена зависимость величины заглупления режущих элементов грейфера от численного значения удельного сопротивления внедрению. Установлена зависимость сил сопротивления внедрению от длины режущей кромки, угла заострения режущих элементов, глубины внедрения в перегружаемый серный колчедан. Получена регрессионная модель процесса внедрения режущих элементов в смерзшийся флотационный колчедан, позволяющая оптимизировать конструкцию и размеры режущих элементов. Получены данные по изменению напряжения сжатия по длине режущего элемента при его внедрении в смерзшийся слой флотационного колчедана. Показана относительная сходимость данных значений с величинами напряжений сжатия для смерзшегося песка. Установлены оптимальные размеры режущих элементов грейфера для перегрузки смерзшегося колчедана, а также величина расстановки режущих элементов на челюсти грейфера, при которых происходит более эффективное разрушение корки смерзшегося материала.

Ключевые слова: грейфер, режущие элементы, смерзшийся материал, флотационный серный колчедан.

IMPACT OF THE PARAMETERS OF GRAB ON RESISTANCE TO THE INTRODUCTION IN THE FROZEN PYRITE FLOTATION

Surovegina T. U., Nikandrov I. S., Shurashov A. D.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev, Dzerzhinsk, Russia (606026, Dzerzhinsk, avenue of Gaydar, 49)

We are established the interrelation of the process of implementation of the cutting elements to grab the frozen pyrite flotation. We are established the dependence of the magnitude of penetration of cutting elements grab the numerical values of the resistivity of implementation. We are received data on changes in the compressive stress along the cutting element when embedded in the frozen layer of pyrite flotation. The relative convergence of these values with the values of compressive stresses to the frozen sand was set. We are established the dependence of the resistance forces the introduction of cutting edge length, the angle of taper cutting elements, the depth of penetration in the overloaded iron pyrite. We are received the regression model of the implementation process of cutting elements in the frozen pyrite flotation, which helps optimize the design and size of cutters. Were installed the optimal size of cutters grapple for handling frozen pyrites, and also the amount arrangement of cutting elements on the jaw grab, in which there is a more efficient destruction of the frozen crust material.

Keywords: grab, cutters, the frozen material, pyrite flotation.

Введение

При зачерпывании смерзшихся сыпучих материалов челюстями грейфера затрачивается большое количество энергии. Поскольку при преодолении сопротивления внедрению режущих элементов (РЭ) челюстей грейфера утилизируется эксергия грейфера, падающего на смерзшуюся корку материала, то важное значение имеет оптимизация параметров и конструкции данных режущих элементов [2, 3, 4, 5, 6].

Наибольшее влияние на сопротивление внедрению РЭ в материал оказывают следующие геометрические параметры РЭ: длина режущей кромки, угол заострения и глубина внедрения РЭ в материал. Для оценки влияния данных параметров на сопротивление

внедрению методом математического планирования эксперимента проведено экспериментально-статистическое исследование процесса внедрения РЭ в смерзшийся флотационный колчедан.

Цель исследования – определить степень влияния на величину силы сопротивления внедрению F (Н) челюстей грейфера вместимостью 2,5–3,2 м³ следующих параметров:

- длины режущего элемента X_1 , м;
- угла его заострения X_2 , град;
- глубины внедрения в перегружаемый серный колчедан X_3 , м.

Экспериментально была реализована матрица полного факторного эксперимента типа $N=2^3$. Смерзшиеся образцы флотационного колчедана для испытаний готовили замораживанием материала с влажностью 3,5–4 %, в соответствии с [1], в разъемных деревянных формах с размерами ячеек 100x100x100 мм. Материал в ячейках выравнивался и уплотнялся на гидравлическом прессе усилием 500 кг/м². Температура замерзания образцов менялась от -5°С до -10°С. Влажность материала определяли весовым методом. Разрушение образцов смерзшегося флотационного колчедана производили на гидравлическом прессе режущими элементами клиновидной формы с углами заточки от 30 до 50 градусов (рис. 1).

Силу внедрения F в смерзшийся флотационный колчедан определяли пересчетом величины давления пресса на образец вплоть до полного его разрушения:

$$F = \frac{P}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (1)$$

где P – величина давления пресса, Н;

α – угол заточки режущего элемента, град.

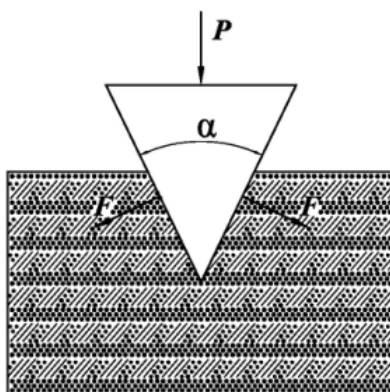


Рис. 1. Внедрение режущего элемента в смерзшийся флотационный колчедан

Обработка результатов эксперимента проводилась по методу наименьших квадратов. Получена следующая регрессионная модель внедрения режущих элементов в слой материала, адекватно описывающая влияние изученных факторов:

$$F = 12010 + 3280X_1 - 1360X_2 + 8200X_3 - 94X_1X_2 + 4300X_1X_3 - 2476X_2X_3 + 18X_2^2 - 34X_1X_2X_3. \quad (2)$$

Анализ коэффициентов уравнения модели показал наибольшее влияние на силу сопротивления внедрению длины и угла заострения РЭ. Сила сопротивления внедрению уменьшается при одновременном уменьшении длины режущего элемента и увеличении угла его заострения. Наиболее эффективное разрушение корки достигается при длине кромки 150 мм, угле заострения 40–50° и глубине внедрения 150–230 мм (рис. 2 и 3).

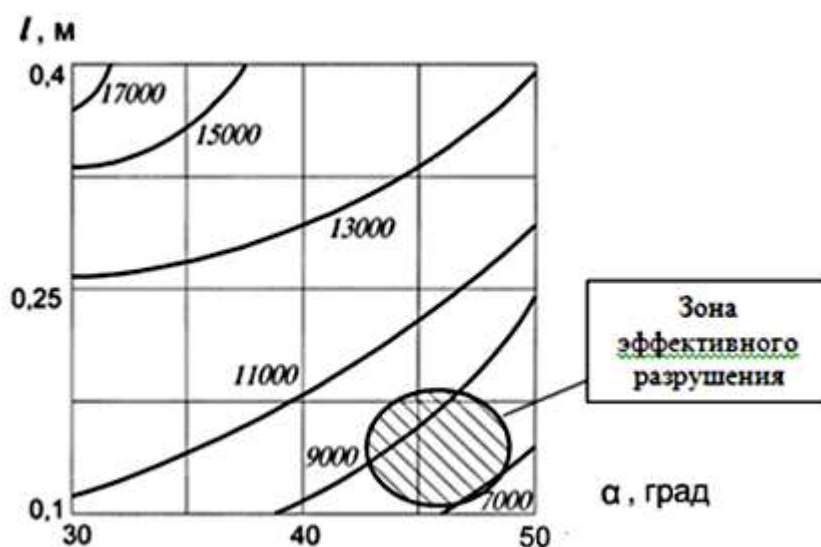


Рис. 2. Влияние длины l и угла заострения α режущих элементов на сопротивление F внедрению в серный колчедан при температуре -10°C и глубине внедрения 180 мм

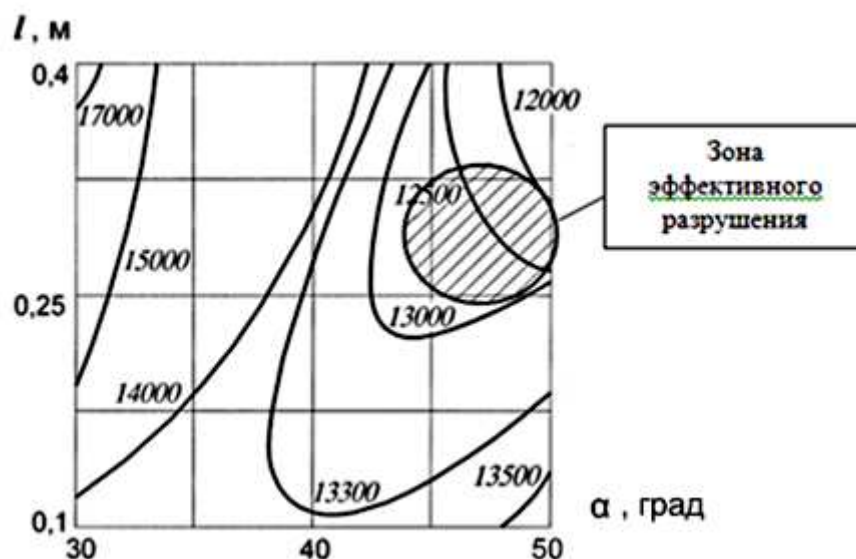


Рис. 3. Влияние длины l и угла заострения α режущих элементов на сопротивление F внедрению в серный колчедан при температуре -10°C и глубине внедрения 230 мм

Как видно из рис. 2, при глубине внедрения 180 мм значения сопротивления внедрению РЭ минимальны, оптимум этих значений смещается в область угла заострения РЭ $45\text{--}50^{\circ}$ и длины РЭ, равной 125–200 мм. При этих параметрах величина сопротивления внедрению равна 7000–9000 Н.

При глубине внедрения РЭ в смерзшийся колчедан 230 мм минимально достигаемая величина сопротивления внедрению РЭ возрастает ~ в 1,5 раза и составляет 12000–12500 Н при оптимальных значениях угла заострения РЭ $45\text{--}50^{\circ}$ и длине режущего элемента 250–330 мм (рис. 3).

При внедрении РЭ в груз баланс сил, действующих при заглублении грейфера, выражается уравнением:

$$G_{\text{гр}} - m_{\text{гр}}a - nF = 0, \quad (3)$$

где $G_{\text{гр}}$ – сила тяжести грейфера, Н;

$m_{\text{гр}}$ – масса грейфера, кг;

a – ускорение грейфера, $\text{м}/\text{с}^2$;

F – сопротивление внедрению одного РЭ в смерзшийся материал, Н;

n – общее число РЭ.

Сила сопротивления внедрению F в соответствии с [2] можно представить степенной функцией:

$$F = \mathbf{B}Z^{n_{\text{м}}}, \quad (4)$$

где B – показатель, характеризующий условия внедрения челюстей грейфера в смерзшуюся корку серного колчедана;

Z – величина заглублиения режущего элемента в смерзшийся колчедан, м;

n_m – показатель, отражающий характер изменения внедрения челюстей грейфера от глубины погружения в смерзшуюся корку флотационного колчедана.

При внедрении РЭ в слой на глубину Z сопротивление внедрению одного РЭ в смерзшийся материал определяется по формуле:

$$F = m_{\ddot{a}\ddot{d}} \cdot g - \dot{A}Z^{n_i} = m_{\ddot{a}\ddot{d}} \frac{d^2 Z}{d\tau^2}, \quad (5)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с²;

τ – время, с.

Проинтегрируем выражение (5) от $Z=0$ до Z_{\max} .

После окончания внедрения на глубине Z_{\max} скорость заглублиения РЭ становится равной нулю, и уравнение после интегрирования приобретает вид:

$$\frac{\dot{A}Z_{\max}^{n_i+1}}{n_i+1} - m_{\ddot{a}\ddot{d}}g \cdot Z_{\max} - \frac{m_{\ddot{a}\ddot{d}} \cdot v^2}{2} = 0, \quad (6)$$

где v – скорость опускания грейфера на материал.

Увеличение глубины внедрения РЭ обеспечивается: увеличением массы грейфера, увеличением скорости опускания грейфера или достигается при уменьшении удельного сопротивления внедрению.

По мере заглублиения РЭ в материал ускорение, обусловленное сопротивлением внедрению, возрастает и достигает максимума при остановке грейфера в слое. Следовательно, нагрузка на элементы грейфера достигает максимальных значений в момент завершения внедрения.

При внедрении клинового РЭ в смерзшийся слой материала в зоне под острием РЭ действуют развивающиеся сжимающие напряжения. Перпендикулярно боковым поверхностям клина действуют растягивающие напряжения, приводящие к образованию в разрушаемом материале трещин вдоль осевой линии режущего клина, распространяющихся по линии расстановки РЭ. При соблюдении соотношения $n_s \leq 2,5b$, рекомендованного Зенковым Р. П. [3], обеспечиваются условия для смыкания развивающихся трещин в единый разрыв корки на длину более ширины челюсти.

Исследованиями установлено, что расклинивающее напряжение в слое падает при увеличении длины РЭ при его внедрении в слой смерзшегося материала (рис. 4).

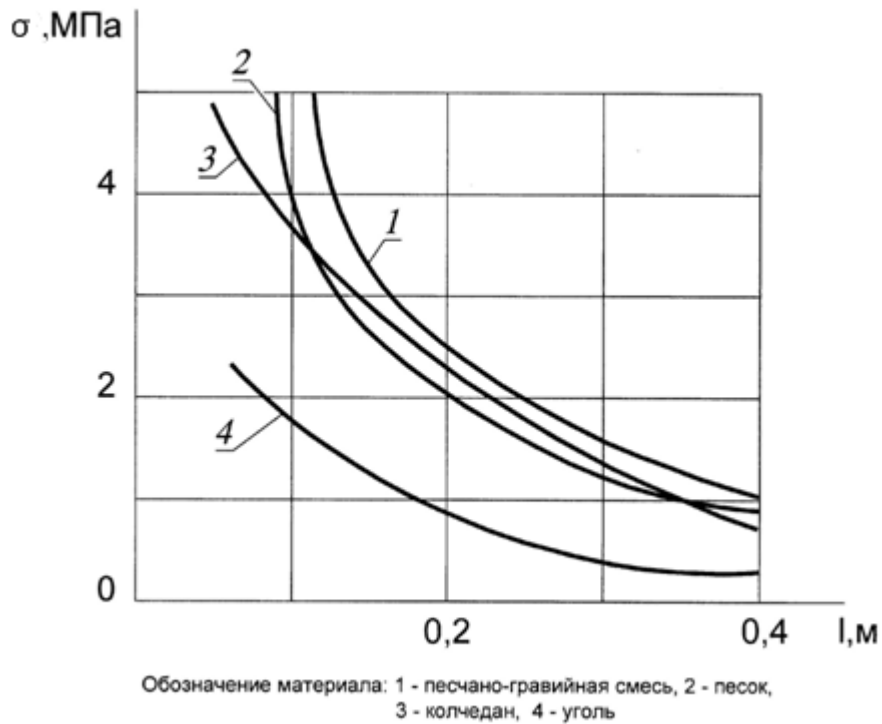


Рис. 4. Изменение напряжения сжатия σ по длине режущего элемента l при его заглублинии в смерзшийся сыпучий материал (для 1, 2, 4 – по данным [6], 3 – данные авторов)

При ширине челюсти B и числе РЭ на обеих челюстях n ($n=11$) расстановка РЭ по ширине режущей кромки челюсти (n_s) грейфера равна:

$$n_s = \frac{2B}{n}. \quad (7)$$

Исходя из опыта работы землеройной техники при разработке мерзлого грунта [2], оптимальную расстановку РЭ рекомендуется принимать равной:

$$n_s = (2 \dots 2,5)b, \quad (8)$$

где b – ширина режущей кромки РЭ.

Отсюда

$$2,5b = \frac{2B}{n}; \quad (9)$$

$$b = \frac{0,8B}{n}. \quad (10)$$

С учетом рекомендаций [3] для колчедана рекомендуемая толщина режущего элемента b_H равна $\sim 0,5b$.

Заключение

Получена регрессионная модель процесса внедрения режущих элементов в смерзшийся флотационный колчедан, позволяющая оптимизировать конструкцию и размеры режущих элементов. Исследованиями показано, что при перегрузке смерзшегося колчедана для грейфера вместимостью 2,5–3,2 м³ необходимая длина режущего элемента шириной 120 мм и толщиной 60 мм равна 200 мм, и угол заточки РЭ равен 45⁰.

Список литературы

1. ГОСТ 444-75. Колчедан серный флотационный. Технические условия.
2. Зеленин А. Н., Баловнев В. И., Керров И. П. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – 440 с.
3. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. – М.: Машиностроение, 1964. – 246 с.
4. Каракулин Г. Г. Теоретические основы определения оптимальных параметров канатных грейферов общего назначения: Дис. ... д-ра техн. наук. – Горький, 1982. – 385 с.
5. Севастьянов В. А. Разработка методики расчета и создание рациональной конструкции канатного грейфера-рыхлителя для смерзшихся сыпучих материалов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – Н.Новгород, 2006. – 187 с.
6. Слюсарев А. С. Разработка основ расчета и конструирования рабочих органов подъемно-транспортных машин, подвергающих сыпучий материал объёмному сжатию: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04. – Н. Новгород, 1991. – 391 с.
7. Таубер В. А. Грейферные механизмы. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.

Рецензенты:

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

Кравец В.Н., д.т.н., профессор, начальник отдела научно-технической информации «Института сертификации автотехники» (НП «ИНСАТ»), г. Нижний Новгород.