

В случае идеального разделения материала на грохоте  $P'_n = P_n$  и  $P'_n = P_n$ , тогда  $E_p = 100\%$ .

В случае засорения надрешетного продукта подрешетным  $P'_n$  будет больше  $P_n$ , также в случае засорения подрешетного продукта надрешетным  $P'_n$  будет больше  $P_n$ , тогда  $E_p < 100\%$ .

На рис. 1 приведена зависимость эффективности грохочения углей на гидрогохоте, рассчитанная по формулам (1) и (2), от гранулометрического параметра исходного угля. Данные рисунка показывают, что зависимость 2, рассчитанная на основании опытных данных по формуле (2), четко и линейно отражает влияние гранпараметра исходного материала (то есть его неоднородность по крупности) на эффективность грохочения. Чем больше гранпараметр исходного угля, тем выше эффективность грохочения. Это объясняется тем, что с увеличением гранпараметра уменьшается содержание промежуточных классов в исходном материале, в том числе содержание "трудных" зерен, что ведет к повышению эффективности грохочения.

Наоборот, зависимость 1 дает почти одинаково высокую эффективность грохочения для углей различной неоднородности по крупности. Это указывает на то, что различное засорение продуктов грохочения инвариантно формулой (1) различным содержанием нижнего продукта в исходном материале.

Таким образом, оценка эффективности грохочения по гранпараметру продуктов разделения позволяет более точно оценить влияние на процесс разделения гранулометрического состава исходного материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по обогащению углей. Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. - М.: Недра, 1984. - 614 с.
2. Куприн А.И., Клешиин А.А. Определение порозности зернистых материалов // Заводская лаборатория. - 1970. - №1. - С.25-32.

УДК 622.732:51.001.5

В.П. Надутый

#### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДРОБИЛЬНО-ГРОХОТИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Разработано алгоритм оптимізації параметрів циклу дроблення. Грансклад продуктів дроблення та грохочення рекомендовано ідентифікувати двоупараметричним законом розподілення. Дасться аналіз замкнутого і відкритого циклів дроблення.

Идентификация работы двухстадийного цикла дробления проводилась на основе использования регрессионных моделей дробилок и грохотов, как показано ранее [1], а также аналитических зависимостей для определения технологических показателей цикла на различных стадиях дробления. Для разработки алгоритма и программы поиска оптимальных значений управляющих параметров цикла дробления была использована одна из разновидностей градиентного метода. Было выделено восемь управляющих параметров: размеры щелей дробилок среднего и мелкого дробления  $\delta_1$  и  $\delta_2$ ; частота колебаний грохотов  $w_1$  и

$w_2$ , установленных после средней и мелкой дробилок; углы наклона грохотов  $\alpha_{г1}$ ,  $\alpha_{г2}$ ; размер ячеек сит грохотов  $\delta_{г1}$  и  $\delta_{г2}$ . Указанным параметрам заданы граничные значения из условия реальной схемы:  $20 \leq \delta_1 \leq 40$ ;  $6 \leq \delta_2 \leq 15$ ;  $730 \leq w_1(w_2) \leq 1050$ ;  $15 \leq \alpha_{г1}(\alpha_{г2}) \leq 25$ ;  $25 \leq \delta_{г1}(\delta_{г2}) \leq 35$ .

Длина просеивающей поверхности  $l_1=l_2 = 3$  м, ширина 1,75 м, площадь просеивающей поверхности  $F_1 = F_2 = 5,25$  м<sup>2</sup>. Для управляющих параметров были выбраны следующие центральные точки:  $\delta_1 = 30$ ;  $\delta_2 = 9$ ;  $w_1=w_2 = 840$ ;  $\Delta\delta_1 = \alpha_{г2} = 20$ ;  $\delta_{г1} = \delta_{г2} = 30$ ; шаг приращения аргумента был принят следующим:  $\Delta\delta_1 = 2,5$ ;  $\Delta\delta_2 = 1,5$ ;  $\Delta w = 55$ ;  $\Delta\alpha_{г} = 2,5$ ;  $\Delta\delta_{г} = 2,5$ . В качестве критерия оптимизации (целевая функция) принята максимальная производительность цикла по заданной крупности продуктов дробления при ограничении по закрупнению продукта, обусловленному техническими условиями.

Схема алгоритма программы оптимизации параметров цикла приведена на рис. 1. В блоке 1 формируется центральная точка значений аргументов - управляющих параметров двухстадиального цикла дробления. В блоке 2 формируются значения шагов приращений аргументов. Блок 3 реализует обращение к подпрограмме расчета параметров схемы для центральной точки пространства аргументов. Блок 4 выполняет поиск начального направления движения в 8-мерном пространстве аргументов  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 = \delta_1, \delta_2, w_1, w_2, \alpha_{г1}, \alpha_{г2}, \delta_{г1}, \delta_{г2}$ .

Для каждого аргумента производится приращение на шаг и при фиксированных остальных аргументах вычисляется эффект, в качестве которого рассматривается снижение закрупненности готового продукта. В зависимости от знака эффекта принимается положительное или отрицательное направление изменения значения аргумента.

Блок 5 контролирует достижение оптимального значения, которое может быть обеспечено на граничной точке области значений аргументов. Блок 6 с использованием индикаторов направлений приращений аргументов производит переход к новой точке 8-мерного пространства. Для этой точки производится расчет параметров схемы (блок 7) и запоминается один из критериев оптимизации -  $\varepsilon_{(i)k}$ .

Для новой точки пространства аргументов производится контроль достижения аргументами границ области их осуществления, т.е. аргументы, которые достигли граничного значения, исключаются из рассмотрения (блок 9). Для оставшихся аргументов производится поиск направления движения в пространстве (блок 10), после чего происходит возврат на блок 5 и процедура пошагового движения повторяется. Это будет происходить до тех пор, пока по всем аргументам не будут достигнуты граничные значения. В этом случае все индикаторы направления становятся равными нулю и происходит переход с блока 5 на блок 11, который выводит на печать результирующую информацию. Для реализации алгоритма составлена программа на языке Бейсик и реализована на ПЭВМ ИВНРС. Продолжительность решения одного варианта задачи для фиксированной нагрузки по питанию схемы составляет 10...12 мин. Ограничением

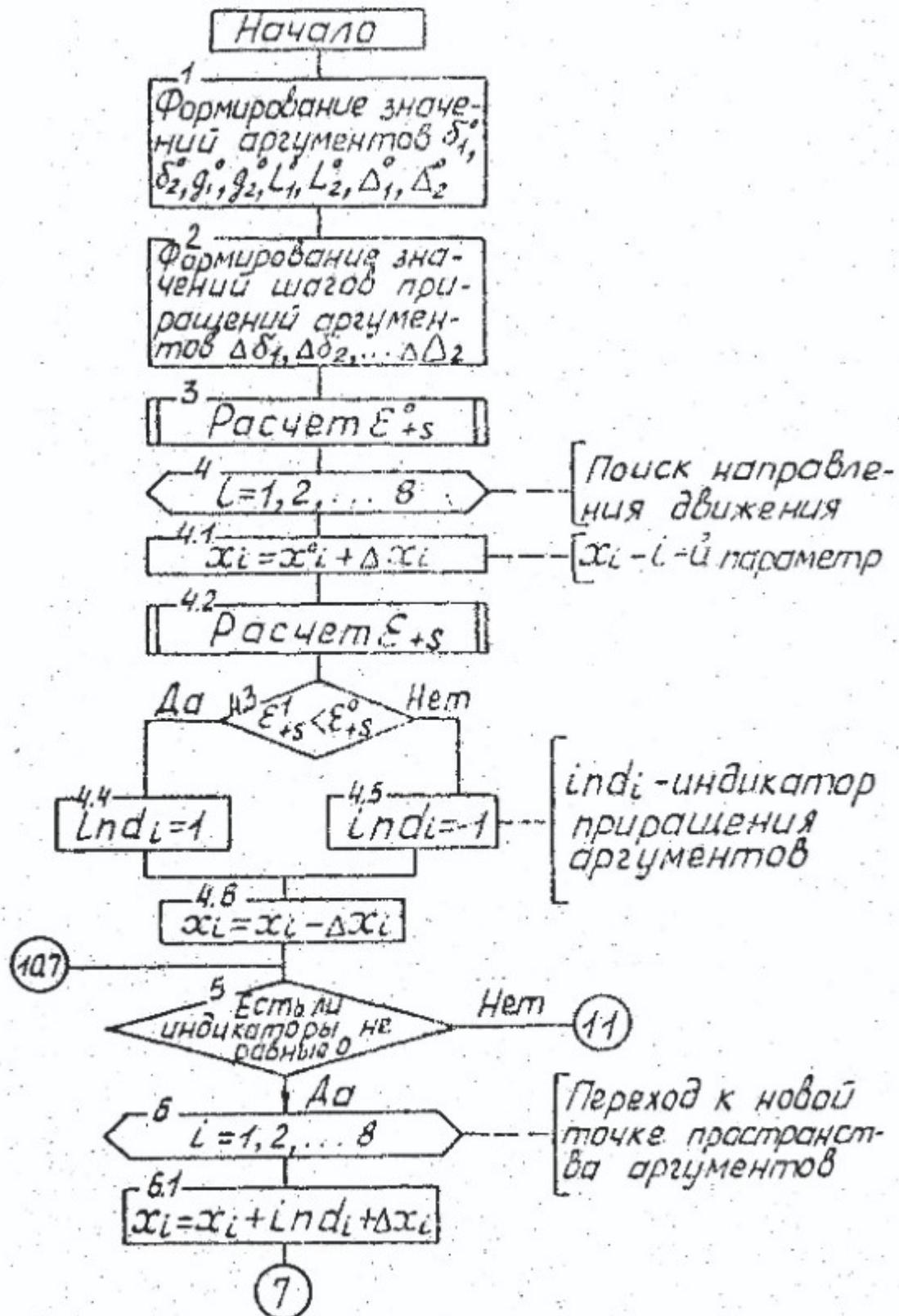


Рис. 1 - Схема алгоритма программы оптимизации параметров двухстадийного цикла дробления

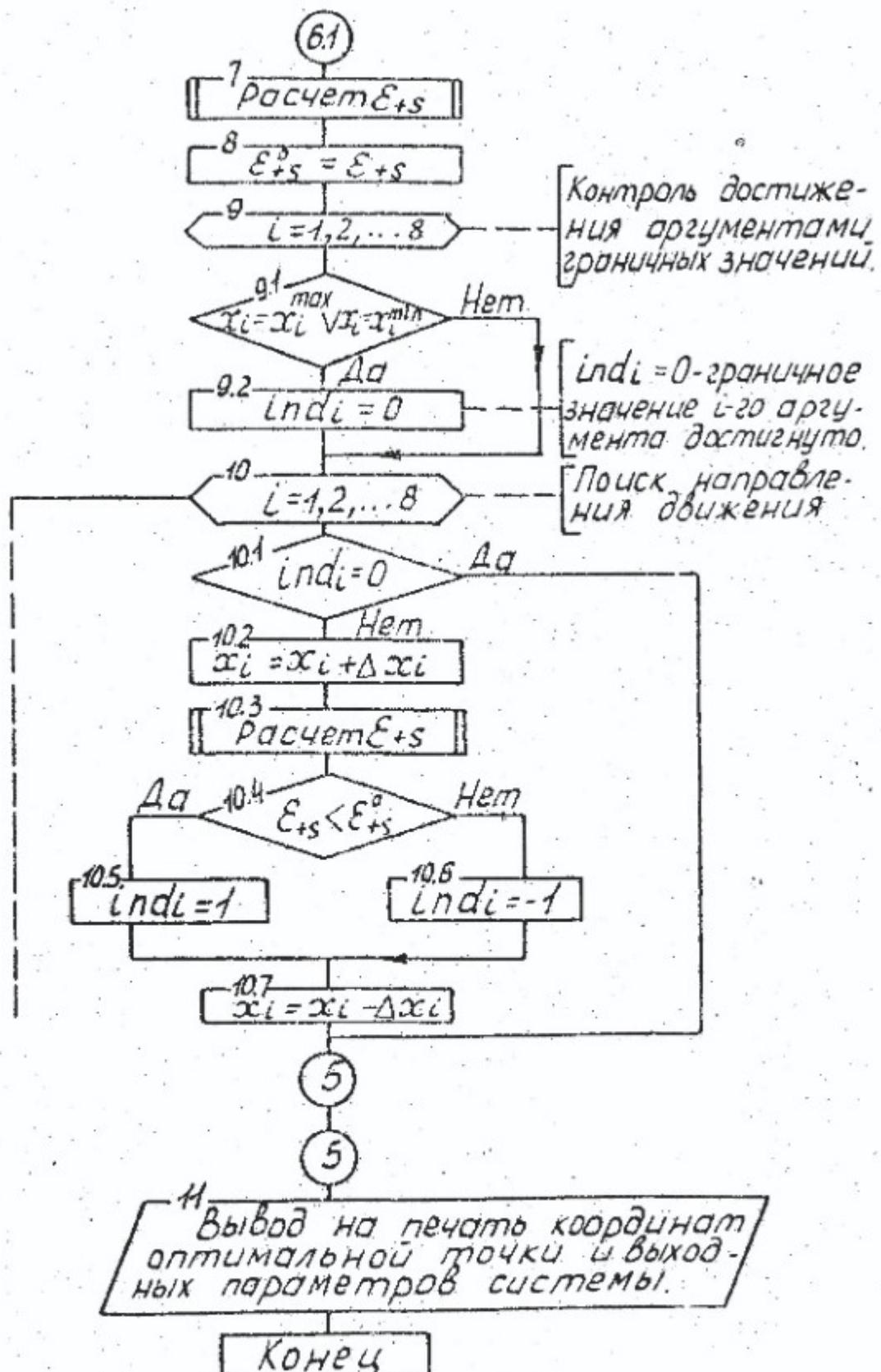


Рис. 1 Продолжение

по пропускной способности схемы является нагрузка на единицу площади просеивающей поверхности  $q = 70 \text{ т/ч}\cdot\text{м}^2$ . При  $F = 5,25 \text{ м}^2$ ,  $G_{\text{max}} = 367,5 \text{ т}$ . Расчет выполнялся при различных значениях нагрузки на схему: от 150 до 367,5 т/ч. Поиск оптимального решения иллюстрируется при установлении зависимости эффективности грохочения и закругнения от нагрузки схемы по питанию для оптимальных точек пространства управляющих факторов. На рис. 2 приведены результаты расчета зависимости  $E_s$  и  $\epsilon_{(+)} = f(G)$ .

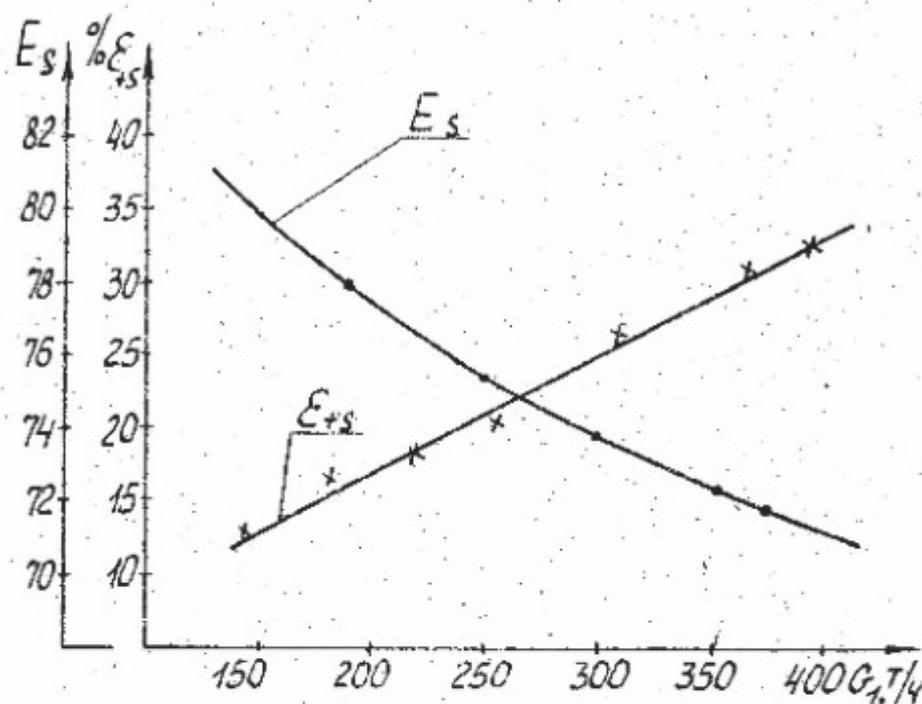


Рис. 2 - Зависимость эффективности грохочения и закругнения от нагрузки в цикле дробления с оптимизированными управляющими параметрами

Из рисунка видно, что по мере уменьшения нагрузки, эффективность возрастает, а закругнение снижается. По графику можно найти нагрузку, обеспечивающую требуемые характеристики качества дробленой руды. Так, например, если должно выполняться условие  $\epsilon_{(+)} \leq 14\%$  (согласно ТУ), то из графика следует, что это условие в оптимальном режиме по управляющим параметрам будет обеспечено при  $Q = 165 \dots 170 \text{ т/ч}$ . Технологическая нагрузка в цикле постоянно колеблется до 500 т/ч. Поэтому параметры оборудования цикла должны обеспечить условие  $\epsilon_{(+)} \leq 14\%$  при любой указанной нагрузке. Ищется решение для изменения параметров оборудования и удовлетворения требований технических условий при нагрузке 500 т/ч. В рассматриваемой схеме использовались виброгрохоты ГИТ-51 с площадью просеивающей поверхности  $5,25 \text{ м}^2$ , которые не обеспечивают требуемую производительность. Вместе с тем производительность цикла связана с ограничением по удельной нагрузке на грохот  $q = 70 \text{ т/ч}\cdot\text{м}^2$ , поэтому для увеличения производительности необходимо увеличить площадь рассева грохота. При принятых в расчете управляющих

факторах для оптимальных точек пространства условия по качеству выполняются при нагрузке  $Q = 500$  т/ч с использованием вибрационного грохота, имеющего площадь просеивающей поверхности не менее  $12 \text{ м}^2$ . Поэтому для практической реализации схемы рекомендован грохот ГИСТ-61 или ГСТ-71 (ГИСТ-71), имеющие площади сит, соответственно  $12 \text{ м}^2$  и  $15 \text{ м}^2$ .

В качестве апробации метода был проведен анализ циклов дробления на ДСФ рудоуправления им. Кирова, Дзержинского, на дробильной фабрике Стойленского ГОКа. Результаты сравнительного анализа показателей открытого и замкнутого циклов дробления показаны на рис. 3. Моделирование схем дробления было выполнено по разработанному выше алгоритму и программе. Моделирование производилось для точек управляющих параметров, соответствующих оптимальным режимам работы, а также при варьировании управляющими параметрами. Нагрузка схемы варьировалась от 150 до 400 тонн, что соответствует реальной нагрузке в цикле. Ограничение по нагрузке связано с предельной удельной нагрузкой на грохот  $q = 70$  т/ч  $\text{м}^2$ . Характеристика выходного потока:  $m_1 = 150$ ;  $\sigma_1 = 6900$ . Для открытого цикла дробления оптимальные значения управляющих параметров составляют:  $\delta_1 = 40$ ;  $w = 730$ ;  $\alpha_1 = 25$ ;  $\delta_1 = 25$ . Для замкнутого цикла дробления оптимальные значения параметров составляют:  $\delta_1 = 40$ ;  $\delta_2 = 6$ ;  $\alpha_1 = 25$ ;  $\alpha_2 = 25$ ;  $w_1 = w_2 = 730$ ;  $\delta_1 = \delta_2 = 25$ . Производилось варьирование значениями ячейки сита  $\delta_1 = 25+35$  мм и значениями угла наклона грохотов  $\alpha = 15-25^\circ$ .

На рис. 3 приведена полученная зависимость количества класса  $-20$  мм в выходном грузопотоке от нагрузки на схему для открытого (сплошная линия) и замкнутого (пунктирная линия) циклов в области оптимальных значений управляющих параметров.

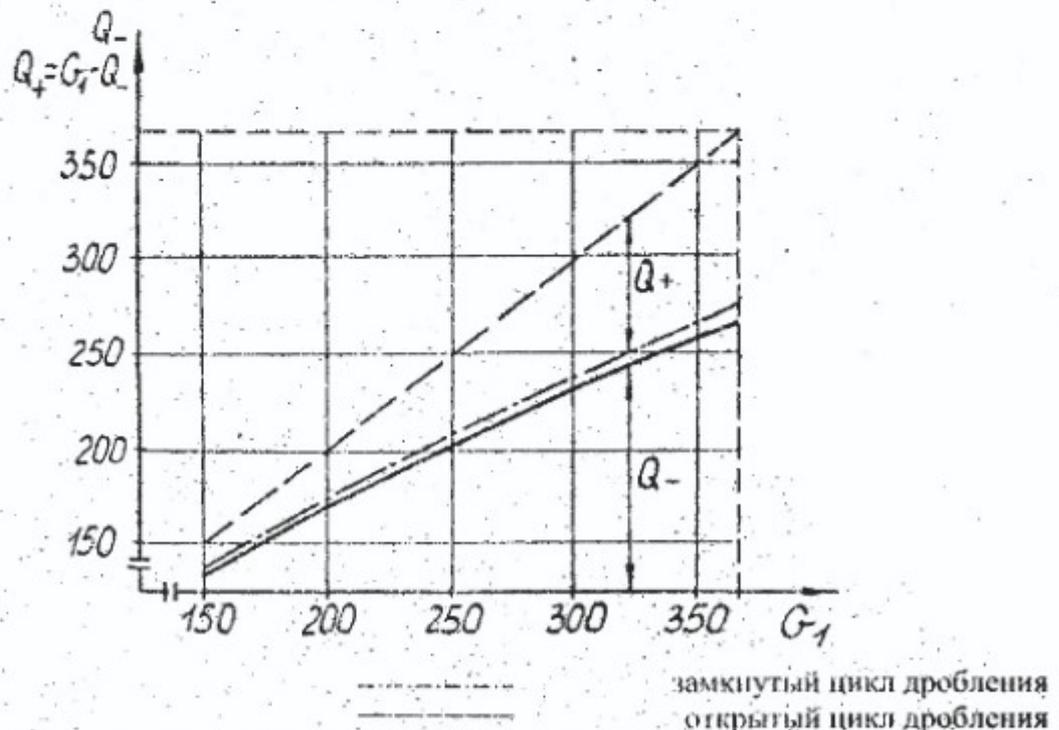


Рис 3. Зависимость количества класса  $-20$  мм в выходном грузопотоке от нагрузки

На рис. 4 представлены зависимости выхода минусового ( $\gamma_-$ ) и плюсового ( $\gamma_+$ ) классов (по граничной крупности 20 мм) от нагрузки в цикле. На рис. 5, а показаны результаты расчета зависимости размера ячейки грохота Гр.1 на выход минусового класса в открытом цикле и на рис. 5,б - в замкнутом цикле.

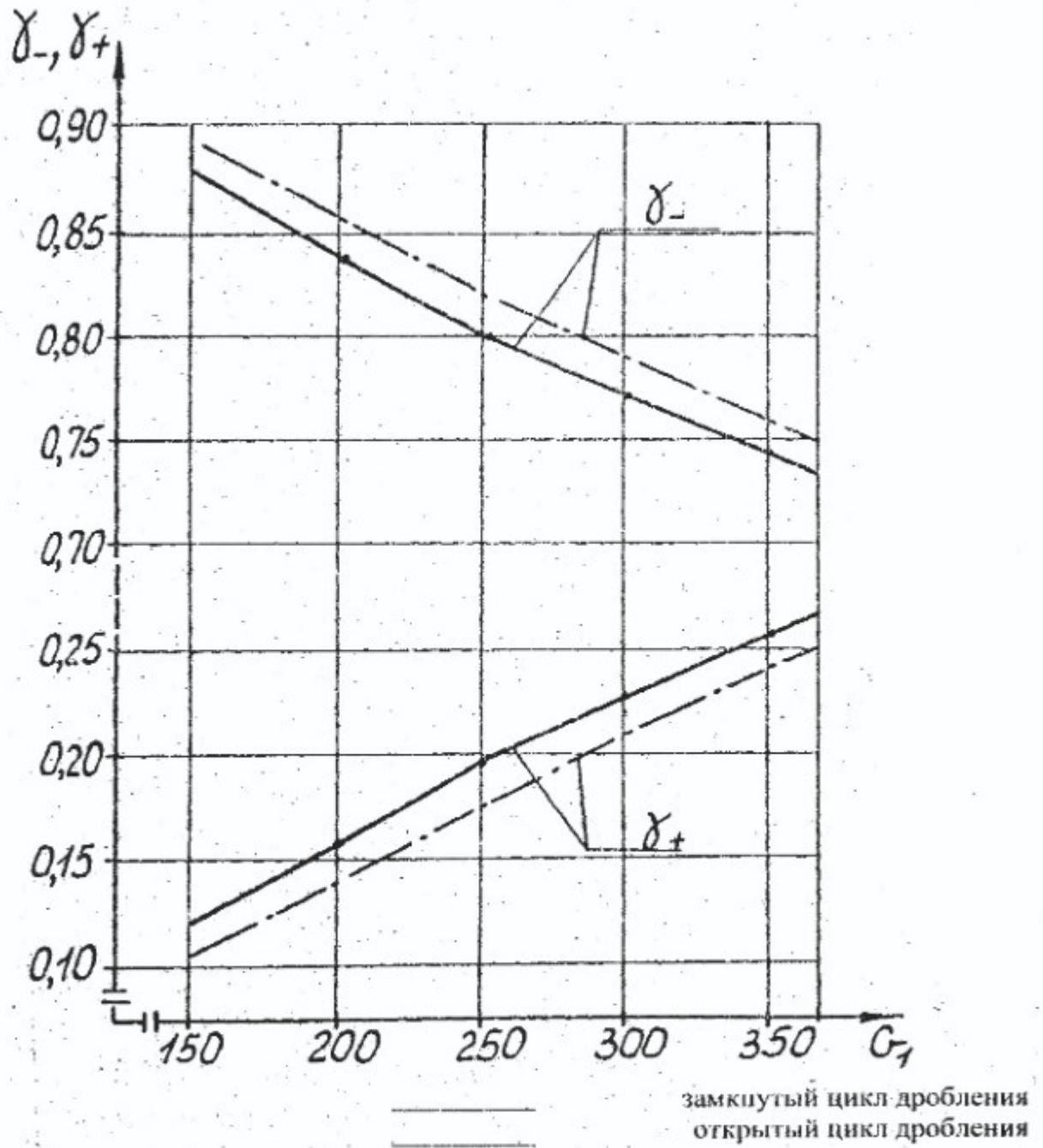


Рис. 4 Зависимость ( $\gamma_-$ ) и ( $\gamma_+$ ) классов граничной крупности от нагрузки

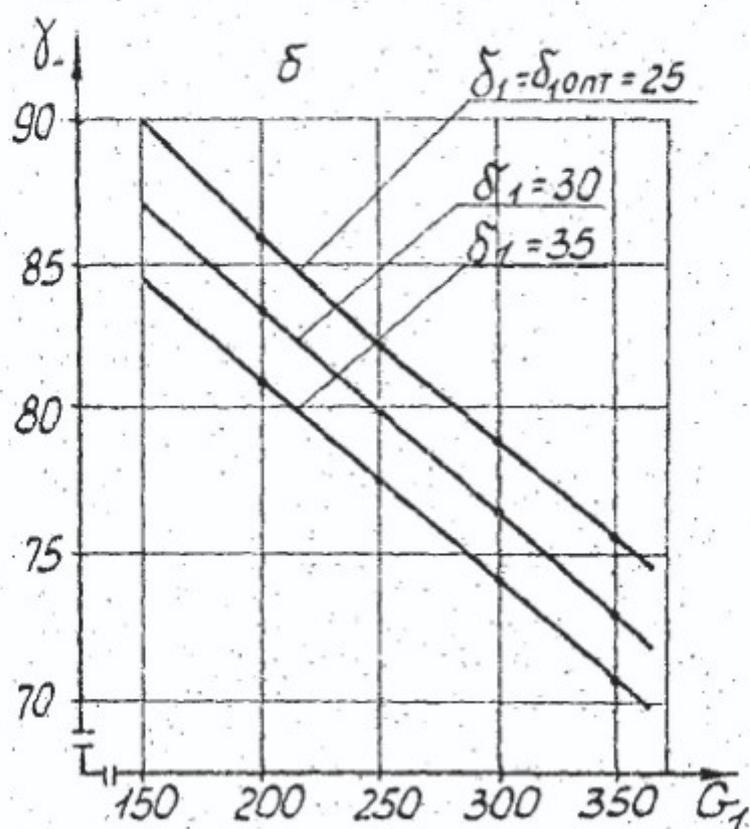
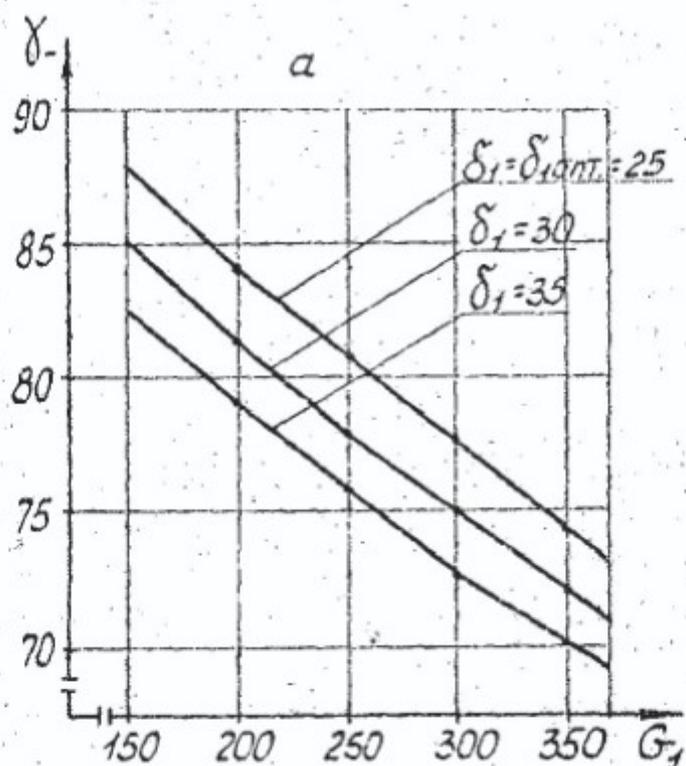


Рис. 5 - Зависимость ( $\gamma$ -) от размера ячейки сита в открытом цикле (а) и в замкнутом цикле (б).

Анализ полученных зависимостей показывает, что даже для оптимизированных циклов с высоко эффективным грохочением замкнутый цикл мелкого дробления более эффективен, чем открытый по выходу класса (-20 мм), при малых нагрузках на 2 % и по мере увеличения нагрузки до максимального значения выхода минусового класса уменьшаются в обеих схемах на 15 % и, соответственно, возрастает выход плюсового класса. При анализе влияния управляющих параметров на эффективность работы цикла установлено, что наибольшее влияние на выход минусового класса оказывает размер ячейки грохота Гр.1 для открытого и грохота Гр.2 для замкнутого циклов дробления. Влияние угла наклона на выход класса -20 менее значительно для обеих схем. Для схемы с неоптимизированными параметрами преимущество замкнутого цикла значительно выше.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураса В.Н., Надутый В.П., Ориерт А.М. Разработка математической модели дробильно-сортировочных комплексов для компьютерного анализа их работы // Геотехническая механика. Сб. науч. тр. Института геотехнической механики ЦАН Украины, : Днепропетровск, №6, 1998, - с. 14-24

УДК 622.7

А.С. Кирнарский

#### МОКРАЯ ВИНТОВАЯ СЕПАРАЦИЯ ОТСЕВОВ И ПРОМПРОДУКТОВ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Наведені результати стендових досліджень і запропонована можлива технологічна схема дозбагачення відсівів і промпродуктів відсадки ЦОФ "Комсомольська"

В последние годы все большую значимость приобретает проблема обогащения мелких классов угля, выход которых в горной массе постоянно повышается, при этом резко возрастает зольность таких классов. Содержание мелких классов в рядовом угле, поступающем на обогащение, колеблется в пределах от 30 до 50 %, а иногда, например на ГОФ "Россия" достигает 70 %. В таких условиях технологическое несовершенство схем и режимов разделения приводит к выпуску товарной продукции, которая не удовлетворяет требованиям потребительских стандартов по качеству. Существенная доля приходится на необогащенные отсевы, выпускаемые на углеобогадательных фабриках с неполным циклом обогащения. Зольность отсевов повышается синхронно с ростом зольности рядового угля. Так, на углеобогадательных фабриках Донбасса зольность товарных отсевов составляла в 60-х годах – 20 % ( в среднем), в 70-х – 25 %, в 80-х – 30 %, а в конце 90-х годов достигает более 37 %, что превышает предел, установленный для топлива, поставляемого на теплоэлектростанции.

Аналогичная ситуация складывается с промпродуктами, выход которых на ряде фабрик превышает 6 % (см. табл. 1).

Значительное количество легких фракций, входящих в состав промпродуктов и отсевов, может быть выделено в концентрат после дообогащения этих продуктов в гравитационных аппаратах, например на винтовых сепараторах,