

УДК 622.74:621.928.028

Полулях Д.А., канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «НГУ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГРОХОЧЕНИЯ УГЛЯ НА КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОСЕИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Полулях Д.О., канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «НГУ»)

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО ГРОХОТІННЯ ВУГІЛЛЯ НА КОМБІНОВАНІЙ ПРОСІВАЮЧІЙ ПОВЕРХНІ ПРЯМОКУТНОЇ ФОРМИ

Polulyakh D.A., Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(SHEI «NMU»)

DETERMINATION OF PARAMETERS FOR COAL HYDROMECHANICAL SCREENING THROUGH THE COMBINED SIFTING SURFACE OF RECTANGULAR FORM

Аннотация. Разработана технология гидромеханического грохочения угля на комбинированной просеивающей поверхности прямоугольной формы для подготовки крупного машинного класса перед его тяжелосредным обогащением. Комбинированная просеивающая поверхность представляет соединение неподвижного, соединительного и подвижного участков. На неподвижном участке грохочение происходит под действием гидродинамических, подвижном – вибрационных сил. На соединительном участке грохочение происходит под действием гидродинамических и вибрационных сил. Установлено влияние технологических, конструктивных, гидродинамических и механических параметров на эффективность подготовки машинных классов. Соединение операций грохочения и обезвоживания в одном аппарате позволило решить сложную научно-техническую проблему, особенно при производительности оборудования 1000 т/ч. Засорение надситного продукта составляет 4,6% (в т.ч. классом 0-1 мм 0,5%), влажность – 7,8%. При этом эффективность грохочения составляет 90,2%, относительная эффективность обезвоживания 84,2%, эффективность подготовки машинного класса 75,9%

Ключевые слова: уголь, гидромеханическое грохочение, эффективность, машинные классы, виброуплотнение

ВВЕДЕНИЕ

Современные теоретические представления о физике обогащательных процессов [1-4] позволяют сделать вывод о том, что наиболее высокие качественно-количественные показатели достигаются при обогащении узких классов крупности, когда соблюдается принцип однофункциональности разделительных процессов при обогащении, например, каменного угля [5]. В связи с этим подготовка машинных классов становится одной из наиболее ответственных подготовительных операций на современных углеобогащательных фабриках.

Особенностью процесса гидромеханического грохочения угля на комбинированной просеивающей поверхности конусной формы является двухцелевое назначение этой операции, осуществляемой в одном аппарате. Первое назначение – это грохочение материала, второе – обезвоживание надситного продукта. Совмещение этих операций в одном аппарате является собой сложную научно-техническую проблему, особенно при производительности оборудования 1000 т/ч. В этой случае установление закономерностей гидромеханического грохочения является актуальной задачей, определяющей эффективность подготовки машинных классов из рядового угля.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение влияния параметров гидромеханического грохочения угля на комбинированной просеивающей поверхности прямоугольной формы (далее КПП) на эффективность подготовки машинных классов осуществлялось на агрегатной установке гидрогрохота ГГН-4,2 с неподвижной просеивающей поверхностью (далее НПП) и инерционного грохота ГИСТ-72 с подвижной просеивающей поверхностью (далее ППП) в условиях ЦОФ «Комсомольская». В качестве СПП между ГГН-4,2 и ГИСТ-72 использовался традиционный желоб с колосниковым ситом, который крепился в конце гидромеханического грохота ГГН с возможностью изменения угла наклона. Последний участок (около 1 м длины) сита грохота ГИСТ-72 мог изменять угол наклона до 20 град.

Общий вид агрегатной установки на ЦОФ «Комсомольская» приведен на рис. 1.

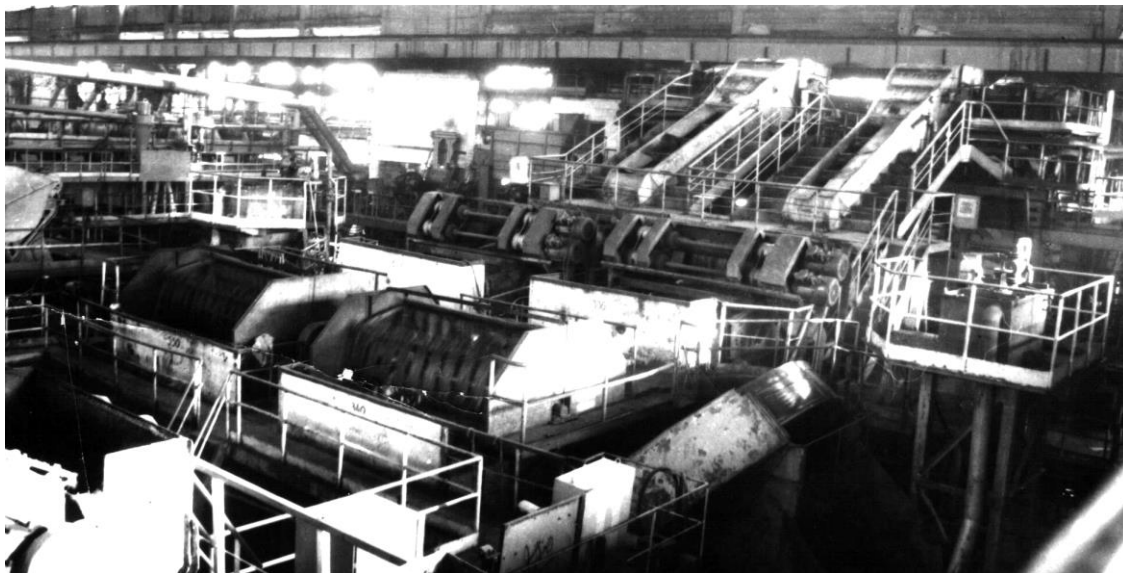


Рисунок 1 - Общий вид агрегатной установки гидрогрохота ГГН-4,2 и грохота ГИСТ-72 на ЦОФ «Комсомольская»

Надситный продукт гидрогрохота ГГН-4,2, представляющий собой крупный машинный класс +13 мм направляется на соединительную просеивающую поверхность (далее СПП), где под действием силы тяжести происходит его

контрольное грохочение по крупности 13 мм и, где осуществляется торможение потока за счет его расширения и отрицательного (по отношению к НПП) угла наклона.

Надситный продукт с СПП со скоростью около 0,5 м/с поступает для окончательного грохочения и обезвоживания на грохот ГИСТ-72. Для улучшения обезвоживания надситного продукта путем его уплотнения и выдавливания воды последние две карты просеивающей поверхности с помощью клиньев устанавливаются с отрицательным углом наклона.

Гранулометрический состав рядового угля ЦОФ «Комсомольская», на котором выполнялись исследования, представлен в табл. 1. Уголь марки «Г» шахты им. Стаханова.

Таблица -1 Гранулометрический состав рядового угля ЦОФ «Комсомольская»

Класс, мм	Выход, %
+50	12,5
25-50	7,3
13-25	21,8
6-13	19,5
3-6	11,5
1-3	17,5
0-1	9,9
Итого	100,0
d_{cp} , мм	19,0

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

В соответствии с условиями ЦОФ «Комсомольская» основными изменяющимися параметрами процесса подготовки машинных классов являются: удельная нагрузка q_T (т/ч·м²), удельный расход воды q_B (м³/т), длина КПП $L_{КПП}$ (м), амплитуда колебаний ППП $A_{ППП}$ (м), частота колебаний ППП ω (с⁻¹), угол наклона участка обезвоживания ППП β_w (град), угол наклона СПП $\alpha_{СПП}$ (град), длина участка обезвоживания L_w (м).

При этом остальные параметры оставались постоянными и имели следующие значения: размер отверстий $d_{щ} = 13$ мм, угол наклона НПП $\alpha_{НПП} = 30$ град., угол наклона ППП $\alpha_{ППП} = 5$ град., соотношение $L_{НПП}/L_{ППП} = 0,6$; начальная скорость потока материала перед НПП $U_n = 3,5$ м/с, длина СПП $L_{СПП} = 1,3$ м, средний диаметр исходного рядового угля $d_{cp} = 19$ мм, напор воды $H = 0,25$ МПа, плотность воды $\delta_B = 1,0$ т/м³.

Исходя из вышеизложенного и используя данные [7] эффективности процессов грохочения E_T и обезвоживания E_0 можно определить по критериальным уравнениям:

$$E_T = 5,8 \left(\frac{q_T}{\delta \sqrt{g d_{щ}}} \right)^{-3,5} \left(\frac{q_B L_{КПП}}{\delta_B d_{щ}} \right)^{0,1} \left(\frac{A_{ППП} \omega_{ППП}^2}{g} \right)^{0,2} \left(\frac{d_{cp} L_w \sin \beta_w}{d_{щ}^2 \cos \alpha_{СПП}} \right)^{-2}, \quad (1)$$

$$E_o = 5 \left(\frac{q_T}{\delta \sqrt{g d_{uy}}} \right)^{-3} \left(\frac{q_B L_{KПП}}{\delta_B d_{uy}} \right)^{0,15} \left(\frac{A_{ППП} w_{ППП}^2}{g} \right)^{0,1} \left(\frac{d_{cp} L_w \sin \beta_w}{d_{uy}^2 \cos \alpha_{СПП}} \right)^{-2}. \quad (2)$$

Исходя из условий экспериментальных исследований переменными параметрами являются q_T , q_B , $A_{ППП}$, $w_{ППП}$, $L_{KПП}$, β_w , $\alpha_{СПП}$, L_w , что соответствует восьмифакторному эксперименту. Матрица планирования восьмифакторного эксперимента приведена в [6].

Уравнения (1) и (2) действуют при следующих ограничениях:

$$\begin{aligned} 14 \leq q_T \leq 28 \text{ т/(ч} \cdot \text{м}^2); & \quad 12,25 \leq w_{ППП} \leq 15,58 \text{ с}^{-1}; & \quad 0,9 \leq q_B \leq 1,5 \text{ м}^3/\text{т}; \\ 7,28 \leq L_{KПП} \leq 10,92 \text{ м}; & \quad 1,0 \leq L_w \leq 2,0 \text{ м}; & \quad 10 \leq \beta_w \leq 20 \text{ град.}; \\ 4 \leq A_{ППП} \leq 6 \text{ мм}; & \quad 0 \leq \alpha_{СПП} \leq 20 \text{ град.} \end{aligned}$$

В соответствии с условиями ЦОФ «Комсомольская» основными изменяющимися параметрами процесса подготовки машинных классов являются: удельный расход воды q_B ($\text{м}^3/\text{т}$), длина КПП $L_{KПП}$ (м), амплитуда колебаний ППП $A_{ППП}$ (м), частота колебаний ППП w (с^{-1}), угол наклона участка обезвоживания ППП β_w (град), угол наклона СПП $\alpha_{СПП}$ (град), длина участка обезвоживания L_w (м), приведенные на рис. 2-9.

Из данных, приведенных на рис. 2 следует, что зависимость эффективности процесса от удельной нагрузки убывает по экспоненте; зависимость эффективности процесса от удельного расхода воды, показанная на рис. 3 имеет вид слабого возрастания.

Из данных, представленных на рис. 4, 6 и 7 следует, что зависимости эффективности процесса от длины КПП, от длины участка обезвоживания и частоты колебаний ППП пропорционально возрастают.

Значение изменения амплитуды колебаний ППП, приведенных на рис 5, обратно пропорционально изменению эффективности процесса.

Из анализа зависимости, показанной на рис. 8, следует, что эффективность процесса от угла наклона соединительной поверхности имеет вид сложной кривой, с двумя максимумами при 0 и 16 градусах наклона, наличие минимума эффективности при 5 градусах объясняется турбулентным завихрением при попадании потока на преграду.

Применение СПП является вынужденной мерой для снижения общей скорости потока (от 6 до 9 м/с) до скорости вибротранспортирования материала на инерционном грохоте (до 0,5 м/с), влекущее за собой некоторое общее снижение эффективности процесса.

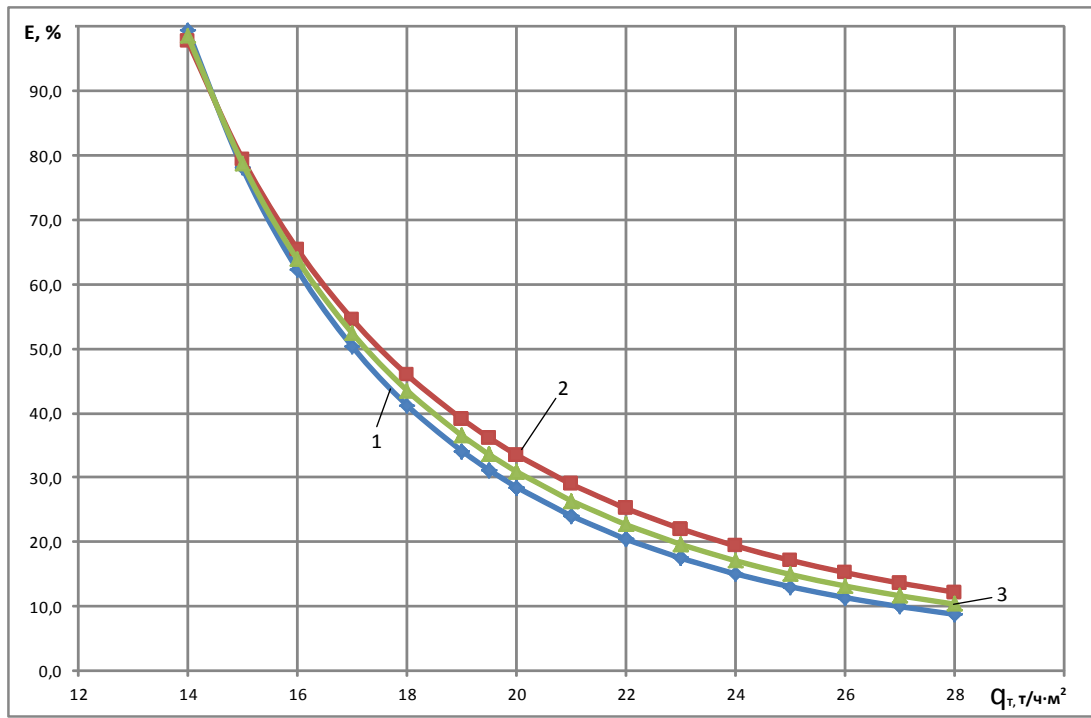


Рисунок 2 – Зависимость эффективности процесса от удельной нагрузки
1 - E_r , 2 - E_o , 3 - $E_{\text{ПМК}}$

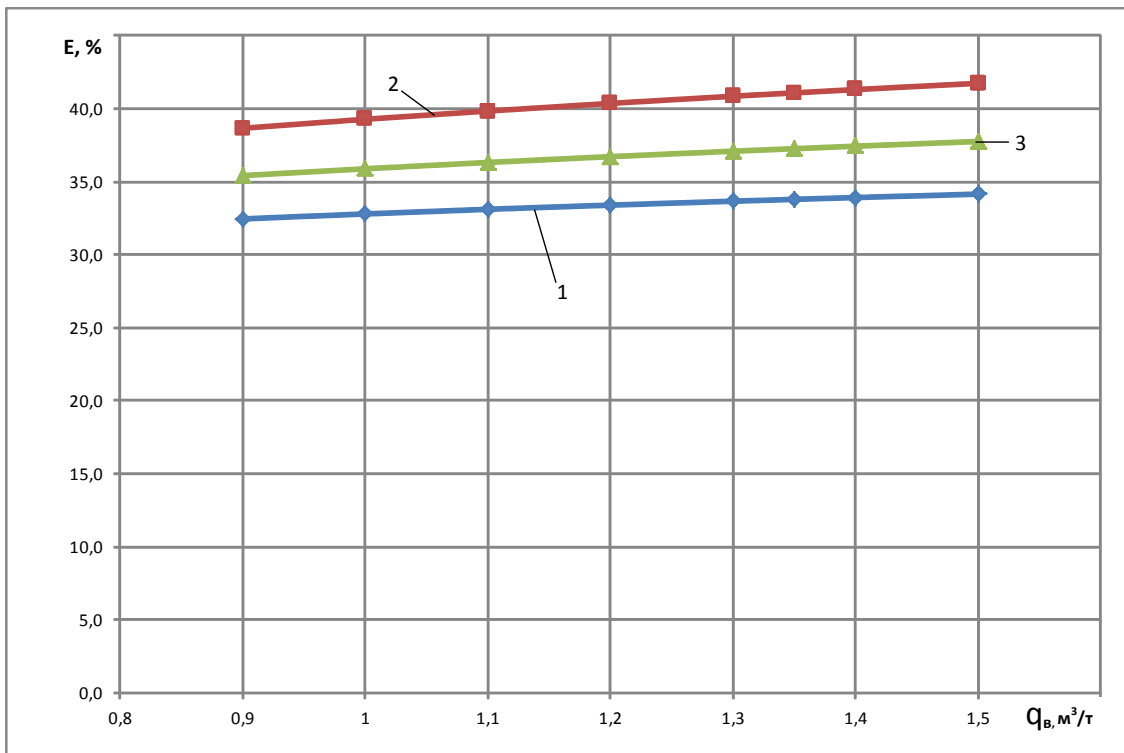


Рисунок 3 – Зависимость эффективности процесса от удельного расхода воды
1 - E_r , 2 - E_o , 3 - $E_{\text{ПМК}}$

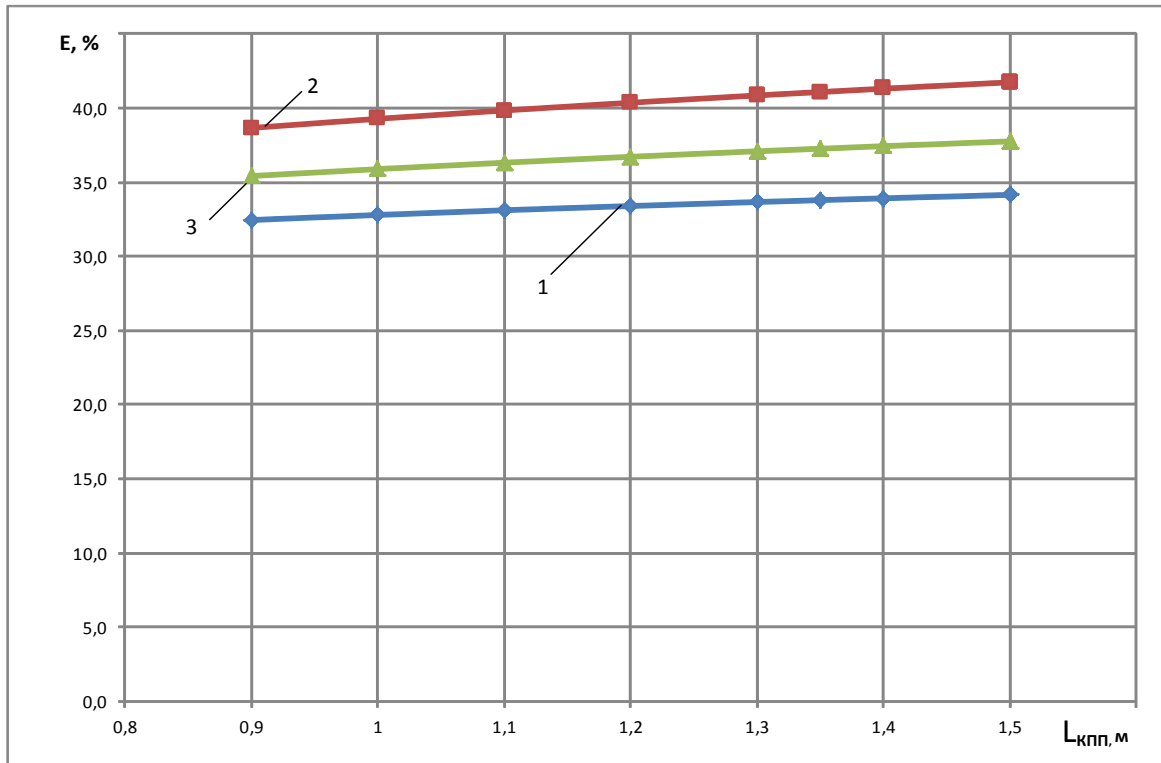


Рисунок 4 – Зависимость эффективности процесса от длины КПП
 1 - E_{γ} , 2 - E_0 , 3 - $E_{ПМК}$

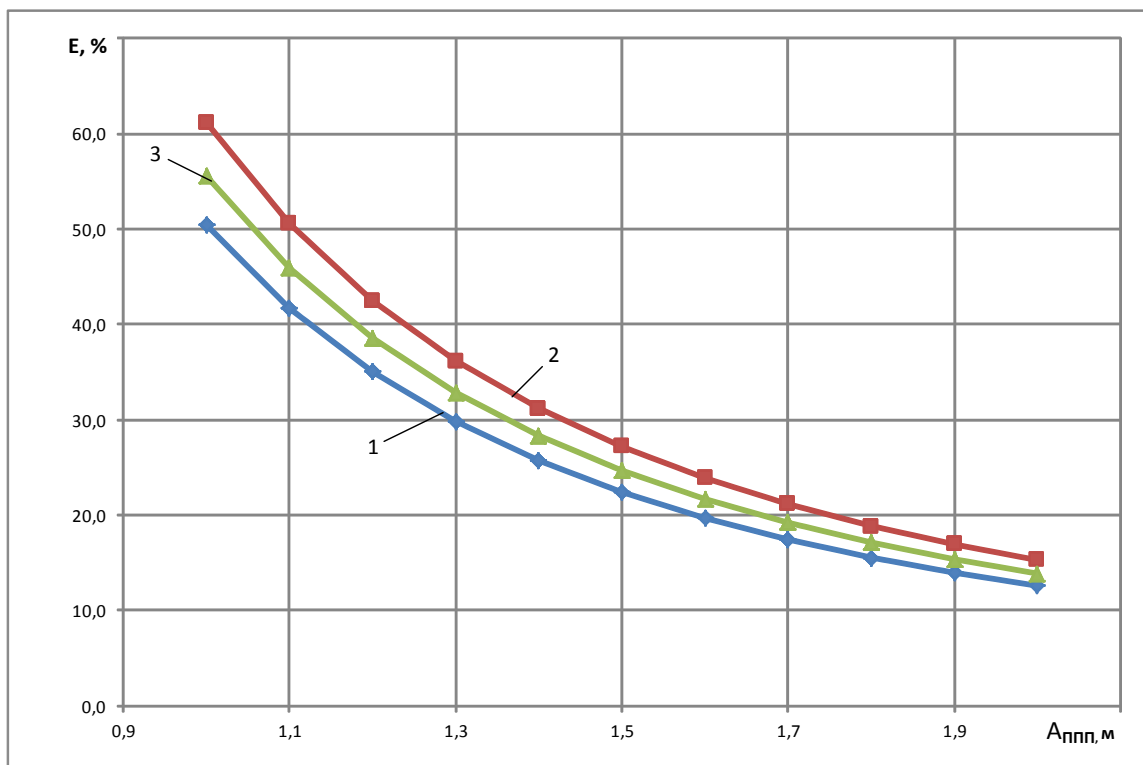


Рисунок 5 – Зависимость эффективности процесса от амплитуды колебаний ППП
 1 - E_{γ} , 2 - E_0 , 3 - $E_{ПМК}$

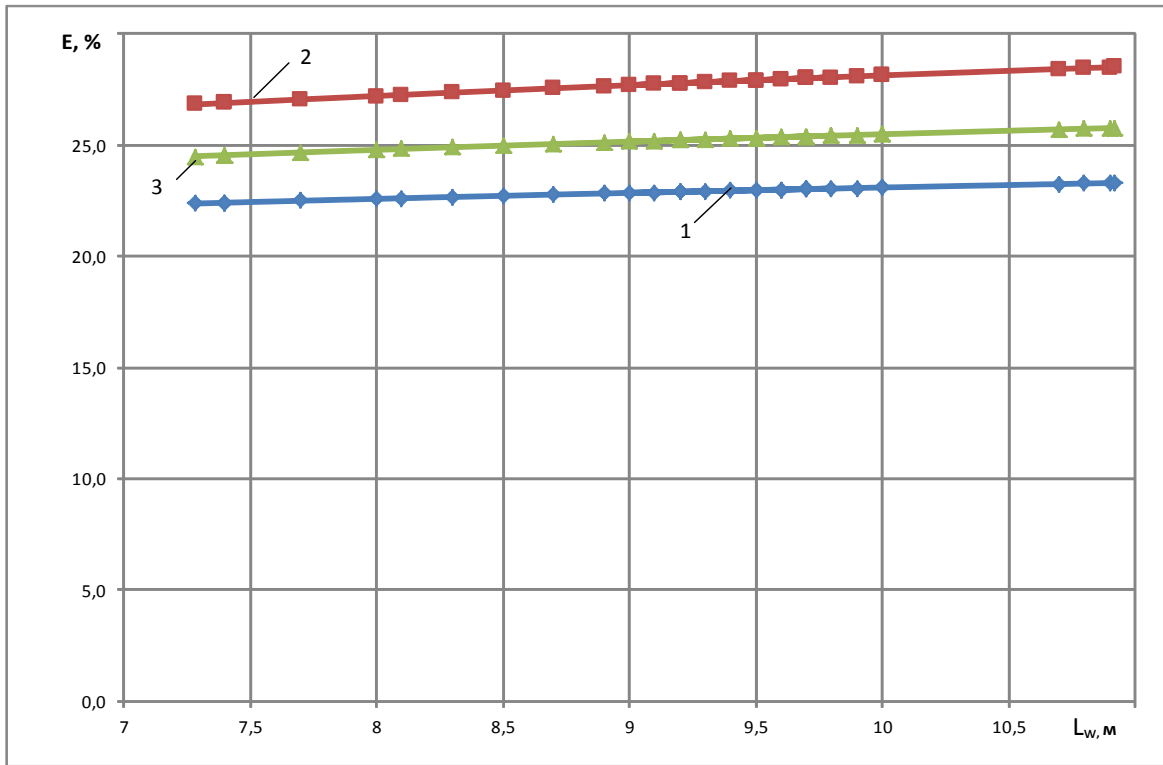


Рисунок 6 – Зависимость эффективности процесса от длины участка обезвоживания
 1 - E_{Γ} , 2 - E_o , 3 - $E_{\text{ПМК}}$

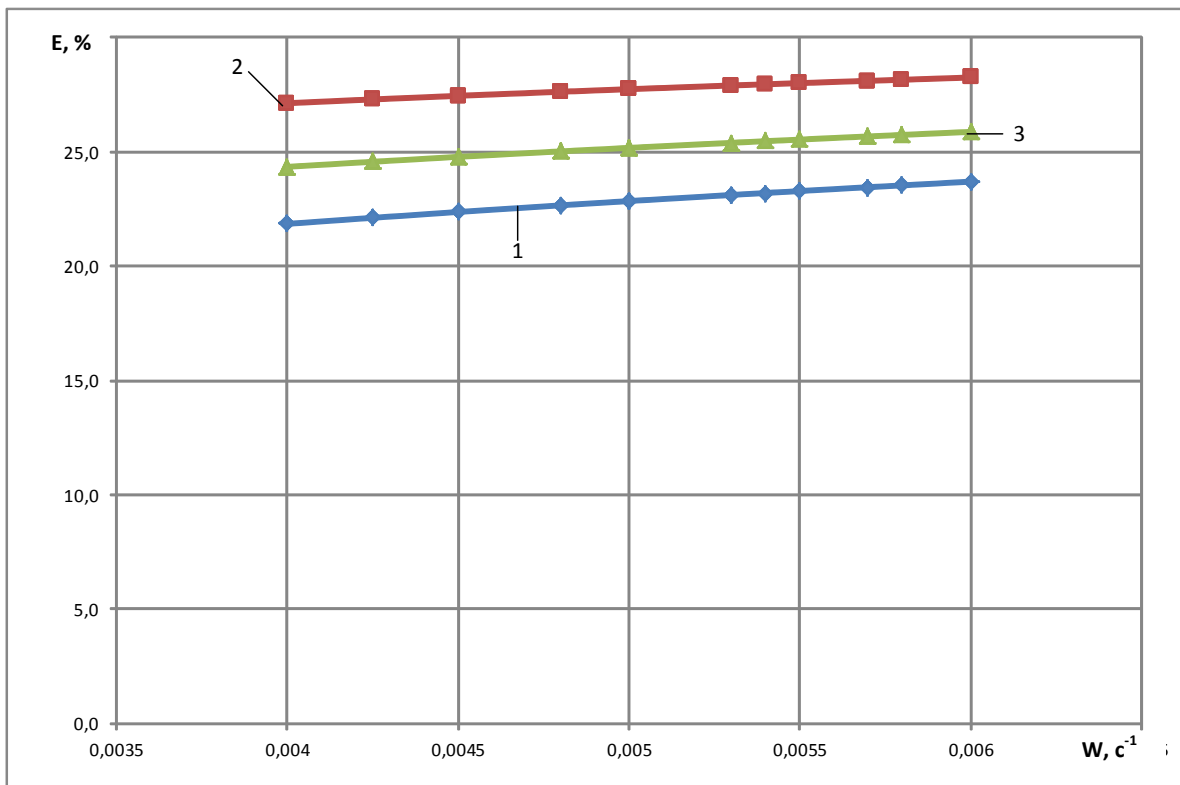


Рисунок 7 – Зависимость эффективности процесса от частоты колебаний ППП
 1 - E_{Γ} , 2 - E_o , 3 - $E_{\text{ПМК}}$

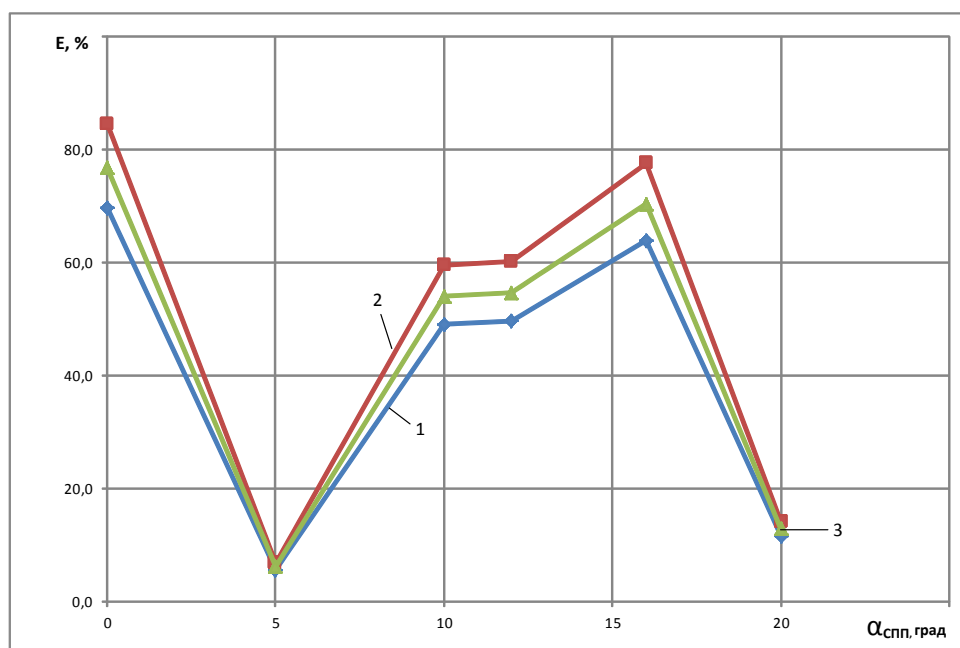


Рисунок 8 – Зависимость эффективности процесса от угла наклона СПП
1 - E_T , 2 - E_o , 3 - $E_{ПМК}$

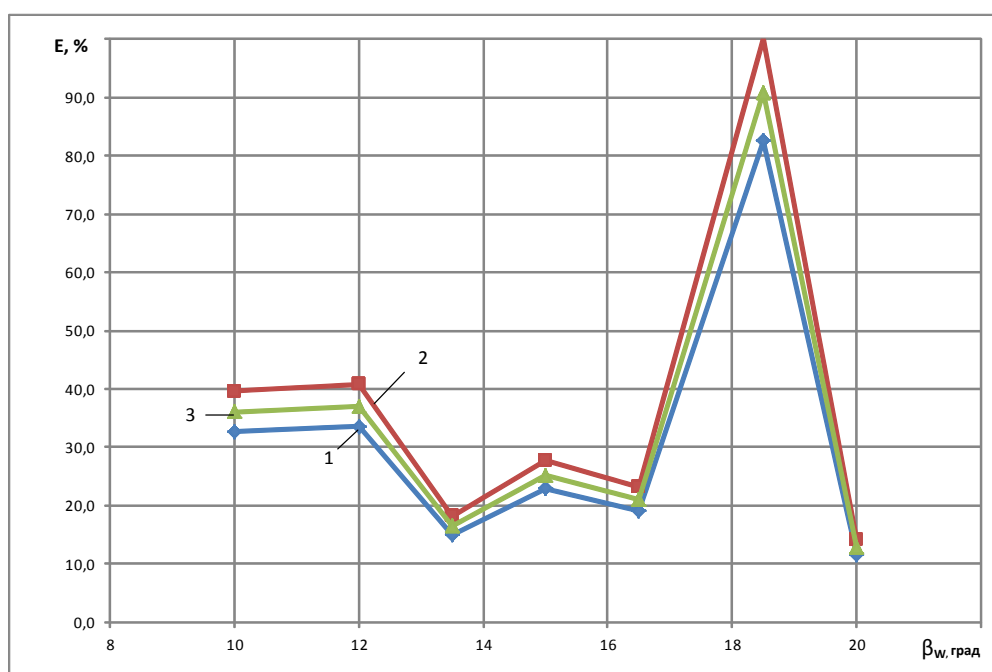


Рисунок 9.– Зависимость эффективности процесса от угла наклона участка обезвоживания ППП
1 - E_T , 2 - E_o , 3 - $E_{ПМК}$

Из анализа данных, приведенных на рис 9, следует, что зависимость эффективности процесса от угла наклона участка обезвоживания ППП имеет вид сложной кривой, интервал наклона ППП с 10 до 17 градусов характеризуется высокой турбулентностью потока, встречающего препятствие. С дальнейшим повышением данного угла происходит ламинаризация потока, зависимость принимает вид, близкий к параболе с максимумом при угле в 19

градусов, при дальнейшем повышении угла наклона ППП происходит постепенная остановка движения потока.

Выводы

1. Разработана технология гидромеханического грохочения угля на комбинированной просеивающей поверхности прямоугольной формы для подготовки крупного машинного класса перед его тяжелосредним обогащением.

2. Установлено влияние технологических, конструктивных, гидродинамических и механических параметров процесса гидромеханического грохочения угля на комбинированной просеивающей поверхности прямоугольной формы на эффективность грохочения, относительную эффективность обезвоживания и эффективность подготовки машинных классов перед тяжелосредним обогащением.

3. Засорение надситного продукта составляет 4,6% (в т.ч. классом 0-1 мм 0,5%), влажность – 7,8%. При этом эффективность грохочения составляет 90,2%, относительная эффективность обезвоживания 84,2%, эффективность подготовки машинного класса 75,9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полулях, О.В. Обоснование диапазонов крупности машинных классов при обогащении угля: Дис... канд. техн. наук: 05.15.08 / Полулях О.В. – Днепропетровск: ГВУЗ «Национальный горный университет», 2011. – 167 с.

2. Шевченко, Г.А. Развитие научных основ процессов вибрационного перемещения и разделения минерального сырья в жидкости на колеблющейся поверхности: Дис... д-ра. техн. наук: 05.05.06 / Шевченко Г.А. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2011. – 523 с.

3. Keles, S. Development of the Centribaric Dewatering Technology: Proceedings XVI international Coal Preparation Congress / S. Keles, T. Egtec, P. Bethell. – Littleton (USA): SME. – 2010. – P. 488-495.

4. Полулях, А.Д. Обогащение рядового угля пятью машинными классами / А.Д. Полулях // Уголь Украины. – 1999. - № 5. – С. 49-50.

5. Кирнарский, А.С. Принцип однофункциональности разделительных процессов при обогащении каменного угля / А.С. Кирнарский // Уголь. – 2012. - № 5. – С. 92-94.

6. Полулях, А.Д. Практикум по расчетам качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогащительных фабрик: Учебное пособие / А.Д. Полулях, П.И. Пилов, А.Е. Егурнов. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2007. – 504 с.

7. Полулях А.Д. Гидрогрохочение углей / А.Д. Полулях. – Днепропетровск: ПП Шевелев Е.А., 2010. – 326 с.

REFERENCES

1. Polulyakh, O.V. (2011), «Ground of machine classes largeness ranges at coal enriching», Ph.D. Thesis, special 05.15.08, SHEI «National mining university», Dnepropetrovsk, UA.

2. Shevchenko, G.A. (2011), «Development of scientific bases of oscillation moving processes the and division of mineral raw material in a liquid on a hesitating surface», D. Sc. Thesis, special. 05.05.06, IGTM NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, UA.

3. Keles, S., Egtes, T. and Bethell, P. (2010), «Development of the Centribaric Dewatering Technology», *Proceedings XVI international Coal Preparation Congress*, Littleton (USA): SME.

4. Polulyakh, A.D. (1999), «Enriching of ordinary coal five machine classes», *Coal of Ukraine*, no. 5, pp. 49-50.

5. Kirnarskiy, A.S. (2012), «Principle of one-functional dividing processes at enriching of anthracite coal», *Coal*, no. 5, pp. 92-94.

6. Polulyakh, A.D., Pilov, P.I. and Yegurnov, A.Ye. (2007), *Praktikum po raschetam kachestvenno-kolichestvennykh i vodno-shlamovykh skhem ugleobogatitelnykh fabric* [Practical Work on the calculations of high-quality-quantitative and water-slime charts of coal preparation factories], National mining university,

Днепропетровск, UA.

7. Polulyakh, A.D. (2010), *Gidrogrokhocheniye ugley* [Hydro-screening of coals], PP Shevelev E.A., Dnepropetrovsk, UA.

Об авторе

Полулях Данил Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГБУЗ «НГУ»), Днепр, Украина, jd-jd@rambler.ru

About the author

Polulyakh Danil Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D) Associate Professor, Associate Professor of Department of Mineral Preparation, State Higher Educational Institution «National mining university» (SHEI «NMU»), Dnepr, Ukraine, jd@rambler.ru

Анотація. Розроблена технологія гідромеханічного грохотіння вугілля на комбінованій просіваючій поверхні прямокутної форми для підготовки крупного машинного класу перед його важкосередовищним збагачення. Встановлено вплив технологічних, конструктивних, гідродинамічних і механічних параметрів на ефективність підготовки машинних класів. Комбінована просіваюча поверхня є поєднанням нерухомої, сполучної і рухомої ділянок. На нерухомій ділянці грохотіння відбувається під дією гідродинамічних, а на рухомій – вібраційних сил. На сполучній ділянці грохотіння відбувається під дією гідродинамічних і вібраційних сил. Встановлений вплив технологічних, конструктивних, гідродинамічних і механічних параметрів на ефективність підготовки машинних класів. З'єднання операцій грохочення і обезводнення в одному апараті дозволило вирішити складну науково-технічну проблему, особливо при продуктивності устаткування 1000 т/ч. Засмічення надситного продукту складає 4,6% (в т.ч. класом 0-1 мм 0,5%), вологість – 7,8%. При цьому ефективність грохочення складає 90,2%, відносна ефективність обезводнення 84,2%, ефективність підготовки машинного класу 75,9%

Ключові слова: вугілля, гідромеханічне грохотіння, ефективність, машинні класи віброущільнення.

Abstract. The coal hydromechanical screening technology is developed which is based on combined sifting surface of rectangular form used for coarse-size machine-class coal preparation before its dense-medium separation. The combined sifting surface consists of stationary, connecting and mobile sectors. Screening in stationary sector is under the action of hydrodynamic force, and in mobile sector – under the action of oscillation force. It is determined that technological, structural, hydrodynamic and mechanical parameters impacts on efficiency of the machine-class coal preparation. Such combination of screening and dehydration operations in one aggregate has helped solving the complex scientific and technical problem, especially for the equipment with 1000 t/h productivity: the screen choking by oversized product is 4,6% (including 0,5% by the class 0-1 mm); humidity is 7,8%; screening efficiency is 90,2%; relative efficiency of dehydration is 84,2%; and efficiency of machine-class coal preparation is 75,9%.

Key words: coal, hydromechanical screening, efficiency, coal of machine-classes, vibrocompaction.

Статья поступила в редакцию 15.12.2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.П. Надутым