

ВЛИЯНИЕ ПОГРУЗКИ УГЛЯ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА НА ЕГО СОРТОВОЙ СОСТАВ

Бойко Е.Н., канд. техн. наук, доцент,
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрен вопрос влияния напряженного состояния выгружаемого рабочим органом очистного комбайна угля на изменение его сортового состава

The question of influence of the intense condition of a clearing combine, unloaded by a working body, coal on change it of structure is considered

Рабочий процесс очистного комбайна представляет собой два совмещенных в пространстве и времени процесса: разрушение пласта и погрузку разрушенного угля на забойный конвейер.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Добытый современными очистными комбайнами уголь характеризуется большим содержанием штыба (размер гранул 0-6 мм) и низким содержанием крупно-сортового состава, соответственно, до 53 и 15 %. Почти все обогатительные фабрики Украины не могут обогащать штыб. Поэтому уголь этого сортового состава используется с повышенным содержанием золы, что ведет к не рациональному использованию оборудования или к аварийным ситуациям на этих предприятиях. В этой связи проблема формирования сортового (гранулометрического) состава угля при добыче его очистными комбайнами и влияние различных факторов на сортовой состав угля является актуальной и связана с решением как научной, так и практической задачи.

Анализ исследований и публикаций. Формирование гранулометрического (сортового) состава угля при погрузке его рабочими (исполнительными) органами очистных комбайнов является, во-первых, одним из наиболее трудных вопросов теории их работы, во-вторых, практически не изученным. Автору настоящей статьи известны заслуживающие внимания работы по рассматриваемому вопросу, к которым следует отнести работы [1, 2]. В работе [1] вопрос формирования сортового состава угля при добыче его очистными комбайнами носит в большей мере утилитарный характер. По данным рассева угля в различных горно-

геологических условиях предложены аппроксимационные зависимости, которые, очевидно, дают приемлемый результат только для этих условий. В работе [2], соавтором которой является и автор этой статьи, рассмотрен вопрос формирования сортового состава угля в теоретическом плане. Однако влияние погрузки угля на сортовой состав угля в этой работе не рассматривался.

Постановка задачи. В предлагаемой работе поставлена и решена задача теоретического описания влияния напряженного состояния выгружаемого рабочим органом на его сортовой состав.

Изложение материала и результаты. Силовой характер погрузки угля рабочими органами комбайнов (достаточно отметить, что мощность погрузки исполнительными органами очистных комбайнов для тонких пологих пластов, например, комбайном типа К-103 достигает 52 кВт, а давление угля на лопасть шнека – 120 кПа [3]), ограниченность геометрических размеров окна выгрузки и др. факторы обуславливают дополнительное измельчение выгружаемого угля.

Выделим в массе перемещаемого в органе разрушенного угля гранулу медианного диаметра d_{mi} , находящуюся под давлением $p_i(\varphi)$. Сила, приложенная к грануле

$$F_i(\varphi) = \pi d_{mi}^2 p_i(\varphi) ,$$

под действием которой последняя будет разрушаться. Наиболее вероятным, очевидно, будет разрушение гранулы по ее имманентным трещинам, в том числе и внутренним. Следовательно, под действием указанной силы, характер приложения которой близкий к динамической. Достаточно сказать, что длительность приложения силы не превышает продолжительности оборота органа, соответствующей углу обхвата лопастью трубы органа, и частоте его вращения и составляет для органов очистных комбайнов около 0,6-0,7 с. Под действием этой силы произойдет разрушение гранулы на ряд частиц – гранул меньшего медианного диаметра. Следует также отметить, что в перемещаемой массе угля примерно 25-30% гранул размером 0-6 мм (штыба), обладающих определенной податливостью. По данным [4], коэффициент жесткости штыба составляет $(2 \dots 3) \cdot 10^7$ Н/м. Поэтому с учетом продолжительности действия силы и податливости перемещаемой органом массы угля разрушение гранул на более мелкие частицы будет носить, вероятно, характер раздавливания. Число вновь образовавшихся частиц будет для

каждой из них случайным. Это обусловлено, во-первых, случайным числом трещин частицы, во-вторых, случайной ориентацией силы относительно трещин, сопротивляемостью угля резанию, его хрупко-пластическими свойствами, отжимом и т.д.

Множество случайных факторов, обуславливающих образование числа частиц, и проявляющихся практически одновременно независимо от законов распределения их вероятностей, согласно центральной предельной теореме [5], не противоречит тому, что распределение вероятностей числа вновь образовавшихся частиц подчиняется нормальному закону.

Действительно, обозначив n_{y0}^{mp} - число трещин, приходящихся на единицу объема (размерность m^{-3}), в силу указанных выше причин считаем его нормально распределенной случайной величиной, число вновь образовавшихся частиц (гранул) от раздавленной гранулы объемом $V_{z,i}$,

$$j = 1/5(n_{y0}^{mp}V_{z,i} - 1),$$

плотность распределения вероятностей для которого имеет вид

$$f_i(j) = \frac{1}{\sigma_{ij}\sqrt{2\pi}} e^{-0,5(j-\bar{j})^2/\sigma_{ij}^2},$$

где \bar{j} , σ_{ij} - соответственно, математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение числа вновь образовавшихся частиц при раздавливании i -й гранулы.

Предельные значения числа вновь образовавшихся частиц при раздавливании i -й гранулы

$$(j_{\min}^{\max})_i = \bar{j} \pm k_N \sigma_{ij},$$

где k_N - коэффициент нормального распределения, $k_N \leq 3$.

Тогда предельные размеры медианного диаметра вновь образовавшихся частиц при раздавливании i -й гранулы

$$(d_{m.\max}^{\min})_i = 1,823 \sqrt{\frac{V_{z,i}}{\pi(j_{\min}^{\max})_i}} \equiv 1,823 \sqrt{\frac{V_{z,i}}{\pi(\bar{j} \pm k_N \sigma_{ij})}},$$

с математическим ожиданием

$$\bar{d}_m = 1,823 \sqrt[3]{V_{r,i} / (\pi j)}$$

Далее поступим следующим образом. Определим параметры (объем, число частиц, на которые может распасться гранула) для максимального (правой границы) размера класса и установим, будут ли вновь образовавшиеся частицы принадлежать этому классу или перейдут в более низкий класс. Пусть для k -го класса, кроме класса 0-6 мм (штыба), правая граница будет $l_{k,max}$. Приняв ее в качестве медианного диаметра, определим максимальный объем гранул этого класса,

$$V_k = 1/6 \pi l_{k,max}^3$$

Затем определим число частиц (гранул меньшего размера), на которые может распасться эта гранула при заданном значении $n_{уд}^{mp}$,

$$j_k = 1/5(V_k n_{уд}^{mp} - 1) \equiv 1/5(1/6 \pi l_{k,max}^3 - 1)$$

Считая в первом приближении равномерный распад гранулы, определим объем каждой из них,

$$V_{j,k} = V_k / j_k \equiv 1/(6 j_k) \pi l_{k,max}^3$$

Медианный диаметр для вновь образовавшихся гранул

$$d_{j,k} = 1,823 \sqrt[3]{1/\pi V_{j,k}} \equiv l_{k,max} \sqrt[3]{1/j_k}$$

Полученное значение $d_{j,k}$ сравниваем с минимальным величиной (левой границей) класса $l_{k,min}$:

при $d_{j,k} / l_{k,min} < 1$ – вновь образовавшиеся гранулы переходят в нижний (предыдущий, $k-1$) класс,

при $d_{j,k} / l_{k,min} > 1$ – часть вновь образовавшихся гранул принадлежит тому же k -му классу. В этом случае, уменьшая величину размера класса с шагом Δl , $l_{i,k} = l_{k,max} - i \Delta l$, $i = 1, 2, 3, \dots$,

определим то значение $l_{i,k}^n$, начиная с которого будет выполняться условие $d_{i,j,k}^n / l_{k,min} < 1$. Физически это означает, что все вновь образовавшиеся гранулы, размер которых не более $d_{i,j,k}$ перейдут в более низкий класс. Относительная величина этого объема определится из выражения

$$\varepsilon_{кл} \% = \frac{l_{i,k}^n - l_{k,min}}{l_{k,max} - l_{k,min}} \delta \% ,$$

где $\delta\%$ - процентное содержание угля этого класса.

Установлено [3], что при нормальной работе комбайнов циркуляция угля в рабочем органе может достигать 25 %. Считая в первом приближении, что весь циркулирующий в органе уголь измельчается последним до гранул размером 0-6 мм (штыба), отнесем его общему объему штыба при добыче (разрушении пласта и погрузке) угля очистным комбайном.

С учетом штыба, образующегося при разрушении пласта резцами кутковой группы и составляющего около 16-20 % , относительный объем угля класса 0-6 мм для очистных комбайнов будет составлять не менее 40 % . Учитывая раздавливание гранул угля более высокого класса при его погрузке и перехода классов более крупных размеров в классы менее крупных размеров, относительный объем угля класса 0-6 мм (штыба) при добыче его очистными комбайнами должен составлять примерно 45-55 % , что и подтверждается данными рассева угля на шахтах.

Выводы и направление дальнейших исследований.
Разработанная математическая модель формирования гранулометрического состава угля при погрузке его исполнительным органом очистного комбайна с учетом давления, циркуляции его в органе и хрупко-пластических свойств угля дает возможность оценивать его гранулометрический (сортовой) состав и наметить пути улучшения сортового состава угля. Выполненные теоретические исследования дают возможность оценивать сортовой состав добытого угля очистными комбайнами с учетом дополнительного измельчения, обусловленного погрузкой, хотя в среднем и подтверждаются данными его рассева, однако требуют дальнейших исследований как теоретического, так и экспериментального характера.

Список источников.

1. Воронков В.П., Жуков П.П. Методы прогнозирования ситового и фракционного состава углей. М.: Недра. 1977. - 136 с.
2. Формирование гранулометрического состава угля при добыче его очистными комбайнами // Н.Г. Бойко, Н.А. Марков, Е.Н. Бойко и др. Наукові праці ДонДТУ. Вип. 27, серія гірничо-електромеханічна. Донецьк, Донату, 2001 - с. 35-64.
3. Бойко Н.Г. Теория рабочих процессов комбайнов для добычи угля из тонких пологих пластов. - Дисс. ... докт. техн. наук. М.: МГИ, 1985. - 504 с.
4. Григорьян Б.Р. Обоснование рациональных параметров системы комбайн-конвейер, обеспечивающих устойчивость выемочных машин со смещенным в забой корпусом. - Дисс. ... кан. техн. наук. М.: МГИ, 1980. - 169 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука. 1964. - 576 с.