УДК 622.331

Э.А.КРЕМЧЕЕВ, *канд. техн. наук, доцент, kremcheev@spmi.ru*
А.В.БОЛЬШУНОВ, *канд. техн. наук, доцент, avb72@rambler.ru*
Д.О.НАГОРНОВ, *аспирант, bars32nag@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

E.A.KREMCHEEV, *PhD in eng. sc., kremcheev@spmi.ru*
A.V.BOLSHUNOV, *PhD in eng. sc., avb72@rambler.ru,*
D.O.NAGORNOV, *post-graduate student, bars32nag@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Universi ty

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗАПОЛНЕНИЯ ШНЕКОВОГО БУНКЕРНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА И ЗАТРАТ МОЩНОСТИ НА РЕЗАНИЕ

Шнековый бункерный исполнительный орган предназначен для работы на торфяных месторождениях и может быть использован для добычи торфа из залежи выбуриванием. Описана конструкция шнекового бункерного исполнительного органа и предложен расчет затрат энергии на резание.

Ключевые слова: добыча торфа, исполнительный орган, выбуривание, мощность на резание.

DETERMINATION OF THE RATE OF BUNKER FILLING SCREW EXECUTIVE AUTHORITY AND POWER TO CUT COSTS

Screw bunker executive body is designed to work on the peat deposits and can be used for the extraction of peat deposits from the drilling-out. The paper describes the design of screw bunker executive authority and proposed calculation of energy consumption for cutting.

Key words: peat production, the executive body, drilling-out, the power to cut.

Шнековый бункерный исполнительный орган (рис.1) представляет собой тонкостенный металлический цилиндр относительно большого диаметра, в верхней части которого установлена проходная крышка. Внутри цилиндра имеется шнек, незначительно выступающий своей режущей частью за нижнюю часть цилиндра.

Устройство предназначено для работы на торфяных месторождениях и может быть использовано для добычи полезного ископаемого выбуриванием. При использовании подобных исполнительных органов можно вести добычу торфа без предварительного обезвоживания добычного поля.

По классификации пород Протодьяконова торф относится к породам 8-й категории. Это землистая порода с коэффициентом крепости 0,6 [1, 5, 6]. При бурении подобных пород максимальная эффективность достигается при использовании вращательного метода бурения режущими долотами со шнековым буровым ставом [2, 4]. Условно рассматриваемый исполнительный орган можно отнести к такому виду породоразрушающего инструмента.

Как правило, скорость бурения $V_{\text{п}}$, а в нашем случае скорость внедрения исполни-

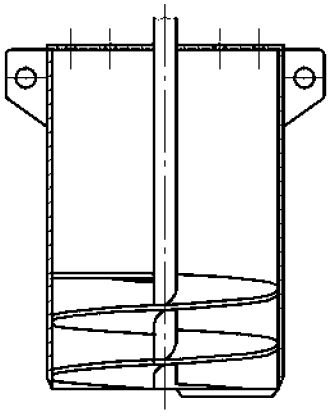

Рис.1. Шнековый бункерный исполнительный орган

тельного органа в горную породу определяется экспериментальным бурением или принимается по данным промышленного бурения в аналогичных условиях. Механическая скорость бурения зависит от параметров инструмента, режима бурения и свойств буримой породы. При шнековом способе очистки призабойной зоны разрушенная горная породы создает дополнительное сопротивление вращению и подаче инструмента на забой. Это оказывает решающее влияние на выбор формы и размеров корпуса инструмента, коэффициента перекрытия выбуриваемого пространства и расположения резцов. Установление зависимостей удаления разрушенной горной породы из призабойной зоны необходимо для количественной оценки скорости заполнения бункера, возникающих сопротивлений и выбора параметров режущего инструмента [3].

Специфичность шнекового исполнительного органа как конвейера, работающего в металлическом кожухе и заполняющего бункер, заключается в нестационарности, возрастающей длине транспортирования и в интенсивности загрузки. Транспортирующая способность шнека может оказаться меньше интенсивности его загрузки, что неизбежно приведет к нарушению режима бурения. Интенсивность загрузки шнека зависит от скорости подачи инструмента на забой, а транспортирующая способность – от скорости вращения и конструктивных параметров шнека.

Определим скорость внедрения исполнительного органа аналитически. При вращении шнека с частотой n и подаче его на забой с осевым усилием Q каждая точка режущей кромки будет совершать движение по винтовой линии. При этом передняя грань инструмента срезает стружку толщиной h (скалывает стружку). Следуя теории резания горных пород, можно сказать, что при бурении торфа процесс разрушения представляет собой циклический процесс. Каждый цикл состоит из скалывания мелких объемов и одного большого.

Главный объем скалывания (сечение KLM) формируется в конце цикла (рис.2.).

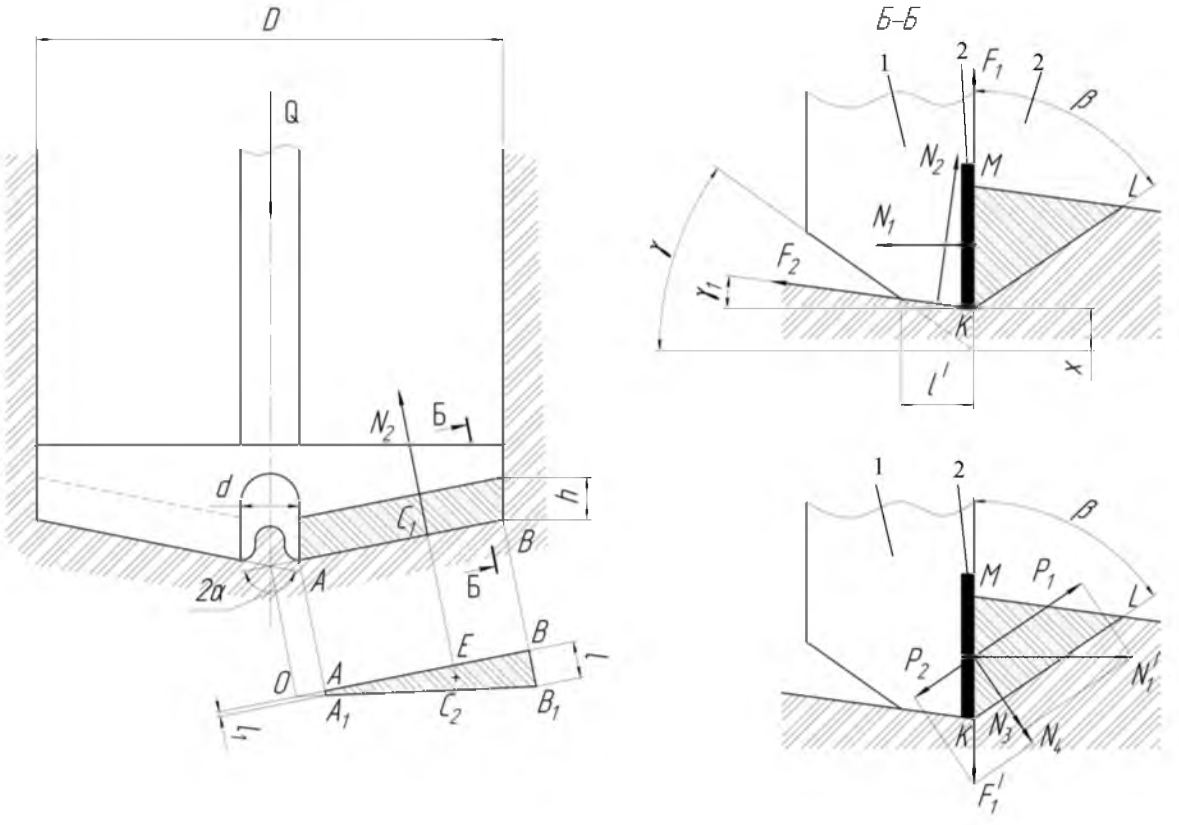

Рис.2. Схема сил, действующих на лезвие породоразрушающего инструмента

1 – резец; 2 – твердосплавная вставка

Скалывание происходит по поверхности KL под углом β к вертикали. Величина угла β зависит от свойств разрушаемой горной породы и находится в диапазоне 45-60°. Ширина скалывания будет равняться длине режущей кромки. Поскольку разница между толщиной снимаемой стружки h и ее шириной значительна, то дополнительными сопротивлениями скалыванию от зажима породы пренебрегаем [2, 4] и расчет ведем для условий резания на свободной поверхности.

Перед скалыванием основного объема породы на переднюю грань инструмента действуют следующие силы: сопротивление скалыванию породы N_1 и сила трения, возникающая в контакте передней грани с породой, $F_1 = f_{тр} N_1$. В общем случае коэффициент трения $f_{тр} = 0{,}3\text{-}0{,}7$. В условиях конкретного месторождения при резании торфа естественной влажности значение коэффициента трения следует определять экспериментально.

Силы N_1' и F_1', действующие на горную породу со стороны режущего инструмента, разложим на составляющие: N_1' на составляющие P_1 и N_3, а F_1' на составляющие P_2 и N_4. Из представленной схемы сил видно, что P_1 и P_2 являются скалывающими силами, а N_3 и N_4 – сжимающими. Тогда скалывающая сила, действующая на скалываемый объем породы,

$$P_{ск} = P_1 - P_2 = (\sin\beta - f_{тр}\cos\beta)N_1'. \quad (1)$$

Сопротивление породы скалыванию зависит от площади скалывания (сдвига) и предела прочности породы на скалывание:

$$F = S_{ск}\sigma_{ск}, \quad (2)$$

где $S_{ск}$ – площадь скалывания (сдвига), м^2; $\sigma_{ск}$ – предел прочности породы на скалывание, Н/м^2.

Согласно схеме (рис.2) площадь скалывания

$$S_{ск} = \frac{S_{AabB}}{\cos\beta + \sin\beta\tan\gamma_1} = \frac{h(D-d)}{2(\cos\beta + \sin\beta\tan\gamma_1)},$$

где D и d – соответственно внутренний диаметр бункера (внешний диаметр долота) и диаметр центрального паза на лезвии режущего инструмента, м.

Предел прочности породы на скалывание можно вычислить как произведение коэффициента хрупкости $k_{хр}$ (представляющего собой отношение работы, затраченной на деформирование породы до предела упругости, к общей работе разрушения) и предела прочности породы на сжатие $\sigma_{сж} \approx 9{,}81\cdot 10^6 f$ (здесь f – коэффициент крепости породы по шкале Протодьяконова).

Перепишем выражение (2) в виде

$$F = \frac{k_{хр}h(D-d)}{2(\cos\beta + \sin\beta\,\mathrm{tg}\gamma_1)}\sigma_{сж}. \quad (3)$$

Учитывая то, что скалывание объема породы произойдет при $P_{хр} \geq F$ и что при скалывании $N_1 = N_1'$, то, преобразив выражения (1) и (3), получим силу трения породы о переднюю грань инструмента:

$$F_1 = f_{тр}N_1 = \frac{f_{тр}k_{хр}h(D-d)\sigma_{сж}}{2(\cos\beta + \sin\beta\,\mathrm{tg}\gamma_1)(\sin\beta - f_{тр}\cos\beta)}. \quad (4)$$

На рис.2 ширина площадки износа по наружному диаметру лезвия инструмента обозначена l. Износ по высоте лезвия $x = l(\mathrm{tg}\gamma - \mathrm{tg}\gamma_1)$. Учитывая, что на торцевую площадку износа действует сила сопротивления породы раздавливанию N_2, сила трения о торцевую поверхность инструмента

$$F_2 = f_{тр}N_2 = \frac{D^2 - d^2}{4D\sin\alpha} f_{тр} l \sigma_{сж}. \quad (5)$$

Поскольку процесс разрушения породы носит циклический характер, то сила, действующая на переднюю грань режущего инструмента, изменяется циклически, и в момент скалывания достигает максимума, и это тот максимальный момент, который должен преодолеть приводной двигатель. Момент сил, действующих на режущий инструмент,

$$M = (0{,}5N_1R_{c1} + F_2R_{c2})z, \quad (6)$$

R_{c1} и R_{c2} – плечи приложения сил N_1 и F_2 относительно оси вращения инструмента, м; z – число режущих кромок.

Сопоставление опытных и расчетных данных показывает, что в данном случае

координаты приложения сил относительно оси вращения инструмента [4]

$$R_{c1} = (D + d)/4, \quad (7)$$

$$R_{c_2} = \frac{D^3 - d^3}{3(D^2 - d^2)}. \quad (8)$$

Преобразуя выражение (6) и используя (4), (5), (7) и (8), получим

$$M = \left(\frac{k_{\text{хр}} h (D^2 - d^2)}{16(\cos\beta + \sin\beta \text{tg}\gamma_1)(\sin\beta - f_{\text{тр}} \cos\beta)} + \right.$$

$$\left. + \frac{(D^3 - d^3) f_{\text{тр}} l}{12 D \sin\alpha} \right) \sigma_{\text{сж}} z .$$

Поисковая научно-исследовательская работа выполнена в рамках реализации Федеральный целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баталов А.П.* Расчет нагрузок на стены бункеров цилиндроконической формы / А.П.Баталов, Э.А.Кремчеев // Записки Горного института. СПб, 2008. Т.178. С.31-34.

2. Буровой инструмент для станков вращательного бурегия / В.А.Перетолчин, Н.Н.Страбыкин, Я.Н.Долгун, Ю.М.Коледин, Е.В.Чудогашев, И.К.Владимирцев, Ю.П.Шеметов. Иркутск, 1975. 204 с.

3. *Михайлов А.В.* Перспективы развития новых технологий добычи торфа / А.В.Михайлов, Э.А Кремчеев., А.В.Большунов, Д.О.Нагорнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 9. С.191-192.

4. *Перетолчин В.А.* Вращательное бурение скважин на карьерах. М., 1975. 128 с.

5. *Тихонов Н.В.* Горная механика. М., 1960. 335 с.

6. *Филимонов Н.А.* Выемочные и проходческие горные машины. М., 1958. 428 с.

REFERENCES

1. *Batalov A.P.* Calculation of loadings on walls of bunkers cylinder forms // Proceeding of mining Institute. Saint Petersburg, 2008. T.178. P.31-34.

2. Drilling tool for machine tool rotary buregiya // V.A.Peretolchin, N.N.Strabykin, Ya.N.Dolgun, Y.M.Koledin, E.V.Chudogashev, I.K.Vladimirtsev, J.P.Shemetov. Irkutsk, 1975. 204 p.

3. Mihajlov A.V., Kremcheev E.A., Bolshunov A.V., Nagornov D.O. Perspektivy of development of new technologies of extraction of peat // Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2010. N 9. P. 191-192.

4. *Peretolchin V.A.* The rotary drilling in quarries. . Moscow, 1975. 128 p.

5. *Tikhonov N.V.* Mining engineer. Moscow, 1960. 335 p.

6. *Filimonov N.A.* Excavation and tunneling mining machines. Moscow, 1958. 428 p.