

УДК 622.23.05

ВЛИЯНИЕ ШАГА ВНЕШНЕГО ДВИЖИТЕЛЯ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОДЫ ЗАБОЯ НОЖЕВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ ГЕОХОДА

Пашков Д.А., аспирант Института угля ФИЦ УУХ СО РАН,
Научный руководитель: Садовец В.Ю., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Существует множество технологий для образования полостей под землей. Однако динамично развивающейся является геоходная технология, где технологические операции по образованию полостей выполняет геоход [1-6].

Однако, на существующем этапе геоходной технологии имеются задачи по обоснованию технических и конструктивных решений, методик расчета и проектирования исполнительных органов (ИО) для разрушения пород малой крепости [7-12].

Основным критерием эффективности процесса разрушения является показатель удельной энергоемкости процесса.

Удельная энергоемкость (p) показывает, какое количество энергии затрачивается на разрушение единицы объема породы, и для ножевых ИО определяется по формуле [13]

$$p = \frac{P}{F_{cp}}, \quad (1)$$

где P – сила резания ножом, Н;

F_{cp} – площадь поперечного сечения прорези (рис. 1), м.

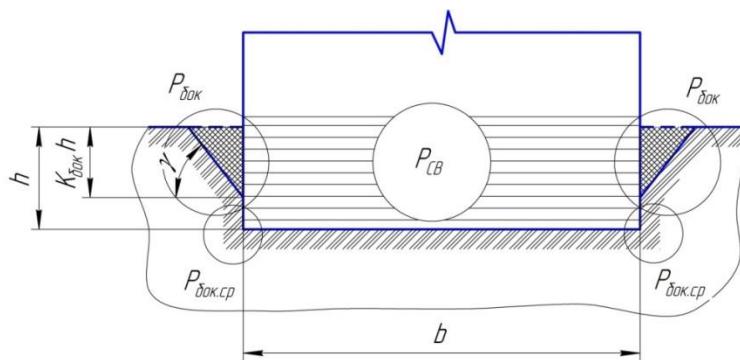


Рисунок 1 – Зоны действия составляющих силы резания острым ножом

Из рисунка 1 площадь поперечного сечения прорези

$$F_{cp} = bh + k_{dok}^2 h^2 \operatorname{ctg} \gamma, \quad (2)$$

где b – ширина ножа, м;

h – глубина резания, м;

$k_{бок}$ – коэффициент глубины расширяющей части прорези;

γ – угол наклона расширяющей части прорези к горизонту, град.

На рисунке 2 показаны проекции полной силы сопротивления грунта резанию на ось вращения геохода (P_0) и на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода ($R_{ИО}$), а также момент сопротивления резанию от этой составляющей ($M_{ИО}$)[14-17].

В случае применения ножевого ИО в геоходе, сила резания (P) будет равна проекции полной силы сопротивления грунта резанию, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода ($R_{ИО}$), то выражение (1) примет вид

$$p = \frac{R_{ИО}}{F_{cp}}. \quad (3)$$

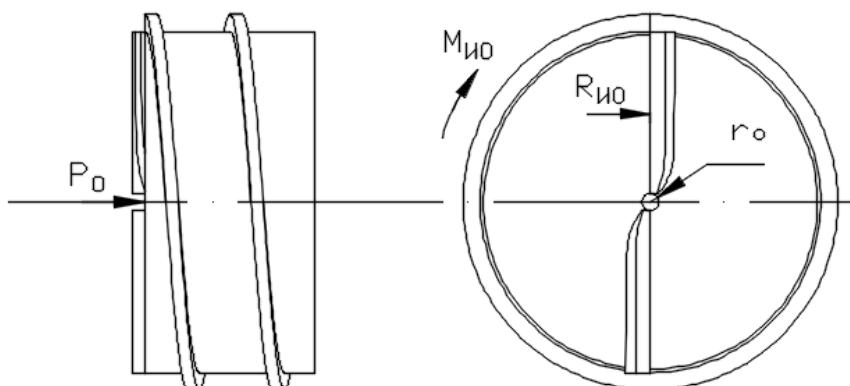


Рисунок 2 – Расчетная схема к определению полной силы сопротивления грунта резанию ножевым исполнительным органом.

Для ножевого ИО геохода полная проекция силы сопротивления грунта резанию на плоскость, перпендикулярную оси вращения равна [18-23]

$$R_{u.o} = n(R_{u.o.св} + R_{u.o.бок}), \quad (4)$$

где n – количество ножей ИО геохода;

$R_{u.o.св}$ – проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, зависящей от ширины среза, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода, Н;

$R_{u.o.бок}$ – проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, не зависящей от ширины среза, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода, Н.

Проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, зависящей от ширины среза, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода [18-23]

$$R_{u.o.cs} = \frac{\varphi m_{cs} h_B^2}{2\pi n \cos \gamma} \left[\frac{(\sin \beta_2 - \sin \beta_1)}{\sin \beta_2 \cdot \sin \beta_1} + ctg(\delta + \varphi_{mp}) \ln \left| \frac{\tg \frac{\beta_2}{2}}{\tg \frac{\beta_1}{2}} \right| \right], \quad (5)$$

Проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, не зависящей от ширины среза, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода [18-23]

$$R_{u.o.\delta} = \frac{h_B}{n} \left(m_{\delta} \frac{h_B}{n} + m_{\delta,cr} \right) \left[\frac{\sin(\delta + \varphi_{mp} + \beta_1) + \sin(\delta + \varphi_{mp} + \beta_2)}{\sin(\delta + \varphi_{mp})} \right]. \quad (6)$$

На основе горнотехнических условий проведения выработок геоходом с ножевым ИО представленным в таблице, по выражению (3) была определена удельная энергоемкость разрушения породы забоя ножевым ИО геохода где шаг внешнего движителя (h_B) изменяется от 0,05 до 2,25 с шагом 0,05 м.

Таблица – Горнотехнические условия проведения выработки геоходом с ножевым ИО.

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Радиус геохода	r_e	м	0,6
Радиус образующей	r_o	м	0,05
Коэффициент, учитывающий влияние угла резания [13]	φ		0,59
Удельная сила резания в лобовой части прорези при угле резания 45° [13]	m_{cs}	Н/м²	97000
Сила разрушения грунта в боковых частях прорези [13]	m_{δ}	Н/м²	36000
Удельная сила среза одним из боковых ребер ножа [13]	$m_{\delta,cr}$	Н/м	8490
Угол наклона радиального ножа к плоскости, перпендикулярной оси вращения геохода	γ	град	0
Угол резания	δ	град	25
Угол трения [13]	φ_{mp}	град	31,4
Количество ножей ИО геохода	n		
Коэффициент глубины расширяющей части прорези [13]	k_{δ}		0,9
Угол наклона расширяющей части прорези к горизонту	γ	град	30

На основании расчетов, был построен график (рисунок 3) изменения удельной энергоемкости разрушения породы забоя ножевым ИО геохода при увеличении шага внешнего движителя (h_B).

По оси ординат, представленной зависимостью, отложено значение удельной энергоемкости разрушения породы забоя ножевым ИО геохода ($\text{МДж}/\text{м}^3$), а по оси абсцисс изменение шага внешнего движителя (м).

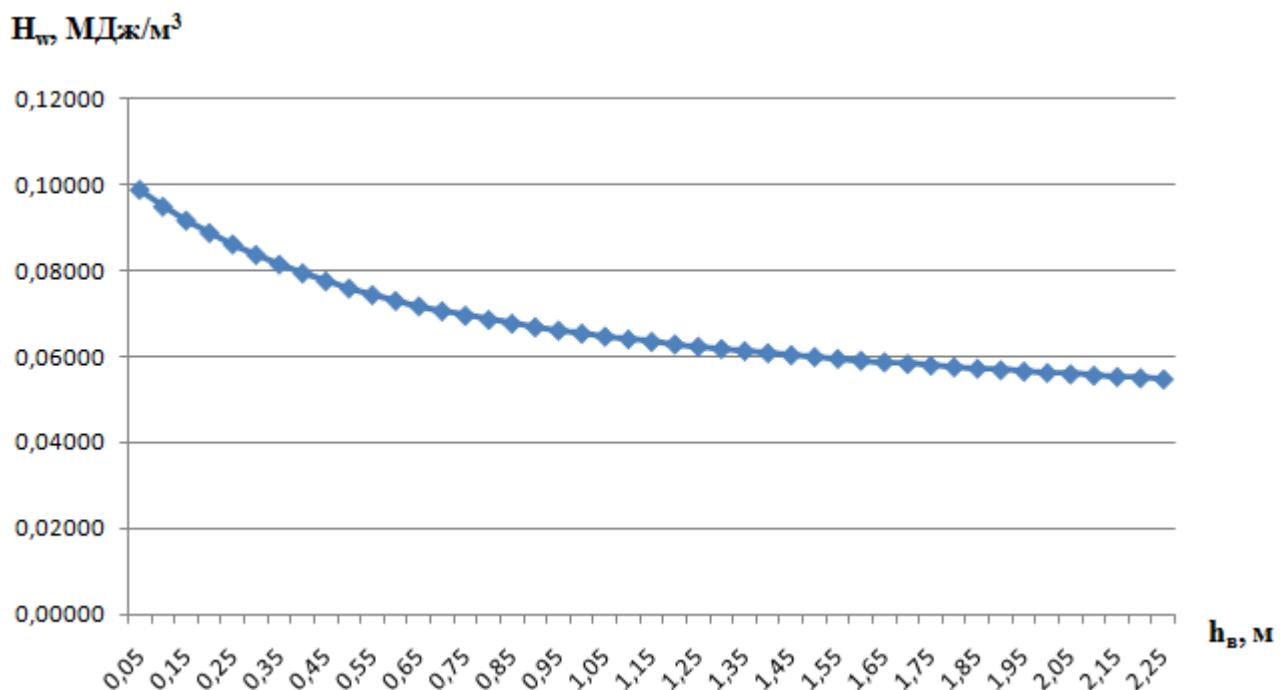


Рисунок 3 – Зависимость удельной энергоемкости разрушения породы забоя ножевым ИО геохода от шага внешнего движителя

Из графика изображенного на рисунке 3, видно что:

- значение удельной энергоемкости разрушения породы забоя ножевым ИО геохода уменьшается нелинейно;
- значение удельной энергоемкости разрушения породы забоя ножевым ИО геохода уменьшается при увеличении шага внешнего движителя от 0,05 м до 1 м на 0,035 $\text{МДж}/\text{м}^3$;
- при значение $h_B > 1,0$ м, удельная энергоемкость разрушения породы забоя ножевым ИО геохода уменьшается на 0,01 $\text{МДж}/\text{м}^3$.

Список литературы

1. Аксенов В.В. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 1 / В.В. Аксенов, А.А. Хорешок, В.Ю. Бегляков // Вестник КузГТУ. - 2018. - №4. - С. 105-113.
2. Аксенов В.В. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике.

Часть 2 / В.В. Аксенов, А.А. Хорешок, В.Ю. Бегляков // Вестник КузГТУ. - 2018. - №5. - С. 43-51.

3. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. The influence of parameters on the generatrix of the helicoid form guide of geokhod bar working body//E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.

4. Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю., Пашков Д.А. Физико-механические свойства горных пород малой крепости//В сборнике: Перспективы инновационного развития угольных регионов России/Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. Ответственные редакторы Пудов Е. Ю., Клаус О. А. -2016. -С. 142-147.

5. Обоснование величины прикладываемых к забою нагрузок при моделировании взаимодействия инструмента и породы/Аксенов В. В., Садовец В. Ю., Пашков Д. А./Техника и технология горного дела, 2018. -№ 1 (1). -С. 11-19.

6. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. Reasoning of the model sizes in modeling the interaction between tool and rock. В сборнике: E3S Web of Conferences Electronic edition. 2018.

7. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Синтез технических решений ножевого исполнительного модуля геохода//Вестник КузГТУ -2006. -№ 6. -С. 33-37.

8. Экспертная оценка влияния особенностей нового класса горнопроходческой техники на методику расчета его параметров В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец. Вестник КузГТУ -2004. -№6.1. -С.43-45.

9. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Обоснования формы забоя выработки геохода//Сборник трудов Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 20-21 мая, 2010 г./ЮТИ. -Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. -С.492-496.

10. Горбунов, В. Ф., Аксенов В. В., Садовец В. Ю. Структурная матрица горнопроходческих систем//Служение делу. Кемерово: КузГТУ, 2006. С. 77-84.

11. Геовинчестерная технология и геоходы - новый подход к освоению недр и формированию подземного пространства Аксёнов В.В., Ефременков А.Б. В сборнике: Инновационные технологии и экономика в машиностроении Труды VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2008. С. 423-429.

12. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Влияние динамических процессов, формирующихся в рабочих режимах, на силовые параметры ножевого исполнительного органа//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2009. Т. 10. № 12. С. 91-106.

13. Ветров, Юрий Александрович. Резание грунтов землеройными машинами. - Москва : Машиностроение, 1971. - 360 с.

14. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Влияние уступа на НДС призабойной части горной выработки//Сборник трудов II Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 19 -20 мая, 2011 г./ЮТИ. -Томск: Томский политехнический университет, 2011. - С.575-580
15. Аксенов В.В. Моделирование особенностей движения геохода/В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец//Вестник КузГТУ. -2007. -№1. -С. 20-22.
16. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Определение функции линии контакта ножа исполнительного органа геохода с поверхностью забоя//Технологии и материалы. -2016. -№4. -С. 9-14.
17. Влияние параметров образующей геликоида на форму ножевого исполнительного органа геохода/В.Ю. Садовец, Д.А. Пашков//В сборнике материалов XVI Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016» 23-24 ноября 2016 г. Кемерово, 2016 г.
18. Пашков Д.А. Обоснование величины нагрузок для моделирования взаимодействия инструмента и породы // В сборнике X Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». С.Г. Костюк (отв. редактор). 2018. С. 31106.1-31106.5.
19. Sadovets V.Yu., Beglyakov V.Yu. and Efremenkov A.B. 2015 Simulation of geokhod movement with blade actuator Applied Mechanics and Materials 770 384-390.
20. Walter A.V., Aksenov V.V. Determining deviations in geometry of the geokhod shells//Applied Mechanics and Materials. -2015. -Vol. 2017. -P. 439-444.
21. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А., Резанова Е.В. Границы условия определения характерных точек ножевого исполнительного органа геохода // Вестник КузГТУ. - 2018. - №2. - С. 166-173.
22. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of characteristic bending points of the blade operating body of the geokhod // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. 2018. С. 012005.
23. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Определение силовых параметров ножевого исполнительного органа геохода для разрушения пород малой крепости//Вестник КузГТУ. -2017. -№3. -С. 116-126.