

Аксенов Владимир Валерьевич^{1,3}, доктор техн. наук, **Садовец Владимир Юрьевич**², кандидат техн. наук, доцент, **Пашков Дмитрий Алексеевич**³, аспирант.

¹Научно-исследовательский центр ООО "Сибирское НПО" 650002, Россия, г. Кемерово, Советский проспект, 56.

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

³Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, 650610, Россия, г. Кемерово, Ленинградский, 10.

E-mail: 55vva42@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ НОЖЕВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ ГЕОХОДА

Аннотация: Энергоемкость разрушения горной породы является основным показателем оценки геометрических и силовых параметров исполнительного органа горной машины. Существующая методика расчета ножевого исполнительного органа геолохода не учитывает этот показатель. Цель работы, разработать методику определения энергоемкости разрушения горной породы при образовании полости в подземном пространстве исполнительным органом геолохода для разрушения пород малой крепости. Проведен обоснованный выбор метода определения энергоемкости разрушения горной породы и возможность применения его к условиям и требованиям геолоходной технологии образования полости в подземном пространстве на небольших глубинах. На основании разработанной методики определения энергоемкости разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геолохода, разработан алгоритм расчета и компьютерная программа. Это позволило получить зависимости влияния геометрических параметров внешнего движителя и исполнительного органа геолохода на энергоемкости разрушения горной породы. В результате исследования выявлено, что энергоемкость разрушения горной породы ножевым исполнительным органом, предназначенного для разрушения пород малой крепости, при изменении геометрических параметров внешнего движителя и самого исполнительного органа, изменяется неравномерно.

Ключевые слова: горные машины, геолоход, геолоходная технология, исполнительный орган, нож, энергоемкость разрушения горной породы.

Информация о статье: принята 01 июня 2019 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2019-2-30-38

Введение

Для образования полости в подземном пространстве на небольших глубинах традиционно применяются щитовые проходческие системы, основным устройством которой является – щит. Хорошо себя зарекомендовавшая при строительстве перегонных тоннелей и станций метро, такая технология проведения выработки имеет ряд существенных недостатков [1]. Этих недостатков лишена альтернативная технология образования полости в подземном пространстве на небольших глубинах – геолоходная, в которой базовым элементом является геолоход [2-10].

Геолоход – это горная машина, предназначенная для образования полости в подземном пространстве различного назначения и расположения. Разработкой и обоснованием технических решений устройств и элементов нового класса горнопроходческой техники, а также оценкой влияния силовых и геометрических параметров этих устройств на элементы геолохода и методик их расчета, занимается коллектив авторов [1-19].

Основным устройством горнопроходческой машины является исполнительный орган. Геометрические и силовые параметры исполнительных органов оказывают наибольшее влияние на параметры горнопроходческой машины в целом.

На существующем этапе обоснования геометрических и силовых параметров устройств геолохода, остро стоят задачи по разработке технических и конструктивных решений исполнительных органов для разрушения пород малой крепости, а также разработке методик расчета и проектирования его элементов.

Главным показателем оценки силовых и геометрических параметров исполнительного органа горнопроходческой машины, является энергоемкость разрушения пород забоя. Поэтому, работы направленные на разработку методики расчета энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геолохода, а также определение влияния на нее конструктивных параметров внешнего движителя и самого исполнительного органа, являются актуальными.

Целью работы является разработка методики расчета энергоемкости разрушения породы ножевым исполнительным органом геолода, а также оценка влияния на энергоемкость разрушения геометрических параметров внешнего движителя и параметров самого исполнительного органа.

В настоящее время существуют несколько методик определения энергоемкости разрушения породы. Во всех методиках расчета термин "энергоемкость разрушения горной породы" трактуется одинаково, и она равна количеству работы, затраченной на разрушение единицы объема горной породы или ее массы [17-20].

Для обоснования выбора методики определения энергоемкости разрушения горной породы малой крепости ножевым исполнительным органом геолода, авторами статьи были рассмотрены три существующих подхода к определению энергоемкости разрушения породы горными и землеройными машинами.

В работе Ананьева К.А. [18], энергоемкость разрушения горной породы роторным исполнительным органом (H_w , кВт·ч/м³), определяется по выражения

$$H_w = \frac{2\pi M}{3600W_{об}}, \quad (1)$$

где M – суммарный момент, затрачиваемый на резание, кНм;

$W_{об}$ – объем разрушенной породы за один оборот, м³.

Энергоемкость разрушения горной породы резовым инструментом (H_w , МДж/м³), из работ Малевича Н.А. [19], определяется из выражения

$$H_w = \frac{Z}{th}, \quad (2)$$

где Z – усилие резания, Н;

t – шаг разрушения, мм;

h – средняя толщина стружки, мм.

Расчет энергоемкости разрушения грунтов землеройными машинами (p , МДж/м³), предложенный Ветровым Ю.А. [21,22] определяют из выражения

$$p = \frac{P}{F_{ср}}, \quad (3)$$

где P – сила резания ножом, Н;

$F_{ср}$ – площадь поперечного сечения прорези, мм².

Представленные выражения для расчета энергоемкости разрушения горных пород являются тождественными и соответствуют общепринятому трактованию термина энергоемкости. В числителе этих выражений представлены силы резания, действующие либо на весь исполнительный орган или на его элемент (резец), а в знаменателе геометрический параметр разрушаемого массива горной породы, либо объем горной массы (1), либо площадь среза (2, 3).

Надо отметить, что в методике, предложенной Ветровым Ю.А. величину энергоемкости разрушения грунтов землеройными машинами принято называть удельной силой резания.

Отличительной особенностью первой методики определения энергоемкости разрушения горной

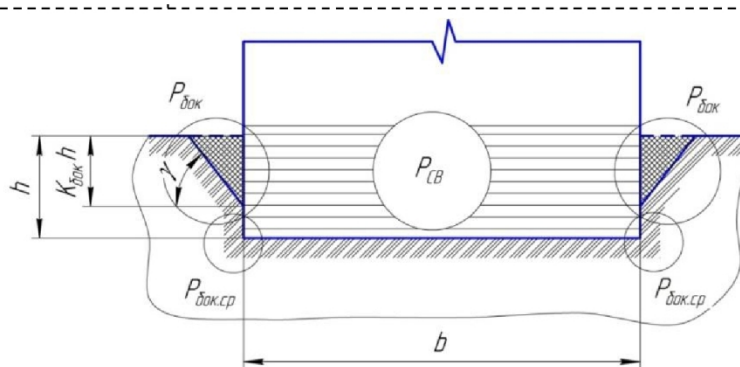


Рис. 1. Зоны действия составляющих силы резания острым ножом

породы, является кинематика движения исполнительного органа, который кроме главного перемещения на забой выработки, совершает вращательное движение вокруг своей оси. Поэтому силовой фактор в числителе представлен суммарным моментом сил резания, а в знаменателе объем разрушенной горной массы за один оборот исполнительного органа вокруг своей оси. Соответственно, единицы измерения энергоемкости разрушения горной породы, по первой методике кВт·ч/м³, а по второй и третьей методике единицей измерения энергоемкости является МДж/м³. Если осуществить перевод единиц измерения к одной величине, то выражение 1 примет вид:

$$H_w = \frac{2\pi M}{1000W_{об}}. \quad (4)$$

Разработанная ранее, методика определения силовых параметров ножевого исполнительного органа геолода [7-9] основана на определении силовых параметров ножевых исполнительных органов по опытным коэффициентам, которую разработал Ветров Ю.А.. Поэтому для разработки методики определения энергоемкости разрушения горных пород ножевым исполнительным органом геолода, принимаем выражения для определения удельной энергоемкости разрушения горной породы, предложенные Ветровым Ю.А.

Методика исследования.

Геометрическим параметром ножевого исполнительного органа геолода, оказывающего влияние на энергоемкость разрушения горной породы, является площадь резания или площадь поперечного сечения прорези.

Для ножевого исполнительного органа геолода, схема резания которым представлена на рис. 1, площадь поперечного сечения прорези будет определяться из выражения

$$F_{ср} = bh + k_{бок}^2 h^2 ctg \gamma, \quad (5)$$

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.

Основными силовыми параметрами ножевого исполнительного органа геолода являются: проекция полной силы сопротивления грунта резанию на

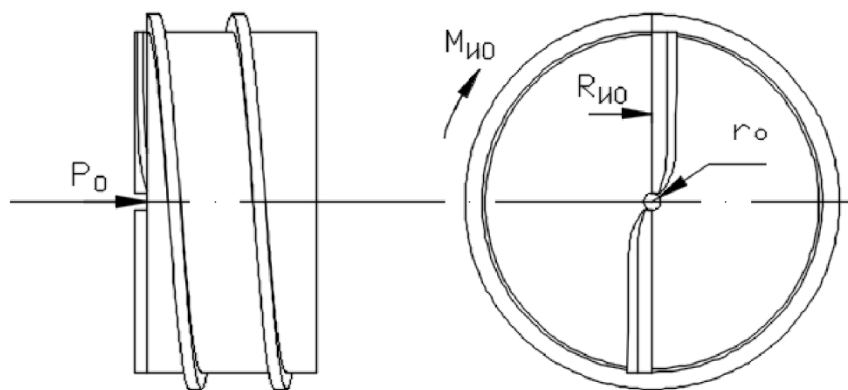


Рис. 2. Расчетная схема к определению полной силы сопротивления грунта резанию ножевым исполнительным органом.

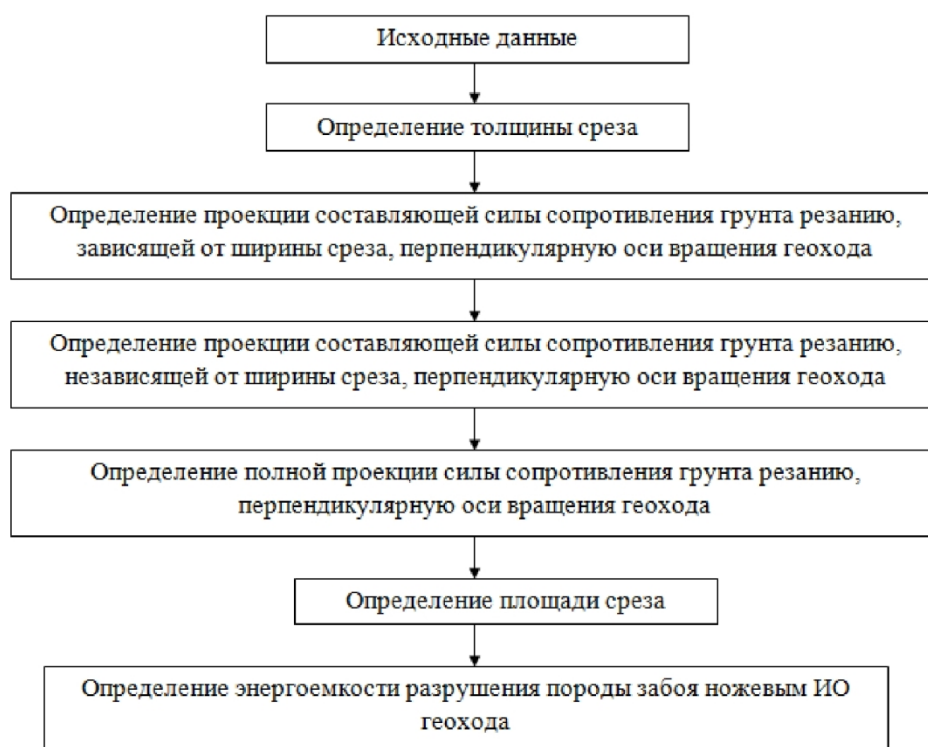


Рис. 3. Алгоритм расчета определения энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода

ось вращения геохода P_0 и на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода $R_{ио}$, а также момент сопротивления резанию от этой составляющей $M_{ио}$ [7-9], действие которых представлено на рис. 2.

При определении энергоемкости разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геохода, сила резания ножом P в выражении (3), будет равна проекции полной силы сопротивления грунта резанию, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода $R_{ио}$. Следовательно, выражение (3) примет вид

$$p = \frac{R_{ио}}{F_{ср}}. \quad (6)$$

Для ножевого исполнительного органа геохода полная проекция силы сопротивления грунта резанию на плоскость, перпендикулярную оси вращения равна [7-9]

$$R_{ио} = n(R_{ио.св} + R_{ио.бок}), \quad (7)$$

где n – количество ножей ИО геохода;

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

$R_{ио.бок}$ – 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 [7-9] определяется по выражению:

Таблица. Горнотехнические условия проведения выработки геоходом и геометрические параметры ножевого исполнительного органа.

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Радиус геохода	r_z	м	0,6
Радиус образующей	r_o	м	0,05
Коэффициент, учитывающий влияние угла резания	φ		0,59
Удельная сила резания в лобовой части прорези при угле резания 45°	$m_{св}$	Н/м ²	97000
Сила разрушения грунта в боковых частях прорези	$m_{бок}$	Н/м ²	36000
Удельная сила среза одним из боковых ребер ножа	$m_{бок,ср}$	Н/м	8490
Угол наклона радиального ножа к плоскости, перпендикулярной оси вращения геохода	γ	град	0
Угол резания	δ	град	25
Угол трения	$\varphi_{тр}$	град	31,4
Количество ножей ИО геохода	n		1
Коэффициент глубины расширяющей части прорези	$k_{бок}$		0,9
Угол наклона расширяющей части прорези к горизонту	γ	град	30

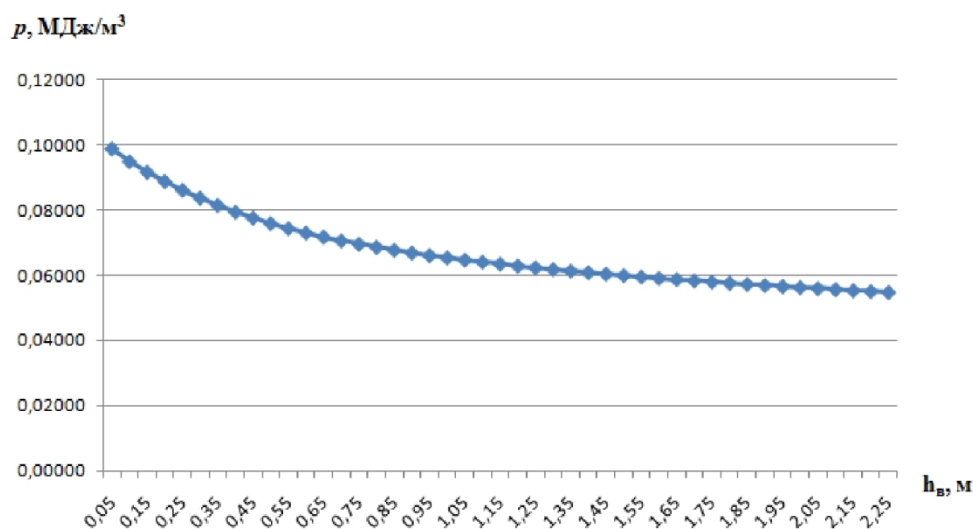


Рис. 4. Зависимость энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода от шага внешнего движителя

$$R_{н.о.св} = \frac{\varphi m_{св} h_B^2}{2\pi n \cos \gamma} \left[\frac{(\sin \beta_2 - \sin \beta_1)}{\sin \beta_2 \cdot \sin \beta_1} + \operatorname{ctg}(\delta + \varphi_{тр}) \ln \left[\frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}} \right] \right], \quad (8)$$

Проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, не зависящей от ширины среза, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода [7-9], определяется по выражению:

$$R_{н.о.бок} = \frac{h_B}{n} \left(m_{бок} \frac{h_B}{n} + m_{бок,ср} \right) \left[\frac{\sin(\delta + \varphi_{тр} + \beta_1) + \sin(\delta + \varphi_{тр} + \beta_2)}{\sin(\delta + \varphi_{тр})} \right]. \quad (9)$$

На основании представленных зависимостей нами разработана методика определения энергоемкости разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геохода, порядок расчета по которой представлен на рис. 3. На основе разработанного алгоритма определения энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода и для автоматизации расчета, была создана компьютерная программа.

Основной геометрической характеристикой, оказывающей влияние на параметры исполнительного органа геохода, является шаг внешнего движителя. Для определения влияния шага внешнего движителя геохода на энергоемкость разрушения горных пород, нами были выбраны параметры горнотехнических условий проведения выработок геоходом и геометрические параметры ножевого исполнительного органа. Значения этих параметров представлены в таблице.

По выражениям (5,7,8) определена зависимость энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода, от шага внешнего движителя h_B . Значения шага внешнего движителя изменяется от 0,05 до 2,25 с интервалом 0,05 м.

На основании полученных значений, был построен график (рис. 4.) изменения энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода при изменении шага внешнего движителя h_B .

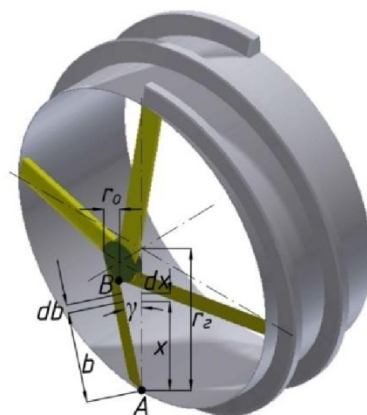


Рис. 5. Схема ножевого исполнительного органа

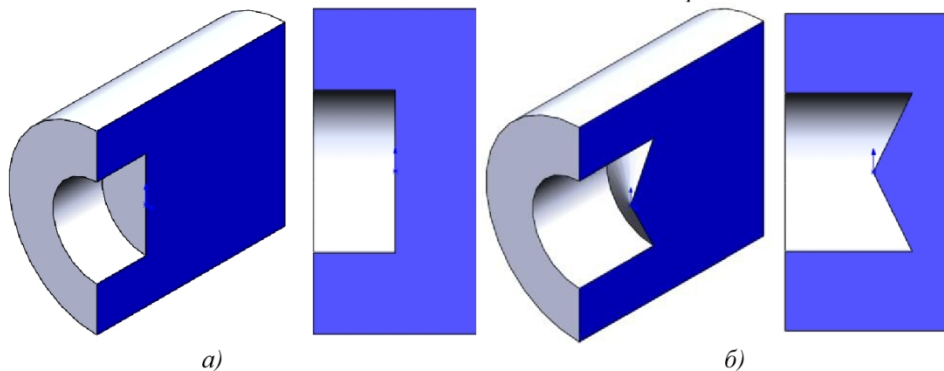


Рис. 6. Схемные варианты формы забоя: а) – плоская; б) – конусная.

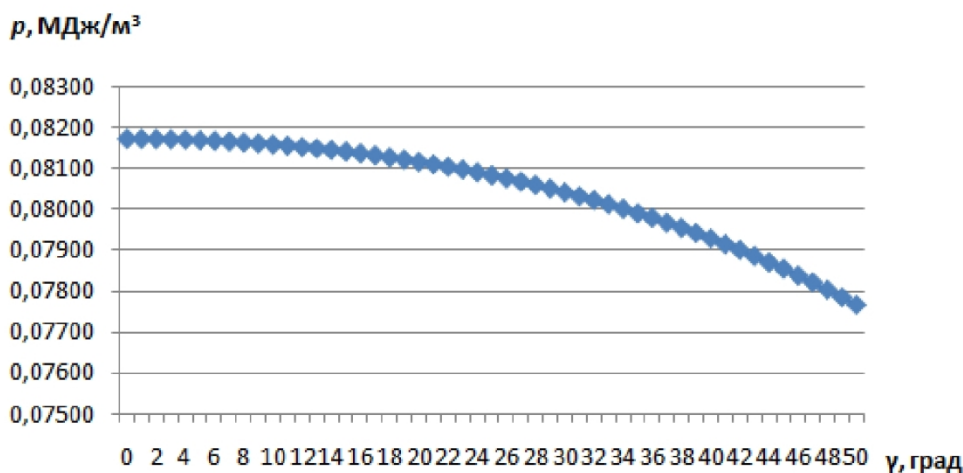


Рис. 7. Зависимость энергоёмкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода от угла наклона ножа

По оси ординат, представленной зависимости, отложено значение энергоёмкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода (МДж/м³), а по оси абсцисс изменение шага внешнего движителя (м).

Из графика, представленного на рис. 4, следует что:

- значение энергоёмкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода изменяется нелинейно в сторону уменьшения, при увеличении шага внешнего движителя от 0,05 м до 1 м на 0,035 МДж/м³;

- при увеличении значения шага внешнего движителя $h_B > 1,0$ м, энергоёмкость разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом

продолжает уменьшаться, но менее интенсивно на величину 0,01 МДж/м³;

- энергоёмкость разрушения породы забоя уменьшается в результате относительного увеличения боковых расширений прорези, в пределах которых сопротивление породы меньше, чем перед лобовой гранью ножа.

Геометрические параметры ножевого исполнительного органа, влияющие на энергоёмкость разрушения горных пород, представлены на рис. 5. Одним из них указан угол наклона ножа к плоскости, перпендикулярной оси вращения геохода – γ , изменение которого влияет на форму забоя выработки. При $\gamma = 0^\circ$ образуется плоская форма забоя (рис. 6, а), а при $\gamma > 0^\circ$ – конусная форма забоя (рис. 6, б).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Обозначение	Единица измерения	Значение		n	R _{нр} , Н	p, МДж/м ³	
2	r _r	м	0,3		1	17808,55	0,08234541	
3	r _о	м	0,025		2	14334,54	0,09360826	
4	h _в	м	0,3		3	13176,53	0,09975507	
5	ψ		0,59		4	12597,53	0,10362654	
6	m _{св}	Н/м ²	97000		5	12250,13	0,10628873	
7	m _{бок}	Н/м ²	36000		6	12018,53	0,1082317	
8	m _{боксв}	Н/м	8490		7	11853,1	0,10971222	
9	γ	град	0		8	11729,02	0,11087783	
10	δ	град	25		9	11632,52	0,11181935	
11	γ _{тр}	град	31,4		10	11555,32	0,11259574	
12	k _{бок}		0,9					
13	γ _{пр}	град	30					
14								

Рис. 8. Расчет энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода при разном числе ножей посредством программы Microsoft Excel.

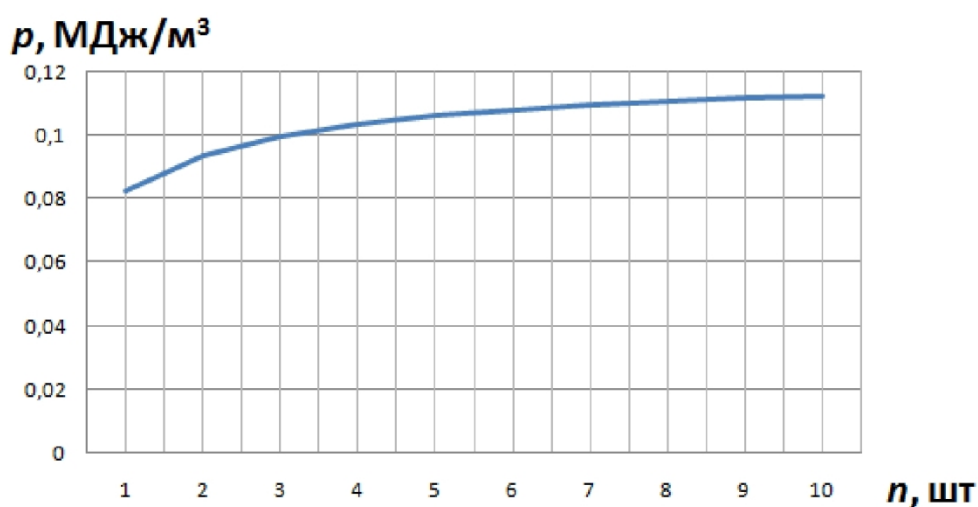


Рис. 9. Зависимость энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода от количества ножей

На основании полученных значений, был построен график (рис. 7) изменения энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода при изменении угла наклона ножей.

По оси ординат, представленной зависимости, отложено значение энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода (МДж/м³), а по оси абсцисс изменение угла наклона ножей исполнительного органа геохода (град).

Из графика, представленного на рис. 7, следует что:

- значение энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода изменяется нелинейно в сторону уменьшения, при увеличении угла наклона ножей исполнительного органа геохода;
- энергоемкость разрушения породы забоя уменьшается в результате относительного увеличения площади среза;
- с точки зрения энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода, предпочтительным является конусная форма забоя, представленная на рисунке 6, б.

Еще одним геометрическим параметром ножевого исполнительного органа геохода, оказывающим влияние на энергоемкость разрушения горной породы, будет количество ножей исполнительного органа.

Площадь поперечного сечения прорези одним ножом исполнительного органа геохода

$$F_{cp} = b \frac{h}{n} + k_{бок}^2 \left(\frac{h}{n} \right)^2 ctg \gamma_{np}, \quad (11)$$

где n – количество ножей исполнительного органа геохода.

Для определения влияния количества ножей исполнительного органа геохода на энергоемкость разрушения горной породы, заменим в методике расчета выражение 5 на выражение 11. Фрагмент расчета энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода при изменяющемся количестве ножей с использованием компьютерной программы, представлен на рис.

На основании полученных значений, был построен график (рис. 9) зависимости энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода от количества ножей.

По оси ординат, представленной зависимости, отложено значение энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом

геохода (МДж/м³), а по оси абсцисс изменение числа ножей на исполнительном органе геохода (шт).

Выводы

1. Разработана методика определения энергоемкости разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геохода.
2. Разработан алгоритм определения энергоемкости разрушения горной породы при разрушении ножевым исполнительным органом геохода, а также для автоматизации расчетов разработана программа в Microsoft Excel.
3. Получена зависимость энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода от шага внешнего движителя.
4. При увеличении шага внешнего движителя геохода, энергоемкость разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геохода уменьшается неравномерно.
5. Получены зависимости влияния геометрических параметров ножевого исполнительного органа геохода на энергоемкость разрушения горной породы.
6. Значение энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода изменяется нелинейно в сторону уменьшения, при увеличении угла наклона ножей исполнительного органа геохода, поэтому предпочтительной формой является конусная форма забоя, представленная на рис. 6, б.
7. Значение энергоемкости разрушения породы забоя ножевым исполнительным органом геохода изменяется нелинейно в сторону увеличения, при увеличении числа ножей на исполнительном органе геохода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aksenov V.V., Efremkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of characteristic bending points of the blade operating body of the geokhod//В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. 2018. С. 012005. DOI: 10.1088/1757-899X/441/1/012005
2. Бегляков В.Ю. Обоснование параметров поверхности взаимодействия исполнительного органа геохода с породой забоя. Дис. Канд. Техн. Наук. - Юрга, 2012.-139 с.
3. Вальтер А.В. Факторы, обуславливающие погрешности поверхностей вращения крупногабаритных корпусов геохода//Горное оборудование и электромеханика. -2016. -№ 8 (126). -С. 19-25.
4. Коперчук А. В., Бегляков В.Ю. Выбор схемного решения стартового устройства геохода//Горное оборудование и электромеханика. - 2016. -№ 8 (126). -С. 15-18.
5. Физико-механические свойства горных пород малой крепости//В.Ю. Садовец, В.Ю. Бегляков, Д.А. Пашков//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.
6. Blashchuk M.Yu., Kasantsev A.A., Chernukhin R.V. Capacity Calculation of Hydraulic Motors in

Geokhod Systems for Justification of Energy-Power Block Parameters//Applied Mechanics and Materials. - 2014. -№ 682. -С. 418-425. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.682.418

7. Aksenov V., Sadovets V., Rezanova E., Pashkov D. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on cutting forces // E3S Web of Conferences. 2017. Т. 15. С. 03015. DOI: 10.1051/e3sconf/20171503015.

8. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Определение силовых параметров ножевого исполнительного органа геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 3 (121). С. 116-126.

9. Горбунов В.Ф., Аксёнов В.В., Садовец В.Ю. Экспертная оценка влияния особенностей нового класса горнопроходческой техники на методику расчета его параметров//Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. № 6-1 (43). С. 43-45.

10. Nishi S., Seiki T. Planning and design of underground space use. // Mem. Sch. Eng. Nagoya Univ. - 1997. - №1.

11. Maidl, B. Hardrock Tunnel Boring Machines / B. Maidl, L. Schmid, W. Ritz, M. Herrenknecht. Berlin: Ernst&Sohn, 2008. – 343 p.

12. Wighman T. Think deeps – go underground // ENR: News – Rec. – 1998. - №4.

14. Хорешок А.А., Ананьев К.А. Определение рациональной длины барабанов исполнительного органа геохода//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. 343-345.

15. V.Y. Sadovets, V.Y. Beglyakov, A.B. Efremkov, Applied Mechanics and Materials, 770, 384 (2015). DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.770.384.

16. Хорешок А.А., Ананьев К.А. Определение величины перебора при работе барабанных исполнительных органов геохода//В сборнике: Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XIV международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека» в рамках Уральской горнопромышленной декады. Лагунова Ю.А. (отв. ред.). 2016. С. 14-18.

17. Ермаков А.А. Определение усилий на головной секции геохода от работы барабанного исполнительного органа//В сборнике: Сборник материалов VIII Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "РОССИЯ МОЛОДАЯ". Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева; Ответственный редактор О.В. Тайлаков. 2016. С. 34.

18. Ананьев К.А. Создание исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости//Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. Кемерово, 2016

19. Зеленин А.М., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ // Учебное пособие для вузов – М.: «Машиностроение», 1975. 424 с.

20. Машины для земляных работ / под общ. ред. Волкова Д.П. – М.: Машиностроение, 1992. 187 с.

21. Ветров Ю.А., Баладинский В.Л. Машины для специальных земляных работ. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1980. 308 с.

22. Ветров Ю.А. Расчет сил резания и копания грунтов. – Киев: Изд-во Киев. Ун-та, 1985. 251 с.

Vladimir V. Aksenov^{1,3}, Dr. Sc.in Engineering, Vladimir Yu. Sadovets², C. Sc.in Engineering, Dmitry A. Pashkov³, graduate student.

¹ Research Center "Siberian NPO", 650000, Russia, Kemerovo, Sovetsky Avenue, 56.

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, 28 street Vesennyyaya, Kemerovo, Russia

³ Institute of Coal of the Federal Research Center Coal and Coal Chemistry Siberian Branch of the RAS, 650610, 10 Leningradsky av, Kemerovo, Russia

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DETERMINING ENERGY CAPACITY ROCK DESTRUCTION BY KNIFE EXECUTIVE GEODAIN AUTHORITY

Abstract: The energy intensity of rock destruction is the main indicator for evaluating the geometric and power parameters of the executive body of a mining machine. The existing methodology for calculating the knife executive body of the geohod does not take this indicator into account. The purpose of the work is to develop a methodology for determining the energy intensity of rock destruction during the formation of a cavity in the underground space by the executive organ of the geohod for the destruction of rocks of small strength. A substantiated choice of the method for determining the energy intensity of rock destruction and the possibility of applying it to the conditions and requirements of the geo-locomotive technology for forming a cavity in the underground space at shallow depths has been made. Based on the developed methodology for determining the energy intensity of rock destruction by a knife executive body of the geokhod, a calculation algorithm and a computer program have been developed. This made it possible to obtain the dependences of the influence of the geometric parameters of the external mover and the executive organ of the geohod on the energy intensity of the destruction of the rock. As a result of the study, it was found that the energy intensity of rock destruction by a knife executive body, designed to destroy rocks of a small fortress, varies unevenly when the geometric parameters of the external mover and the executive body are changed.

Keywords: mining machines, geohod, geological technology, executive body, knife, energy capacity of rock destruction.

Article info: received June 01, 2019

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-2-30-38

REFERENCES

1. Aksenov V.V., Efremkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of characteristic bending points of the blade operating body of the geokhod//V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. 2018. S. 012005. DOI: 10.1088/1757-899X/441/1/012005

2. Beglyakov V.Yu. Obosnovanie parametrov poverkhnosti vzaimodeystviya ispol-nitel'nogo organa geokhoda s porodoi zaboya. Dis. Kand. Tekhn. Nauk. - Yurga, 2012.-139 s.

3. Val'ter A.V. Faktory, obuslavlivayushchie pogreshnosti poverkhnostey vrashche-niya krupnogabaritnykh korpusov geokhoda//Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. -2016. -№ 8 (126). -S. 19-25.

4. Koperchuk A. V., Beglyakov V.Yu. Vyborskhemnogo resheniya startovogo ustroystva geokhoda//Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - 2016. -№ 8 (126).-S. 15-18.

5. Fiziko-mekhanicheskie svoystva gornykh porod maloy kreposti/V.Yu. Sadovets, V.Yu. Beglyakov, D.A. Pashkov//V sbornike: Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii/Sbornik trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennye redaktory Pudov E. Yu., Klaus O. A. - 2016. -S. 142-147.

6. Blashchuk M.Yu., Kasantsev A.A., Chernukhin R.V. Capacity Calculation of Hy-draulic Motors in Geokhod Systems for Justification of Energy-Power Block Parameters//Applied Mechanics and Materials. - 2014. -№ 682. -S. 418-425. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.682.418

7. Aksenov V., Sadovets V., Rezanova E., Pashkov D. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on cutting forces // E3S Web of Conferences. 2017. T. 15. S. 03015. DOI: 10.1051/e3sconf/20171503015.

8. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Opredelenie silovykh parametrov nozhevo

исполнител'ного органа геокхода // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. № 3 (121). S. 116-126.

9. Gorbunov V.F., Aksenov V.V., Sadovets V.Yu. Ekspertnaya otsenka vliyaniya oso-bennostey novogo klassa gornoprokhodcheskoy tekhniki na metodiku rascheta ego para-metrov//Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2004. № 6-1 (43). S. 43-45.

10. Nishi S., Seiki T. Planning and design of underground space use. // Mem. Sch. Eng. Nagoya Univ.- 1997. - №1.

11. Maidl, B. Hardrock Tunnel Boring Machines / B. Maidl, L. Schmid, W. Ritz, M. Herrenknecht. Berlin: Ernst&Sohn, 2008. – 343 p.

12. Wighman T. Think deeps – go underground // ENR: News – Rec. – 1998. - №4.

14. Khoreshok A.A., Anan'ev K.A. Opredelenie ratsional'noy dliny barabanov ispolnitel'nogo organa geokhoda//V sbornike: Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii. Sbornik trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennye redaktory Pudov E. Yu., Klaus O. A. 2016. S. 343-345.

15. V.Y. Sadovets, V.Y. Beglyakov, A.B. Efremenko, Applied Mechanics and Materials, 770, 384 (2015). DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.770.384.

16. Khoreshok A.A., Anan'ev K.A. Opredelenie velichiny perebora pri rabote barabannykh ispolnitel'nykh organov geokhoda//V sbornike: Tekhnologicheskoe

oborudovanie dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti. Sbornik trudov XIV mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Chleniya pamyati V. R. Kubacheka» v ramkakh Ural'skoy gornopromyshlennoy dekady. Lagunova Yu.A. (otv. red.). 2016. S. 14-18.

17. Ermakov A.A. Opredelenie usiliy na golovnoy sektiis geokhoda ot raboty barabannogo ispolnitel'nogo organa//V sbornike: Sbornik materialov VIII Vserossiyskoy, nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym ucha-stiem "ROSSIYA MOLODAYa". Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet im. T.F. Gorbacheva; Otvetstvennyy redaktor O.V. Taylakov. 2016. S. 34.

18. Anan'ev K.A. Sozдание ispolnitel'nogo organa geokhoda dlya razrusheniya porod sredney kreposti//Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet im. T.F. Gorbacheva. Kemerovo, 2016

19. Zelenin A.M., Balovnev V.I., Kerov I.P. Mashiny dlya zemlyanykh rabot // Uchebnoe posobie dlya vuzov – M.: «Mashinostroyeniye», 1975. 424 s.

20. Mashiny dlya zemlyanykh rabot / pod obshch. red. Volkova D.P. – M.: Mashino-stroyeniye, 1992. 187 s.

21. Vetrov Yu.A., Baladinskiy V.L. Mashiny dlya spetsial'nykh zemlyanykh rabot. – Kiev: Izd-vo Kiev.un-ta, 1980. 308 s.

22. Vetrov Yu.A. Raschet sil rezaniya i kopaniya gruntov. – Kiev: Izd-vo Kiev. Un-ta, 1985. 251 s.

Библиографическое описание статьи

Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Разработка методики определения энергоемкости разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геокхода // Горное оборудование и электромеханика — 2019. — № 2 (142). — С. 30-38.

Reference to article

Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Development of a methodology for determining energy capacity rock destruction by knife executive geodain authority. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 2 (142), pp. 30-38.