

2. Давиденко О.М., Камишацкий О.Ф. Пат. 68524 А Украина, МКИ 7 Е 21 В 21/06. Устройство для приготовления буровых растворов / № 2003065862; Заявлено 24.06.2003; Опубл. 16.08.2004; Бюл. № 8. – 3 с.
3. Ятров С.Н. Промышленные жидкости в бурении скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 310 с.

Поступила 09.06.09

УДК 622.24.051

**И. А. Свешников¹, А. Л. Майстренко¹, доктора технических наук, С. Д. Заболотный¹,
С. Ф. Беспалов¹, А. И. Доброскокин¹, В. Г. Городецкий², канд. техн. наук, Н. П. Осадчук²**

¹ Институт сверхтвердых материалов им В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

² Национальный технический университет «КПИ», г. Киев

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕЗЦОВ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ ПРОЧНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

It is experimentally established, that the tool of ISM design effectively works to depth of cutting of 8 mm., thus minimum power consumption of destruction of breed is observed at a step of cutting $T_p = 60$ mm. Necessary T_p the mathematical model is developed for the computer program of arrangement of cutters in a combine crown.

Разрушение прочной горной породы при комбайновой проходке выработок является сложной проблемой. При проведении горных выработок проходческими комбайнами типа П110-01М должна обеспечиваться максимально возможная глубина резания породы. При этом наблюдается большой расход серийных самовращающихся резцов типа РТ32 вследствие частых поломок твердосплавных вставок и износа при прекращении вращения. Резцы РП-221 с градиентной структурой отличаются высокой прочностью и износостойкостью. Цель настоящей работы состоит в разработке путей рационального размещения единичных резцов в коронке комбайна. При этом основным показателем был взят оптимальный шаг резания T_p – расстояние между соседними резцами, при котором наблюдается взаимодействие зон разрушения от единичных инденторов.

Экспериментальные исследования проводили на стенде, созданном на базе токарно-карусельного станка 1М553. При этом использовали блоки Теревовлянского песчаника прочностью 60-80 МПа. Для измерения составляющих силы резания использовали специальный динамометр в комплексе с измерительной системой фирмы «НВМ» (Германия). При проведении исследований шаг резания изменяли в диапазоне 12–80 мм при глубине резания 2–8 мм. В процессе экспериментов проводили отбор продуктов разрушения песчаника, по которым определяли объем разрушенной породы и площадь реза. Далее рассчитывали энергоемкость разрушения (МДж/м³) по формуле

$$H_w = \frac{P_z}{S_p},$$

где P_z – среднее усилие резания, Н; S_p – средняя площадь реза, мм².

Результаты экспериментов приведены в табл. 1-3 и показаны на рис.

Таблица 1. Значения P_z (кН) в зависимости от глубины резания и шага резания

Глубина резания, мм	Шаг резания, мм										
	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80 (блокированный рез)
2	0,74126	1,05388	1,16637	1,18574	1,20511	1,20351	1,20192	1,20032	1,19872	1,1849	1,17107
4	--	0,6831	1,11805	1,42059	1,68108	1,71229	1,74349	1,79695	1,80166	1,78666	1,80631
6	--	--	--	1,33629	1,63918	1,95303	2,17508	2,39713	2,40461	2,38842	2,55762
8	--	--	--	1,16396	1,56115	1,91679	2,27242	2,5974	2,74799	2,87479	3,00158

Таблица 2. Фактические значения площади реза ($мм^2$) в зависимости от глубины резания и шага резания

Глубина резания, мм	Шаг резания, мм										
	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80 (блокированный рез)
2	21,68	18,86	18,16	17,6	17,07	16,52	15,97	15,43	14,88	14,33	13,78
4		116,93	82,04	66,96	108,92	100,54	92,16	87,66	83,15	78,64	74,13
6				219,58	167,09	195,92	177,38	158,84	167,29	146,9	126,51
8				192,4	252,05	255,35	258,65	306,11	476,71	410,56	344,4

Таблица 3. Фактические значения энергии ($МДж/м^3$) в зависимости от глубины резания и шага резания

Глубина резания, мм	Шаг резания, мм										
	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80 (блокированный рез)
2	34,2	55,9	64,2	66,8	69,4	72,0	74,6	77,2	79,8	82,4	85,0
4		5,8	13,6	21,2	15,4	17,2	18,9	20,3	21,7	23,1	24,4
6				6,1	9,8	10,0	12,6	15,1	14,4	17,3	20,2
8				6,0	6,2	7,5	8,8	8,5	5,8	7,3	8,7

Для использования результатов экспериментов при создании компьютерной программы расстановки резцов в коронке комбайна разработали математическую модель энергоемкости резания песчаника резцом РП-221. Разработку выполняли на основе экспериментальных данных относительно энергоемкости резания породы (песчаника) резцом РП-221 в зависимости от глубины и шага резания (см. табл. 3).

Эмпирическая формула для зависимости энергоемкости от шага резания имеет следующий вид:

$$H_w(t) = f(t, c_0, c_1, \dots, c_n), \quad (1)$$

где H_w – энергоемкость резания породы; t – шаг резания; f – некоторая функция; $c_0 \dots c_n$ – параметры функции.

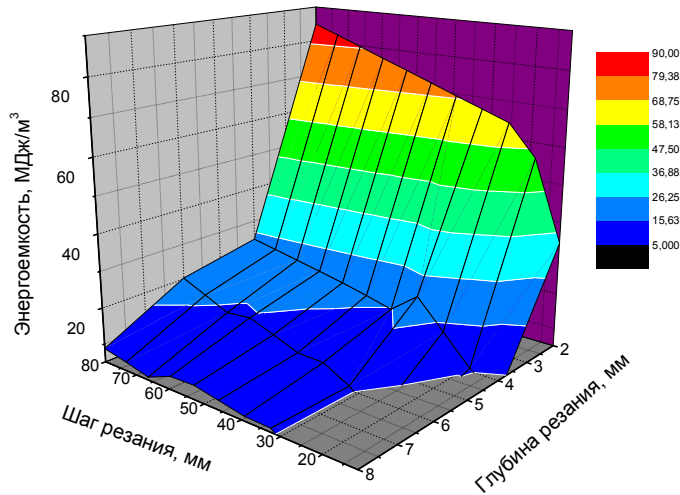


Рис.1. Зависимости энергоемкости разрушения (МДж/м³) прочного песчаника резцами РП-221 от глубины и шага резания

Каждый параметр c_i можно представить как функцию от глубины резания h :

$$c_i = \varphi_i(h). \quad (2)$$

После подстановки (2) в (1) искомая эмпирическая формула приобретет следующий общий вид:

$$H_w(t, h) = f(t, \varphi_0(h), \varphi_1(h), \dots, \varphi_n(h)) \quad (3)$$

Функцию f можно представить в виде полинома степени n :

$$f(t, c_0, c_1, \dots, c_n) = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + \dots + c_n t^n \quad (4)$$

Степень полинома принимаем (4) $n = 4$. Для каждого значения глубины резания из табл. 3 находим параметры функции f методом наименьших квадратов [1]. Если количество известных точек данных N , то параметры c_i функции (4) можно рассчитать по формуле

$$\begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N & \sum_{i=1}^N t_i & \vdots & \sum_{i=1}^N t_i^n \\ \sum_{i=1}^N t_i & \sum_{i=1}^N t_i^2 & \vdots & \sum_{i=1}^N t_i^{n+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^N t_i^n & \sum_{i=1}^N t_i^{n+1} & \vdots & \sum_{i=1}^N t_i^{2n} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^N Hw_i \\ \sum_{i=1}^N t_i Hw_i \\ \dots \\ \sum_{i=1}^N t_i^n Hw_i \end{pmatrix} \quad (5)$$

Рассчитанные коэффициенты функций для различной значения глубины резания сведены в табл. 4.

Таблица 4. Коэффициенты функции f для различной глубины резания h

Глубина резания h , мм	Значения коэффициентов				
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4
2,0	-1.2052	5.00718	-0.123166	0.00136039	$-5.42901 \cdot 10^{-6}$
4,0	-0.579313	0.791281	-0.00442472	-0.000119438	$1.25757 \cdot 10^{-6}$
6,0	-0.016612	-0.229977	0.0343123	-0.000686296	$4.16428 \cdot 10^{-6}$
8,0	-0.00182065	-0.0260998	0.0207539	-0.000511341	$3.41685 \cdot 10^{-6}$

Зависимость коэффициентов c_i от глубины резания h можно представить в виде полинома степени m :

$$\varphi_i(h) = C_{i0} + C_{i1}t + C_{i2}t^2 + \dots + C_{im}t^m, \quad (6)$$

где C_{i0}, \dots, C_{im} – коэффициенты для полинома, выражающего значение коэффициента c_i .

После подстановки (4) и (6) в (3) окончательная формула для расчета энергоемкости резания в зависимости от глубины и шага резания имеет следующий вид:

$$H_w(t, h) = \sum_{i=0}^n t^i \sum_{k=0}^m C_{ik} h^k. \quad (7)$$

Для полинома (6) значение степени принято $m = 3$. Для каждого i -го столбца табл. 4 рассчитаны значения коэффициентов C_{ik} методом наименьших квадратов. Полученные результаты сведены в табл. 5.

Таблица 5. Значения коэффициентов C_{ik}

i	Коэффициент C_{ik} при значении k			
	0	1,0	2,0	3,0
0	-1,40955	-0,0839949	0,113282	-0,0100984
1	14,3872	-6,30932	0,891709	-0,0410315
2	-0,34962	0,144773	-0,0169277	0,000577265
3	0,00392435	-0,00158154	0,000156911	$-3,56577 \cdot 10^{-6}$
4	$-1,60212 \cdot 10^{-5}$	$6,29342 \cdot 10^{-6}$	$-5,03912 \cdot 10^{-7}$	$2,61914 \cdot 10^{-9}$

На основании (7) и данных табл. 5 эмпирическая формула для расчета энергоемкости резания (МДж/м^3) в зависимости от глубины и шага резания приобретает вид:

$$\begin{aligned} H_w(t, h) = & -1,40955 - 0,0839949h + 0,113282h^2 - 0,0100984h^3 + \\ & + (14,3872 - 6,30932h + 0,891709h^2 - 0,0410315h^3)t + \\ & + (-0,34962 + 0,144773h - 0,0169277h^2 + 0,000577265h^3)t^2 + \\ & + (0,00392435 - 0,00158154h + 0,000156911h^2 - 3,56577 \cdot 10^{-6}h^3)t^3 + \\ & + (-1,60212 \cdot 10^{-5} + 6,29342 \cdot 10^{-6}h - 5,03912 \cdot 10^{-7}h^2 + 2,61914 \cdot 10^{-9}h^3)t^4 \end{aligned} \quad (8)$$

Значения энергоемкости, рассчитанные по формуле (8), приведены в табл. 6. Вычисление относительной погрешности проведено по формуле:

$$\delta = \left| \frac{H_w - H_{w0}}{H_{w0}} \right|, \quad (9)$$

где H_w , H_{w0} – расчетная (см. табл. 4) и соответственно экспериментальная (см. табл. 1) энергоемкость, МДж/м^3 ;

Таблица 6. Расчетная энергоемкость (МДж/м^3) в зависимости от глубины и шага резания

Глубина резания, мм	Расчетная энергоемкость, МДж/м^3 , при шаге резания, мм										
	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80 (блокированный рез)
2,0	43,3	50,5	59,6	66,1	70,4	73,3	75,1	77,3	79,3	82,0	85,2
4,0		10,0	12,7	15,0	17,0	18,5	19,6	20,8	21,5	22,3	24,7
6,0				6,6	8,8	10,8	12,4	14,5	15,4	16,6	20,3
8,0					5,7	6,9	7,7	8,2	8,0	7,0	6,5

Значения относительной погрешности, рассчитанные по формуле (9), сведены в табл. 7.

Таблица 7. Относительная погрешность вычисления энергоёмкости в зависимости от глубины и шага резания

Глубина резания, мм	Относительная погрешность вычисления энергоёмкости при шаге резания, мм										
	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80 (блокированный рез)
2,0	0,269	0,096	0,07	0,01	0,016	0,019	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$1,97 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$4,37 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-3}$
4,0		0,716	0,065	0,29	0,102	0,073	0,035	0,027	0,011	0,033	0,014
6,0				0,079	0,101	0,079	0,015	0,04	0,071	0,041	$7,35 \cdot 10^{-3}$
8,0				0,057	0,105	0,028	0,071	0,058	0,201	0,11	0,018

На основании экспериментальных исследований приходим к выводу, что с увеличением глубины резания эффективность разрушения породы повышается. Минимальная энергоёмкость разрушения получена при глубине резания 8 мм. Оптимальный шаг резания при минимальной энергоёмкости получен при шаге $T_p = 60$ мм.

Разработанная математическая модель позволяет рассчитать энергоёмкость разрушения прочной горной породы с минимальной погрешностью.

Разработанную математическую модель необходимого оптимального шага резания T_p рекомендуется использовать при создании компьютерной программы расстановки резцов в коронке проходческого комбайна.

Литература

1. Р. С. Гутер. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта – М.: Физматгиз, 1962. – 356 с.

Поступила 10.06.09

УДК 622.24.051

И. А. Свешников, д-р. техн. наук, **Л. Ф. Стасюк**, канд. техн. наук,
С. Д. Заболотный, **С. В. Смекаленков**

Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НОВЫХ МОДИФИКАЦИЙ АЛМАЗНО-ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

The new method of an estimation of wear resistance ATP is developed, allowing to predict their working capacity. Tests of new updatings of ATP with height diamond layer to 1,8 mm, developed in ISM are conducted. Influence of ways of processing diamond layer of plate on process of cutting of rock is studied.

Породоразрушающий инструмент, оснащенный алмазно-твердосплавными пластинами (АТП), широко применяется при бурении шпуров и скважин на предприятиях угольной промышленности.

Созданные в ИСМ НАН Украины буровые резцы типа РШ-140 [1], РШ-152 и РШ-153 применяются для бурения шпуров под заряды взрывчатого вещества при буровзрывном спо-