

УДК 622.23.05

И. А. Свешников, докт. техн. наук, **Э. Д. Скляр**ов, **С. Д. Заболотный**, **С. Ф. Беспалов**,
инженеры

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ПРОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА ШАХТАХ ДОНБАССА ДОЛОТАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ АЛМАЗНО–ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

In a paper the studies on a justification of a rational construction of bits equipped with diamond-hardmetal plates (DHP) are resulted. On a foundation of study of a pitch of cutting T the rational schema of DHP arranging in fans of a bit supplying minimum energy output of breaking down of a massif of strong abrasive sandstones is instituted. On a foundation of the held studies the bit for boring methane drainage boreholes on mines of Donbass is designed, manufactured and tested.

При бурении дегазационных скважин из подземных выработок шахт Донбасса применяются долота \varnothing 132 мм, оснащенные алмазно-твердосплавными пластинами (АТП). При этом большое значение имеет научное обоснование рациональной схемы размещения единичных АТП в корпусе буровых долот, что должно способствовать достижению максимальной скорости бурения и износостойкости инструмента.

Основными показателями применения долот, оснащенных АТП, являются:

- механическая скорость бурения, м/ч;
- проходка на долото, м;
- стоимость бурения 1 м скважины, грн/м.

Эти показатели в значительной мере зависят от характеристики оснащения торцевых рабочих поверхностей долот, включающей количество АТП, количество лопастей и взаимное размещение АТП на лопастях (схема размещения АТП).

Основным определяющим параметром при выборе схемы размещения АТП на каждой отдельной лопасти является шаг их размещения T – расстояние между центрами соседних АТП.

При выбранном диаметральном размере АТП, равном 13,5 мм, минимальное значение шага составляет 15,5 мм. Толщина стенки корпуса лопасти между соседними АТП равна 2,0 мм. Уменьшение толщины стенки за счет уменьшения шага размещения приводит к деформации стенок в процессе механической обработки и снижению прочности крепления АТП за счет искажения геометрических размеров паяного шва, что является недопустимым, т. к. приводит к выпадению АТП в процессе эксплуатации долота.

Максимальное значение величины шага T размещения АТП, при котором не наблюдается интенсивный абразивный износ корпуса лопасти при диаметральном размере АТП 13,5 мм и трехлопастной конструкции долота, равно 40,5 мм.

Таким образом, рациональная величина шага размещения АТП на одной лопасти находится в пределах 15,5–40,5 мм.

Вторым важным параметром, характеризующим степень оснащенности долота, является коэффициент перекрытия, определяемый как отношение общей площади АТП, размещаемых на рабочей поверхности долота, к площади забоя скважины.

На основании опыта разработки долот типа ИСМ и анализа оснащения долот коэффициент перекрытия имеет значение 0,08–0,34. При этом нижний предел относится к трехлопастным долотам, а верхний – к двенадцатилопастным.

При этом смещение ΔT АТП каждой последующей лопасти относительно предыдущей составляет $\Delta T = T/3$ для нижнего предела и $\Delta T = T/12$ для верхнего предела коэффициента перекрытия.

В настоящей работе была поставлена задача определить рациональные параметры схемы размещения АТП на лопастях, исходя из минимальной работы разрушения породы резанием. Для этого были приняты следующие параметры исследований, характерные для процесса бурения дегазационных скважин и применяемых для долот, оснащенных АТП:

Глубина резания – 0,25; 0,50; 1,00 мм.

Скорость перемещения АТП – 0,51 м/с.

Шаг размещения АТП, $T = 16,8$ мм.

Смещение АТП изменялось в пределах от 5,6 мм (трехлопастное долото) до 1,4 мм (двенадцатилопастное долото).

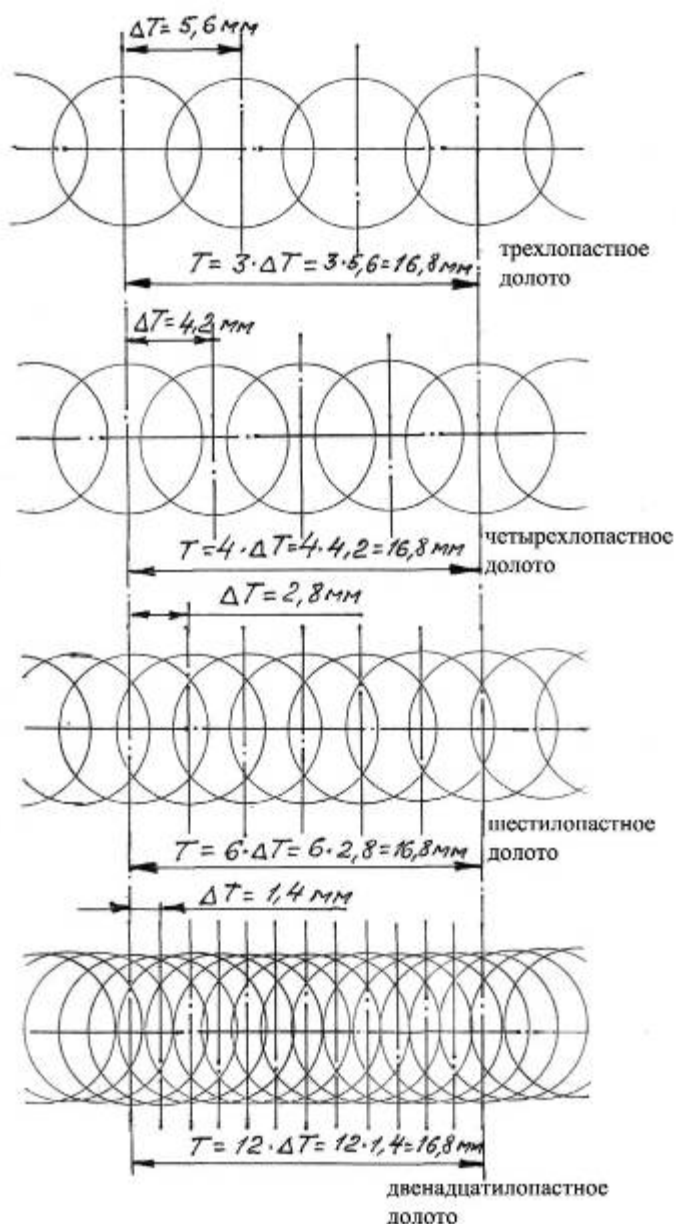


Рис. 1. Схема размещения АТП, принятая при проведении исследований: трехлопастное долото; четырехлопастное долото; шестилопастное долото; двенадцатилопастное долото.

На рис. 1 приведена схема резания АТП, принятая при проведении исследований для диапазона от трехлопастного до двенадцатилопастного долота. При проведении исследований применялись блоки прочного тербовлянского песчаника (рис. 2) размером 1,5×1,5×1,25 м.

Резец, моделирующий породоразрушающий элемент долота, оснащенного АТП, представлен на рис. 3. Он включает в себя АТП диаметром 13,5 мм, закрепленную методом пайки на державке 2. Стопорным винтом 3 и гайкой 4 хвостовик корпуса резца крепится в переходнике 5. Резец с переходником конусным хвостовиком крепится накладной гайкой 6 в резцедержателе 7 трехкомпонентного динамометра [1].

На рис. 4 приведена одна из диаграмм величин составляющих силы резания при смещении АТП $\Delta T = 5,6$ мм и глубине резания 0,5 мм.

На рис. 5 представлена диаграмма величин горизонтальной составляющей силы резания R_z при смещении АТП $\Delta T = 5,6$ мм и глубинах резания 0,25 мм; 0,5 мм; 1,00 мм.

Результаты экспериментов обрабатывались с применением программного обеспечения ПЭВМ. При этом определяли минимальные, максимальные и

средние значения составляющих силы резания.



Рис. 2. Общий вид блока теребовлянского песчаника.

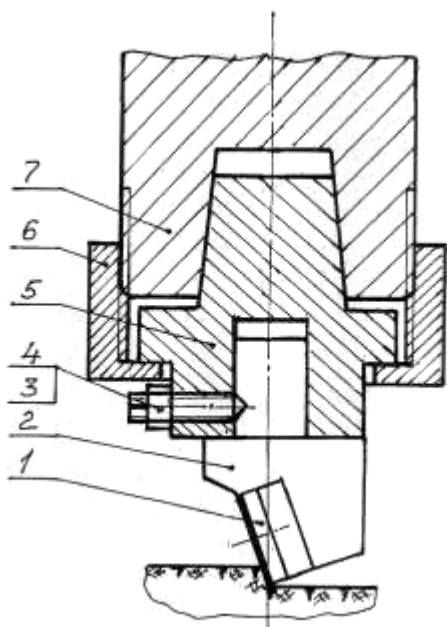


Рис. 3. Резец, моделирующий породоразрушающий элемент долота: 1 – АТП диаметром 13,5 мм; 2 – державка; 3,4 – стопорные винт и гайка; 5 – переходник; 6 – гайка; 7 – резцедержатель динамометра.

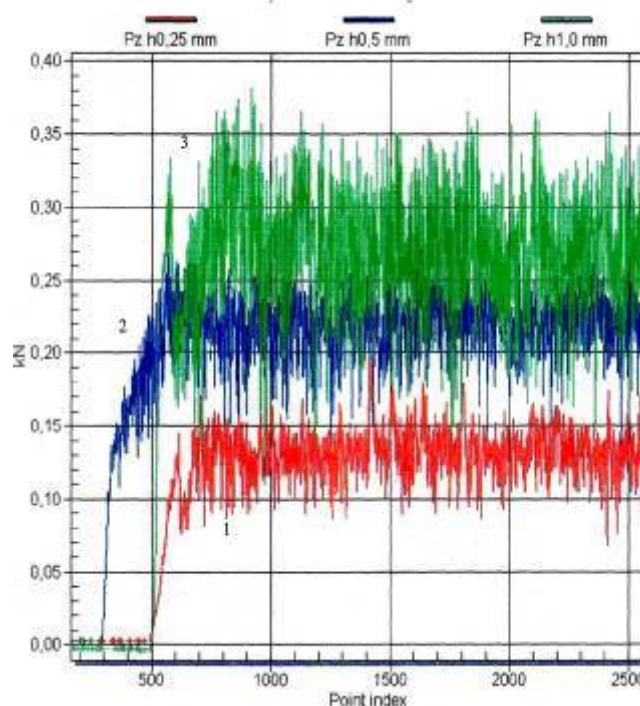


Рис. 4. Диаграмма величин составляющих силы резания при смещении АТП $\Delta T=5,6$ мм и глубине резания 0,5 мм: 1 – P_z , 2 – P_y , 3 – P_x .

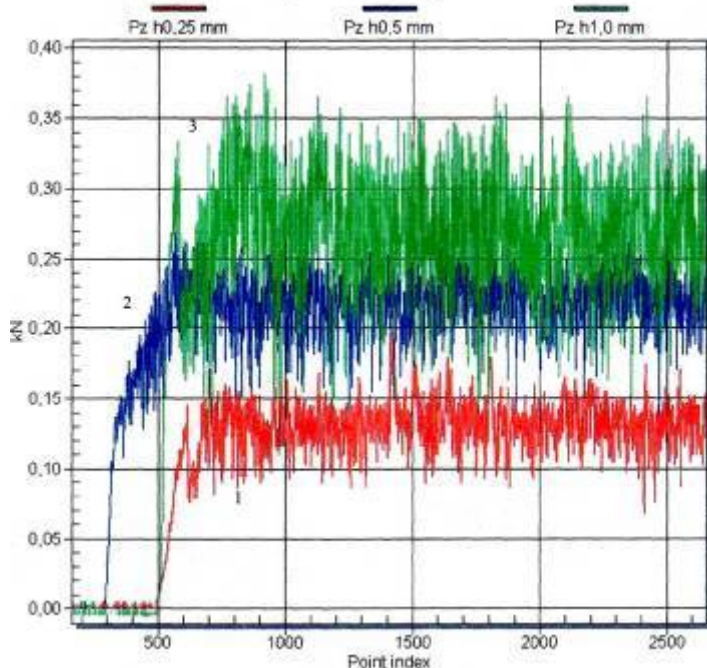


Рис. 5. Диаграмма величин горизонтальной составляющей силы резания P_z при смещении АТП $\Delta T=5,6$ мм и глубине резания: 1 – 0,25 мм; 2 – 0,5 мм; 3 – 1,00 мм.

В табл. 1 приведены результаты исследований при резании АТП песчаника [2], определяющие зависимость величины составляющих усилия резания P_z и P_y от величины смещения $\Delta T=1,40-5,60$ мм и глубины резания от 0,25 мм до 1,00 мм, а также равнодействующей R (максимальные и средние значения).

На рис. 6–8 приведены графики зависимости средней величины горизонтальной составляющей усилия резания P_z , вертикальной составляющей P_y и равнодействующей R от величины смещения АТП в интервале $\Delta T=1,40-5,60$ мм при глубине резания от 0,25 мм до 1,00 мм.

При смещении $\Delta T=1,40$ мм с увеличением глубины резания от 0,25 до 1,00 мм средние значения P_z , P_y и R увеличиваются в 2,74; 2,09; 2,16 раза; при смещении $\Delta T=2,80$ – в 2,07; 1,36; 1,49 раза; при смещении $\Delta T=5,60$ – в 2,02; 1,65; 1,77 раза соответственно.

Таблица 1. Зависимость величины составляющих усилия резания от величины смещения АТП и глубины резания песчаника

Величина смещения	Глубина резания	Величина составляющих усилия резания, Н				Равнодействующая R , Н	
		P_z		P_y		max	среднее
		min–max	среднее	min–max	среднее		
1,4	0,25	37–76	53	102–204	156	218	165
	0,50	68–161	99	162–330	248	367	267
	1,00	97–208	145	192–402	326	453	357
2,8	0,25	55–174	99	120–336	228	378	249
	0,50	76–226	160	90–336	279	405	322
	1,00	124–300	205	132–420	310	516	372
5,6	0,25	68–205	133	72–282	201	349	241
	0,50	137–271	220	144–414	316	495	385
	1,00	111–379	269	84–528	332	650	427

При глубине резания 0,25 мм и увеличении смещения ΔT от 1,40 мм до 5,6 мм средние значения P_z , P_y и R увеличиваются в 2,51; 1,29; 1,46 раза; при глубине резания 0,50 мм и таком же увеличении смещения – в 2,22; 1,27; 1,44 раза; при глубине резания 1,00 мм и таком же увеличении смещения – в 1,89; 1,02; 1,20 раза соответственно.

В исследуемом интервале глубины резания 0,50 – 1,00 мм и интервале смещения ΔT от 1,40 мм до 5,6 мм увеличение глубины резания приводит к возрастанию средней величины равнодействующей R в 1,81 раза.

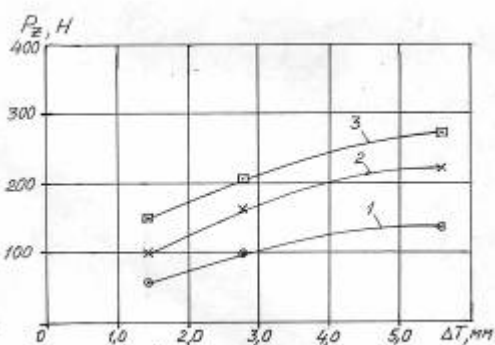


Рис. 6. Зависимость средней величины горизонтальной составляющей усилия резания P_z от величины смещения АТП в интервале ΔT при глубине резания песчаника: 1 – 0,25 мм; 2 – 0,50 мм; 3 – 1,00 мм.

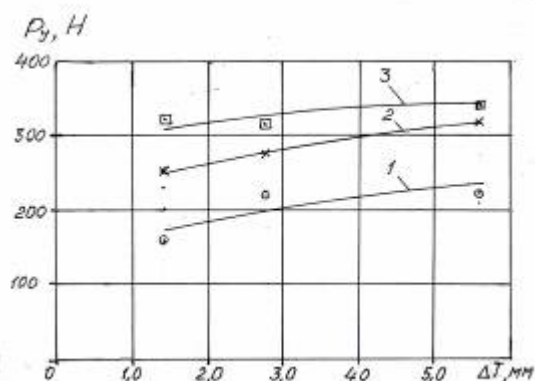


Рис. 7. Зависимость средней величины вертикальной составляющей P_y от величины смещения АТП в интервале ΔT при глубине резания песчаника: 1 – 0,25 мм; 2 – 0,50 мм; 3 – 1,00 мм.

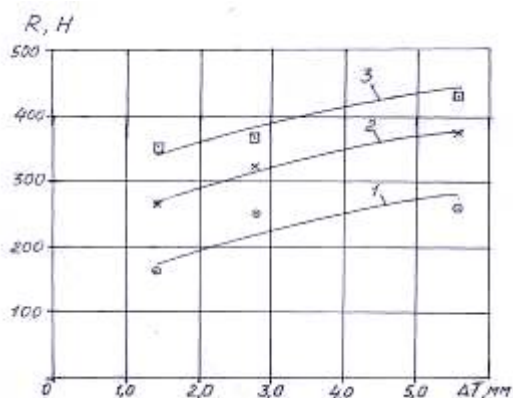


Рис. 8. Зависимость средней величины равнодействующей R от величины смещения АТП в интервале ΔT при глубине резания песчаника: 1 – 0,25 мм; 2 – 0,50 мм; 3 – 1,00 мм.

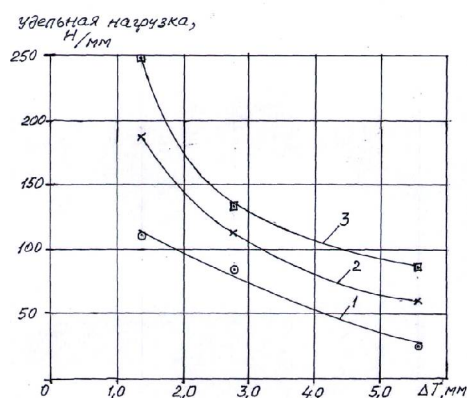


Рис. 9. Зависимость средней удельной нагрузки на 1 мм длины контакта режущей кромки АТП с породой от смещения ΔT при глубине резания песчаника 0,25 мм; 0,50 мм и 1,00 мм.

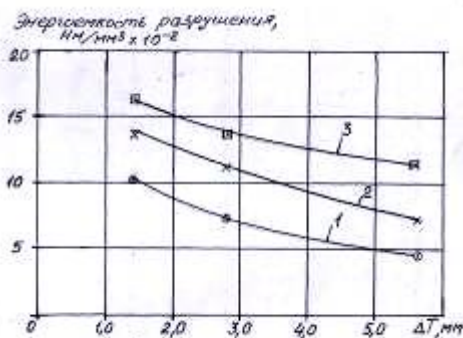


Рис. 10. Зависимость энергоёмкости разрушения песчаника от величины смещения АТП ΔT при глубине резания: 1 – 0,25 мм; 2 – 0,50 мм ; 3 – 1,00 мм.

В табл. 2 приведены результаты исследований удельной нагрузки на единицу длины контакта режущей кромки с породой и энергоемкости разрушения от величины смещения АТП и глубины резания песчаника.

Таблица 2. Зависимость удельной нагрузки на единицу длины контакта режущей кромки и энергоемкости разрушения от величины смещения АТП и глубины резания песчаника

Величина смещения АТП ΔT , мм	Глубина резания, мм	Длина линии контакта, мм	Удельная нагрузка, Н/мм		Площадь реза, мм ²	Энергоемкость разрушения, $\text{Нм/мм}^3 \times 10^{-2}$	
			max	средняя		max	средняя
1,4	0,25	1,40	156	118	0,35	21,7	1,51
	0,50	1,40	262	191	0,70	23,0	1,41
	1,00	1,40	324	255	1,40	14,9	1,04
2,8	0,25	2,82	134	88	0,70	24,8	1,41
	0,50	2,82	144	114	1,41	16,0	1,13
	1,00	2,82	183	132	2,82	10,6	0,73
5,6	0,25	5,77	60	42	1,14	18,0	1,17
	0,50	5,77	86	67	2,88	9,4	0,76
	1,00	5,77	113	74	5,77	21,9	0,47

На рис. 9 приведена зависимость средней удельной нагрузки на 1 мм длины контакта режущей кромки АТП с породой от величины смещения ΔT при глубине резания песчаника 0,25 мм; 0,50 мм и 1,00 мм.

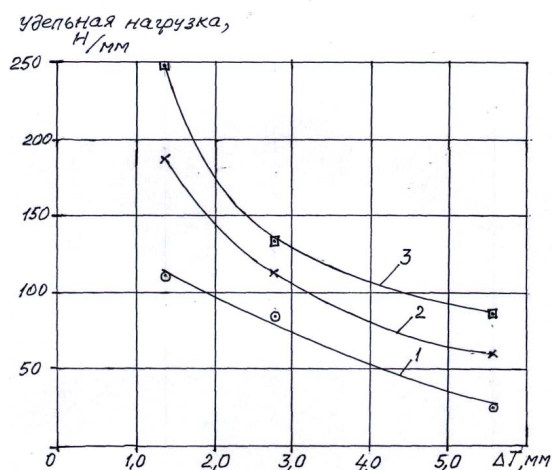


Рис. 9. Зависимость средней удельной нагрузки на 1 мм длины контакта режущей кромки АТП с породой от смещения ΔT при глубине резания песчаника 0,25 мм; 0,50 мм и 1,00 мм.

Анализ полученных результатов показал, что средняя удельная нагрузка при $\Delta T=1,40$ мм с увеличением глубины резания возрастает в 2,16 раза, при $\Delta T=2,80$ мм – в 1,5 раза, при $\Delta T=5,60$ мм – в 1,76 раза.

При постоянном значении глубины резания и увеличении ΔT от 1,40 мм до 5,60 мм происходит снижение удельной нагрузки: при глубине резания 0,25 мм – в 2,81 раза, при глубине резания 0,50 мм – в 2,85 раза, при глубине резания 1,00 мм – в 3,45 раза.

На рис. 10 приведена зависимость энергоёмкости разрушения песчаника от величины смещения АТП ΔT при глубине резания 0,25 мм; 0,50 мм и 1,00 мм.

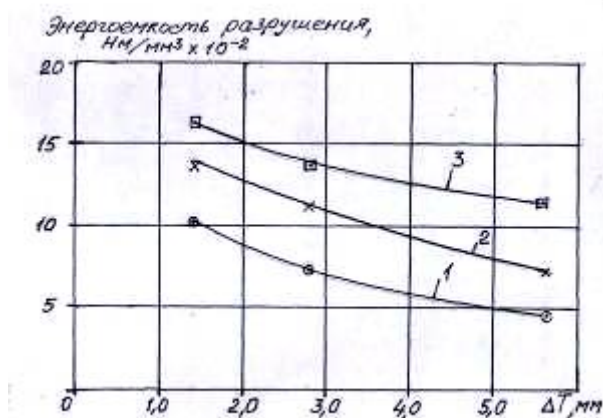


Рис. 10. Зависимость энергоёмкости разрушения песчаника от величины смещения АТП ΔT при глубине резания: 1 – 0,25 мм; 2 – 0,50 мм; 3 – 1,00 мм.

Анализ полученных результатов показал, что энергоёмкость разрушения при $\Delta T=1,40$ мм с увеличением глубины резания песчаника от 0,25 мм до 1,00 мм уменьшается в 1,45 раза, при $\Delta T=2,80$ мм – в 1,93 раза, при $\Delta T=5,60$ мм – в 2,21 раза.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении глубины резания в интервале 0,25 – 1,00 мм и постоянной величине смещения ΔT составляющие усилия резания P_z , P_y и равнодействующая R увеличиваются при:
 $\Delta T = 1,40$ мм в 2,74; 2,09; 2,16 раза;
 $\Delta T = 2,80$ мм в 2,07; 1,36; 1,49 раза;
 $\Delta T = 5,60$ мм в 2,02; 1,65; 1,77 раза.
2. При постоянном значении глубины резания и увеличении смещения в интервале 1,40–5,60 мм составляющие усилия резания P_z , P_y и равнодействующая R увеличиваются:
при глубине резания 0,25 мм в 2,51; 1,29; 1,46 раза;
при глубине резания 0,50 мм в 2,22; 1,27; 1,44 раза;
при глубине резания 1,00 мм в 1,89; 1,02; 1,20 раза.
3. В исследуемом интервале глубины резания 0,50 – 1,00 мм и интервале смещения 1,40–5,60 мм преобладающим фактором является глубина резания. С увеличением глубины резания равнодействующая R возрастает в 1,81 раза, с увеличением смещения – в 1,37 раза.
4. При постоянном значении глубины резания и увеличении смещения от 1,40 до 5,60 мм снижение удельной нагрузки составляет 2,81 – 3,45 раза, а при увеличении глубины резания с 0,25 мм до 1,00 мм и неизменном значении величины смещения удельная нагрузка возрастает в 1,50 – 2,16 раза.
5. При постоянном значении глубины резания и увеличении смещения в интервале 1,40–5,60 мм энергоёмкость процесса разрушения резанием АТП снижается в 1,29–2,21 раза. При увеличении глубины резания с 0,25 мм до 1,00 мм и постоянном значении величины смещения энергоёмкость снижается в 1,45–2,49 раза.

6. Учитывая эффект существенного снижения энергоемкости процесса разрушения при увеличении смещения ΔT , определяющего шаг размещения АТП относительно забоя скважины и количество лопастей долота, наиболее эффективной является разработка долот для бурения дегазационных скважин с тремя – четырьмя лопастями.

Литература

1. Майстренко А. Л., Свешников И. А., Скляр Э. Д. и др. К вопросу измерения составляющих силы резания P_y , P_z и P_x при взаимодействии инструмента с породой // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Вып. 7. – Киев: ИСМ им В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – С. 29 – 32.
2. Разработка съемных резцов из твердых сплавов и сверхтвердых материалов и системный анализ технологии бурения скважин в загазованных пластах: Отчет о НИР / Ин-т сверхтвердых материалов НАН Украины. – № ГР 0104U004487; Инв. № 7248. – Киев, 2006. – 162 с.

Поступила 05.06.2006 г.