

## CRITERIA OF THE OPTIMAL DURATION WHEN DRILLING SHELLS WITH REMOVABLE CORE RECEIVER

*Justified economic criterion for determining the time of withdrawal diamond drill bits from work when drilling shells with removable core receiver. The calculations are made and the received formulas allow to determine the rational duration of the flight and to predict the optimal value of penetration to the crown and the drilling speed.*

**Key words:** *diamond tool, drilling, termination, receiver, removable, economic criterion.*

### Литература

1. Будюков Ю. Е., Власюк В. И., Спиринов В. И. Алмазный инструмент для бурения направленных и многоствольных скважин. – Тула: «Гриф и Ко», 2007 – 176 с.
2. Власюк В. И., Будюков Ю. Е., Спиринов В. И. Технические средства и технологии для повышения качества бурения скважин. – Тула: «Гриф и Ко», 2013 – 176 с.
3. Горшков Л. К., Гореликов В. Г. Температурные режимы алмазного бурения. – М.: Недра, 1992. – 193 с.

Поступила 02.06.16

УДК 622.24

**А. А. Кожевников**, д-р технических наук, **А. А. Борисевич**

*Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина*

## О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ГОРНОЙ ПОРОДОЙ ЗАБОЯ СКВАЖИНЫ ПРИ БУРЕНИИ С ПОСТОЯННОЙ И ИМПУЛЬСНОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ

*В статье рассмотрен характер взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой забоя скважины при бурении с разными режимами вращения – с постоянной частотой вращения и с импульсной.*

**Ключевые слова:** *инструмент, вращение, частота, горная порода, внедрение.*

При совместном воздействии параметров режима бурения для данной конструкции породоразрушающего и свойств горной породы формируется такой показатель процесса разрушения горной породы, который характеризует внедрение породоразрушающих элементов:

- толщина стружки;
- глубина внедрения резца;
- проходка на один резец на 1 оборот.

Это справедливо для бурения породоразрушающим инструментом, когда можно выделить глубину внедрения единичного породоразрушающего элемента, т.е. для бурения твердосплавными коронками и лопастными долотами.

В случае невозможности выделить такой показатель или, например, при бурении алмазными коронками, алмазными и шарошечными долотами применяют такой показатель процесса разрушения горной породы, который называют проходка за оборот.

Целью настоящей статьи является рассмотренные взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой забоя скважины при бурении с постоянной и импульсной частотой вращения.

С кинематических позиций для первого случая бурения механическая скорость  $V$  запишется как:

$$V = knh, \quad (1)$$

где  $k$  – количество резцов (для твердосплавной коронки) или количество лопастей ( для лопастного долота);  $n$  – частота вращения;  $h$  – проходка на 1 резец на 1 оборот (для твердосплавных коронок) или проходка на 1 лопасть на 1 оборот (для лопастных долот).

Для второго случая:

$$V = nh_{об}, \quad (2)$$

где  $h_{об}$  – проходка на оборот долота.

В то же время с энергетических позиций механическая скорость бурения как для первого, так и для второго случая запишется как

$$V = \frac{N}{AS}, \quad (3)$$

где  $N$  – забойная мощность;  $A$  – энергоемкость процесса разрушения горной породы при бурении;  $S$  – площадь забоя.

Приравняв правые части уравнений (1) и (3), получим:

$$knh = \frac{N}{AS},$$

откуда

$$h = \frac{N}{knAS}. \quad (4)$$

Приравняв правые части уравнений (2) и (3), получим

$$nh_{об} = \frac{N}{AS}$$

откуда

$$h_{об} = \frac{N}{nAS}. \quad (5)$$

В свою очередь, забойная мощность:

- для колонкового бурения:

$$N = k_{сб}FnD_{ср}; \quad (6)$$

- для бескернового бурения :

$$N = k_{сб}FnD, \quad (7)$$

где  $k_{сб}$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа породоразрушающего инструмента и размерностей величин, входящих в формулы (6) и (7);  $F$  – осевая нагрузка;  $D_{ср}$  – средний диаметр коронки при колонковом бурении,  $D$  – диаметр долота при бескерновом бурении.

Подставив выражения (6) и (7) в (4) и (5), после преобразования получим

$$h = \frac{k_{сб}FD_{ср}}{KAS}; \quad (8)$$

$$h_{об} = \frac{k_{сб}FD}{AS}. \quad (9)$$

Таким образом, выражения (8) и (9), в отличие от (4) и (5), не дают зависимости  $h$  и  $h_{об}$  частоты вращения  $n$  в явном виде. Это связано с тем, что энергоемкость процесса разрушения  $A$  в свою очередь зависит от частоты вращения .

В табл. 1 приведены значения энергоемкости при колонковом бурении твердосплавными коронками по данным работы [1].

Таблица 1. Значения энергоемкости

Частота вращения $n$ , мин <sup>-1</sup>	Усилие подачи $F$ , даН	Энергоемкость $A$ , даНм/см <sup>3</sup>
74	1000	47,6
74	1500	34,0
74	2000	30,3
132	1000	55,7
132	1500	46,6
132	2000	31,5
242	1000	79,4
242	1500	47,8
242	2000	44,2

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что с увеличением частоты вращения энергоемкость возрастает. Рост энергоемкости происходит при разных значениях осевой нагрузки.

Тогда в соответствии с ранее полученными формулами (8) и (9), которые установили обратнопропорциональную зависимость  $h$  и  $h_{об}$  от энергоемкости, с ростом энергоемкости проходка на 1 резец на 1 оборот и проходка на оборот будут уменьшаться. Следовательно, аналогичная зависимость будет и для  $h$  и  $h_{об}$  от частоты вращения, т.е с ростом частоты вращения проходка на 1 резец на 1 оборот и проходка на оборот уменьшаются.

Проиллюстрируем зависимость  $h$  от частоты вращения  $n$  и осевой нагрузки  $F$  при бурении твердосплавными коронками (табл. 2) [1]

Таблица 2. Значения  $h$  и  $V$  при бурении твердосплавными коронками

Частота вращения $n$ , мин <sup>-1</sup>	Проходка на один резец и один оборот, $h$ ,мм			Механическая скорость бурения $V$ , см/мин		
	$F$ , даН			$F$ , даН		
	1000	1500	2000	1000	1500	2000
74	0,62	1,04	1,55	9,2	15,5	22,9
132	0,43	0,72	1,23	11,1	19,1	32,6
242	0,32	0,57	0,67	15,3	27,7	32,4

Данные табл. 2 свидетельствуют, что значения  $h$  растут, как при росте  $F$ , так и при уменьшении  $n$ . Изменение  $V$  носит другой характер. Механическая скорость бурения растет, как при росте  $F$ , так и при росте  $n$ , несмотря на уменьшения  $h$  при росте  $n$ . Это обусловлено тем, что темп роста  $n$  больше темпа снижения  $h$ . Так например для  $F = 1000$  даН рост частоты вращения с 74 мин<sup>-1</sup> до 242 мин<sup>-1</sup>, т. е в 3,27 раза, приводит к уменьшению проходки на 1 резец на 1 оборот с 0,62 мм до 0,32 мм, т. е в 1,94 раза, и к росту механической скорости бурения с 9,2 см/мин до 15,3 см/мин, т. е в 1,66 раза.

Результаты такого взаимодействия породоразрушающего инструмента характерны для стационарной технологии бурения, при которой параметры режима бурения, в том числе и частота вращения, постоянны во времени.

Повысить технико-экономические показатели бурения можно, перейдя от стационарной технологии бурения к импульсной, когда параметры режима бурения переменны во времени. В этом случае изменяется характер взаимодействия породоразрушающего с горной породой забоя скважины.

Рассмотрим импульсную технологию бурения с импульсной частотой вращения. На практике возможна реализация импульсного вращения инструмента по нескольким режимам. Один из них пульсирующий режим вращения показан на рисунке.

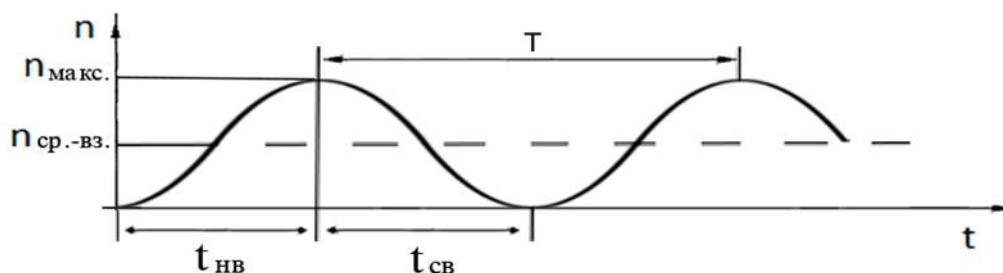


Рис. 1. Пульсирующий режим импульсного вращения инструмента.

Этот режим вращения характеризуется увеличением частоты вращения от 0 до  $n_{\max}$  за время  $t_{\text{нв}}$  и последующим уменьшением частоты вращения от  $n_{\max}$  до 0 за время  $t_{\text{св}}$ . При этом время цикла изменения частоты вращения равно:

$$T = t_{\text{нв}} + t_{\text{св}}, \quad (10)$$

где  $T$  – период,  $t_{\text{нв}}$  – время фазы нарастания частоты вращения,  $t_{\text{св}}$  – время фазы спада частоты вращения.

Взаимодействие породоразрушающего инструмента с горной породой забоя скважины при пульсирующем вращении будет происходить следующим образом. В этом случае процесс бурения будет характеризоваться последовательным чередованием фаз вращения инструмента с высоким и невысоким значением  $n$  даже до нуля. На фазе спада частоты вращения от  $n_{\max}$  до нуля инструмент будет разрушать горную породу с все более возрастающим значением  $h$ , которое достигнет значения  $h_{\max}$  при  $n = 0$ .

На фазе нарастания частоты вращения от нуля до  $n_{\max}$  инструмент будет продолжать разрушать горную породу с высоким значением  $h$ . А так как темп роста частоты вращения больше темпа снижения  $h$  при росте  $n$  (что показано данными табл.2), то это согласно формуле (1) приведет к росту механической скорости бурения.

Дальнейший рост частоты вращения приведет к уменьшению  $h$ , но за фазой роста  $n$  пойдет фаза уменьшения частоты вращения, что приведет к росту  $h$  и  $V$  на следующей фазе роста  $n$ .

Таким образом, способ реализации импульсной технологии бурения с импульсным вращением породоразрушающего инструмента приведет к изменению характера взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой забоя скважины - на фазе уменьшения частоты вращения растет внедрение инструмента (толщина стружки), что приведет к росту механической скорости бурения на фазе роста частоты вращения. Этот эффект усиливается если на фазе уменьшения частоты вращения она станет равной нулю ( $n = 0$ ).

При бурении с импульсным вращением инструмент будет иметь средневзвешенную частоту вращения

$$n_{\text{ср.-вз}} = \frac{\int n(t)dt}{T}. \quad (11)$$

Эта частота будет меньше номинальной частоты при постоянном вращении, которая равна  $n_{\max}$  при импульсном вращении. Это приведет к меньшей тепловой нагрузке на инструмент при импульсном вращении, а следовательно, и уменьшению износа, и росту проходки на породоразрушающий инструмент

Положительный опыт бурения скважин алмазными, твердосплавными коронками, шарошечными долотами в производственных условиях с применением забойных механических устройств, а также результаты лабораторных исследований бурения –

сверления разных материалов с применением импульснорегулируемого электропривода представлены в работах [2, 3].

### **Выводы**

При бурении с постоянной частотой вращения инструмент имеет постоянное значение внедрения его в горную породу. С уменьшением частоты вращения внедрение возрастает, а с ростом уменьшается. Однако при этом рост частоты вращения приводит к росту механической скорости бурения, т.к. темп роста частоты вращения опережает темп падения глубины внедрения.

При импульсном вращении инструмент постоянно изменяет глубину внедрения в породу забоя. На фазе спада частоты вращения отмечается рост глубины внедрения, что приводит к росту механической скорости бурения на фазе роста частоты вращения. Средневзвешенная частота при импульсном вращении меньше номинальной частоты при постоянном вращении, что приводит и к росту проходки на породоразрушающий инструмент.

*У статті розглянутий характер взаємодії породоруйнівного інструменту з гірською породою забою свердловини при бурінні з різними режимами обертання – з постійною частотою обертання та з імпульсною.*

**Ключові слова:** *інструмент, обертання, частота, гірська порода, заглиблення.*

### **INTERACTION OF THE INSTRUMENT WITH THE ROCK BOTTOM OF THE WELL WHEN DRILLING WITH CONTINUOUS AND PULSED FREQUENCY OF ROTATION**

*In the article character of co-operation of porodorazrushayuscheho instrument is considered with the mountain breed of backwall of mining hole at the boring drilling with the different modes of rotation – with permanent frequency of rotation and with impulsive.*

**Key words:** *instrument, rotation, frequency, rock, introduction.*

### **Литература**

1. Кожевников А. А. Исследование процессов разрушения горных пород при колонковом бурении твердосплавными коронками: дисс. ... канд техн. наук. – Днепропетровск, 1974. 170 с.
2. Кожевников А. А. Гошовский С. В., Мартыненко И. И. Импульсные технологии бурения геологоразведочных скважин. – К.: УкрГГРИ, 2003. – 208 с.
3. Кожевников А. О., Хилов В. С., Борисевич О. А., Бельчитський О. Н. Перспективи розвитку буріння з імпульсним обертанням інструменту. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения: Сборник научных трудов. – Вып.17. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2014. – С. 122–129.

*Поступила 16.06.16*