

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕДНЕГО УГЛА РЕЗЦОВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ КОРОНОК НА ГЛУБИНУ ВНЕДРЕНИЯ И УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

В. И. ЗВАРЫГИН, С. С. СУЛАКШИН

(Представлена научным семинаром кафедры техники разведки)

Эффективность работы твердосплавных коронок в конечном итоге определяется глубиной внедрения и стойкостью резцов. Эти показатели зависят от многих факторов, в том числе и от величины переднего угла применяемых резцов. В связи с этим определение оптимальной величины переднего угла имеет большое значение для разработки рациональных конструкций твердосплавных коронок. В настоящее время существует два взгляда на зависимость усилия резания от величины переднего угла резца.

И. А. Остроушко [1], ссылаясь на опыты В. Д. Романова, Ф. А. Шамшева, Б. Е. Свешникова и др., считает, что при резании горных пород передние углы, имеющие значения менее 90° , заметного влияния на усилия резания не оказывают. При углах резания свыше 90° ухудшаются условия для выхода стружки, увеличивается трение и дополнительное дробление, вследствие чего усилия резко возрастают.

Ю. Н. Казак [2] на основании опытов при резании антрацита нашел, что увеличение угла резания от 30 до 60° практически не приводит к увеличению усилий резания. При увеличении угла резания от 60 до 90° усилия резания увеличиваются на $40\text{—}90\%$ и особенно интенсивный рост наблюдается при увеличении угла свыше 90° . По данным В. Н. Гетопанова [2], с увеличением угла резания от 30 до 60° усилия изменяются по сравнению с усилиями для вертикально установленного резца на $65\text{—}70\%$ и от 60 до 90° на $70\text{—}100\%$, а с увеличением угла от 90 до 120° усилия возрастают на 170% .

С целью выявления влияния переднего угла на усилия резания и глубину внедрения резца, а также установления зависимости между указанными параметрами нами были проведены исследования при широком диапазоне измерения передних углов резцов от -60 до $+60^\circ$. Опыты проводились на специальной установке при резании мелкозернистых и среднезернистых песчанников и алевролитов Кузбасса.

Лабораторная установка, на которой проводились исследования, представляет собой гидравлическую машину с горизонтально расположенным цилиндром (рис. 1). Для замеров усилий, действующих на резец, был разработан вертикальный шпиндель-динамометр, в котором физические величины (усилия резания и глубина внедрения резца) преобразовывались в электрические и записывались на пленку осциллографа Н-700.

Испытываемые образцы горных пород крепились на специальном столике, вдоль которого перемещался шток с закрепленным на его конце с помощью муфты шпинделем-динамометром.

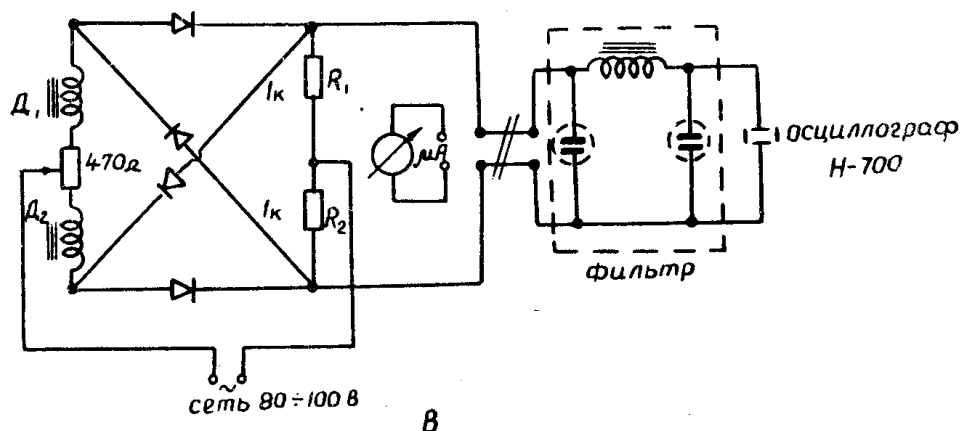
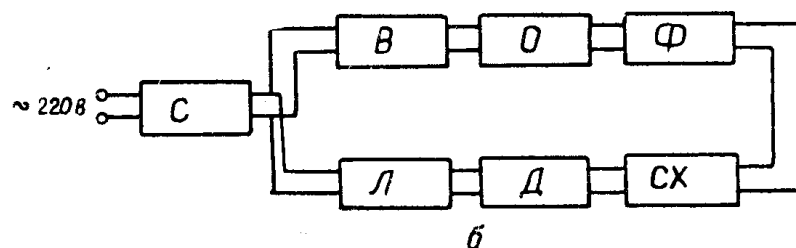
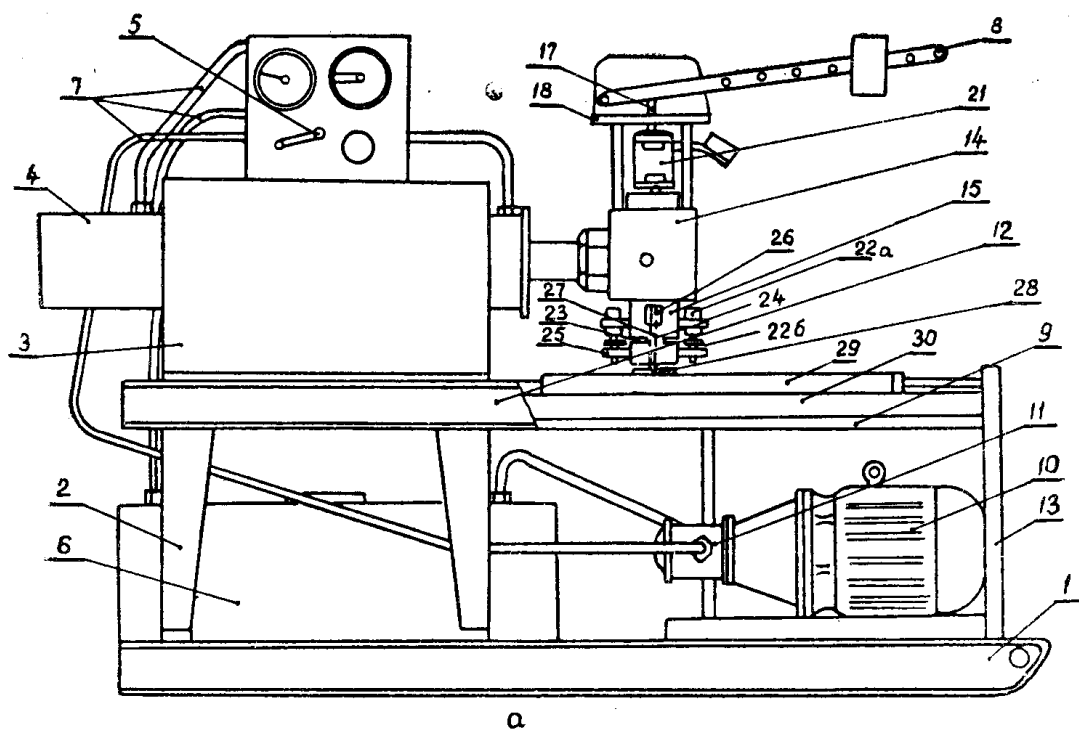


Рис. 1. а) Схема лабораторной установки для исследования резцов: 1 — рама, 2 — нижняя станина, 3 — верхняя станина, 4 — гидроцилиндр, 5 — прибор гидроуправления, 6 — маслобак, 7 — маслопровод, 8 — рычаг, 9 — столик, 10 — электродвигатель, 11 — маслонасос, 12 — швеллер, 13 — стойка, 14 — муфта, 15 — шпindel-динамометр, 16 — углубление для плашек, 17 — палец, 18 — площадка, 19, 20 — манометры, 21 — динамометр ДС-02, 22, а — катушка датчика, 22, б — якорь, 23 — паз, 24 — переключатель, 25 — проушина, 26 — катушка датчика, 27 — сердечник, 28 — пластинка, 29 — образец породы, 30 — лоток;

б) схема электрической системы лабораторной установки;
в) мостовая схема лабораторной установки.

Резцы устанавливались в плашках, которые, в свою очередь, крепились в гнезде нижней части динамометра. В зависимости от требуемого наклона резца выбирались соответствующие плашки.

На основании полученных осциллограмм были построены графики зависимости глубины внедрения и усилий резания от величины переднего угла. Каждая кривая строилась по результатам 15—20 резов при постоянных условиях опытов.

На графике (рис. 2, а) показана зависимость осевых усилий резания P от глубины внедрения при различных значениях переднего угла

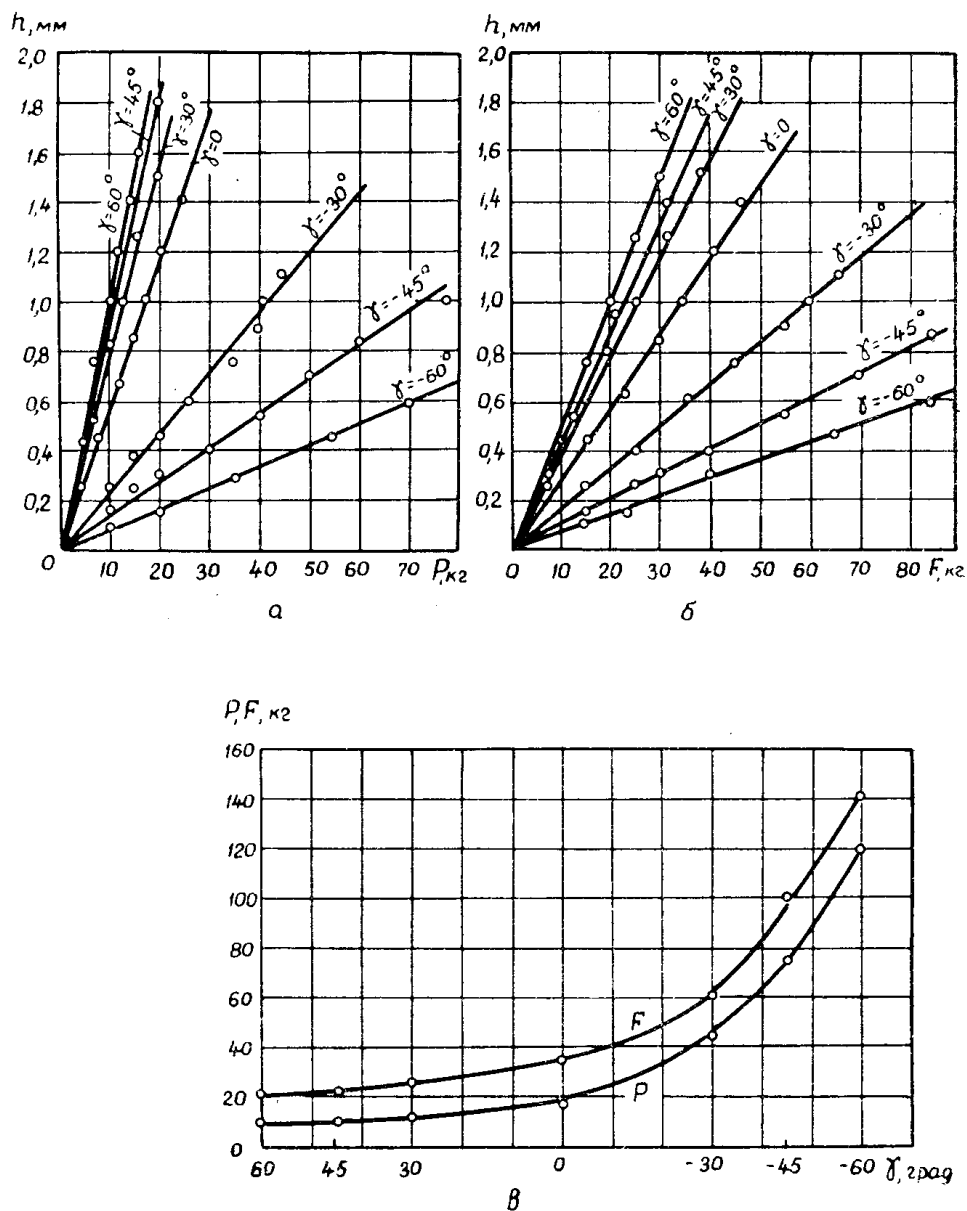


Рис. 2, а) График зависимости осевого усилия от глубины внедрения резца при различных значениях переднего угла;
 б) график зависимости горизонтальных усилий от глубины внедрения резца при различных значениях переднего угла;
 в) график зависимости усилий резания от переднего угла резца

резца γ . На рис. 2, б приводится график зависимости горизонтальных усилий F от глубины внедрения при разных значениях переднего угла

резца. Наконец, на рис. 2, в показана зависимость усилий резания (P, F) от величины переднего угла. Из полученных графиков вытекают следующие выводы:

1. Зависимости $F=f(h)$; $P=f(h)$ носят линейный характер. К такому же выводу пришли при резании антрацита А. И. Берон, А. С. Казанский и Е. З. Позин [3].

2. С увеличением переднего угла при одинаковой глубине внедрения резца осевые усилия растут быстрее, чем горизонтальные.

3. Для положительных и отрицательных углов рост усилий резания происходит по различным закономерностям:

а) при изменении переднего угла в пределах $+60 \div 0^\circ$ осевые усилия колеблются незначительно;

б) при изменении переднего угла от 0 до -60° горизонтальные и осевые усилия растут более интенсивно, чем при $\gamma=0 \div +60^\circ$.

Полученные опытным путем зависимости позволяют обосновать выбор оптимального переднего угла резцов, исходя из условий их наиболее эффективной работы и достаточной стойкости против излома (поломки).

Для случая резания горной породы твердосплавными резцами воспользуемся упрощенной схемой работы резца (рис. 3). Вследствие

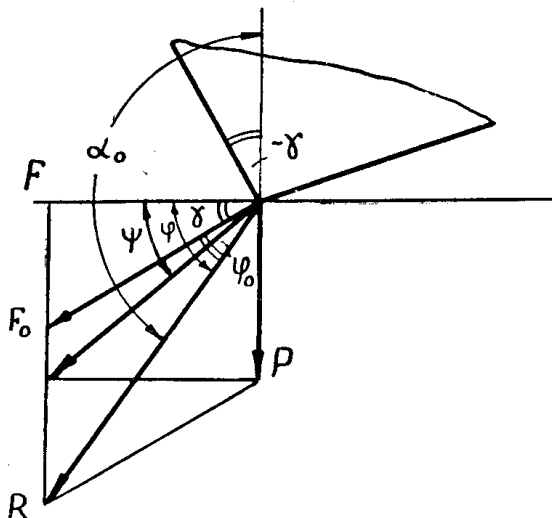


Рис. 3.

малой величины контакта резца с породой горизонтальные и осевые усилия перенесены на режущую кромку резца.

Следует отметить, что при резании горной породы, кроме горизонтальных усилий скалывания, имеет место также сила трения резца о породу. Поэтому процесс резания следует рассматривать в целом, как сопротивление породы перемещению резца. Из рис. 3 видно, что

$$P = k \cdot F = F \cdot \operatorname{tg} \psi, \quad (1)$$

здесь $k = \operatorname{tg} \psi$ — коэффициент сопротивления породы перемещению резца; ψ — угол сопротивления перемещению.

Величина угла ψ при изменении переднего угла резца также изменяется, поэтому прежде чем определять функцию $P=f(F, \gamma)$ необходимо найти функцию $\psi=f(\gamma)$. Для установления этой зависимости составим таблицу по материалам лабораторных исследований зависимости ψ и γ (табл. 1). Угол ψ рассчитывается по формуле (1).

Из этой таблицы видно, что для резцов с положительными передними углами величина Ψ остается примерно постоянной $26^\circ 30'$. Следовательно,

$$P = F \cdot \operatorname{tg} \psi = F \cdot \operatorname{tg} 26^\circ 30' = 0,5 F. \quad (2)$$

Т а б л и ц а 1

γ	P	F	ψ	Примечание
60	10	20	$26^\circ 30'$	Порода среднезер-
45	11	22	$26^\circ 30'$	нистый песчаник;
30	12	25	$25^\circ 40'$	резец шириной
0	17,5	35	$26^\circ 30'$	2,5 мм;
-30	41	60	34°	глубина внедрения
-45	75	100	37°	резца 1 мм.
-60	120	140	41°	

Для резцов с отрицательными передними углами, как это видно из таблицы, угол ψ будет примерно равным

$$\psi = 26^\circ - \frac{\gamma}{4} \quad (3)$$

и тогда

$$P = F \cdot \operatorname{tg} \psi = F \cdot \operatorname{tg} \left(26^\circ - \frac{\gamma}{4} \right). \quad (4)$$

Чтобы выявить зависимость усилий резания от переднего угла резца, воспользуемся ранее выведенной нами формулой

$$\sigma = - \frac{\kappa_1 \cdot F \cdot \cos \alpha}{h(b+l)}, \quad (5)$$

где σ — критическое напряжение, возникающее в породе в моменты отделения элемента породы;

α — угол скола элемента;

h — глубина внедрения резца,

b — ширина резца;

l — постоянная величина;

κ_1 — коэффициент, зависящий от условий резания.

При резании по свободной поверхности $\kappa_1 = 2,1$; при резании в условиях забоя $\kappa_1 = 2,1$; при повторном резании (резание по краю канавки) $\kappa_1 = 9$.

Ранее нами было установлено, что

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{2}, \quad (6)$$

где α_0 — угол между вертикалью и направлением результирующей R — силы, действующей нормально к передней грани резца F_0 , и осевой силы P (рис. 3).

С изменением переднего угла γ будет меняться направление результирующей и, следовательно, будет изменяться угол α .

Из рис. 3 видно, что

$$\alpha_0 = 90^\circ + \varphi, \quad (7)$$

здесь φ -- угол между направлением равнодействующей R и горизонтальной плоскостью. Как видно из рисунка,

$$\varphi = \varphi_0 - \gamma.$$

Подставляя это значение в формулы (7) и (6), получим

$$\alpha = \frac{90 + \varphi_0 - \gamma}{2}. \quad (8)$$

Предположим, что φ_0 является величиной постоянной (далее мы убедимся, что это предположение оказывается справедливым), и тогда можно легко определить ее величину.

При резании резцом с передним углом $\gamma = 0$

$$\varphi = \psi = \varphi_0 = 26^\circ.$$

Тогда формула (8) примет вид

$$\alpha = \frac{90 + 26 - \gamma}{2} = 58 - \frac{\gamma}{2}. \quad (9)$$

Подставив значение α в формулу (5), получим

$$\sigma = - \frac{\kappa_1 F \cdot \cos \left(58 - \frac{\gamma}{2} \right)}{h(b+l)}. \quad (10)$$

или

$$F = \frac{\sigma \cdot h(b+l)}{\kappa_1 \cdot \cos \left(58 - \frac{\gamma}{2} \right)}, \quad (11)$$

т. е. горизонтальные усилия при резании горных пород обратно пропорциональны $\cos \left(58^\circ - \frac{\gamma}{2} \right)$.

Для проверки выведенной формулы воспользуемся экспериментами, полученными нами и другими исследователями (табл. 2). Для удобства сравнения горизонтальные усилия F для резцов с $\gamma = 0$ приняты за 100%, остальные значения равны

$$\frac{F \cdot \gamma}{F_1} \cdot 100.$$

Как видно из табл. 2, полученная формула хорошо согласуется с фактическими данными.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее рационально устанавливать резцы в коронке под углом $\gamma > 0$. Причем чем больше передний угол, тем меньше усилия, действующие на резец при том же эффекте.

Но, учитывая уменьшение усилий резания при увеличении переднего угла, следует учитывать также и прочность резцов. С увеличением γ будет уменьшаться угол приострения резца β_0 , а следовательно, и сечение резца. С другой стороны, сила, обуславливающая изгиб резца (сила излома), будет уменьшаться, а сила сжатия резца увеличиваться. В результате этого резец с большим передним углом при одинаковом сечении резца сможет выдержать большие нагрузки. В табл. 3 приводятся критические значения усилий, при которых происходит излом резцов.

Таблица 2

Значения $\frac{F \cdot \gamma}{F_1} 100\%$				при резании угля			
γ	по формуле (9)	по фактическим данным, полученным при резании песчанников	по данным американских ученых, полученным при резании известняка	по данным Солода	по данным Гетопанова	по данным Казака	по данным Берона
+60	60	60	—	—	65	—	50
+30	72	70	80	72	70	67	67
0	100	100	100	100	100	100	100
—30	176	170	175	150	170	270	175

Из таблицы видно, что наибольшая стойкость резца против излома имеет место при переднем угле, равном $30 \div 45^\circ$. Кроме того, как было показано ранее, с уменьшением переднего угла до $(30 \div 40^\circ)$ глубина внедрения резцов при их перемещении по забою существенно возрастает.

Таблица 3

Значение переднего угла, град	Величина усилий, при которых происходит излом резцов, кг		Примечание
	от—до	в среднем	
+60	20 ÷ 60	32	Задний угол резцов во всех случаях составлял $10-15^\circ$, а выход резцов—3 мм
+45	35 ÷ 95	64	
+30	40 ÷ 80	60	
0	30 ÷ 80	55	

Следовательно, проведенные исследования позволяют рекомендовать для определенного типа пород наиболее оптимальные значения переднего угла в пределах $\pm (30 \div 45^\circ)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Остроушко. Разрушение горных пород при бурении. Госгеолиздат, 1952.
2. Научные труды МГИ, сборник № 19 и 21, 1957.
3. А. И. Берон, А. С. Казанский, Б. М. Лейбов, Е. З. Позин. Резание угля. Госгортехиздат, 1962.
4. Исследование разрушения горных пород с помощью резцов (обзор зарубежной литературы) ЦНИИТЭИ, нефтегаз, 1963.