Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова, 1973, т.97

УДК 622.235.5

МАКСИМАЛЬНАЯ ОБВОДНЕННОСТЬ СКВАЖИН ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОМ ЗАРЯЖАНИИ ГОРЯЧИМИ ЛЬЮЩИМИСЯ ВОДОНАПОЛНЕННЫМИ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ЧЕРЕЗ СТОЛБ ВОДЫ

К.А.ДОЛГОВ, С.В.КРАСАВИН

В практике известны два основных способа механизированного заряжания скважин: от устья скважины и от забоя. С увеличением глубины разработок на карьерах растет количество обводненных скважин, что существенно меняет технологию заряжания скважин горячими льющимися водонаполненными взрывчатыми веществами (ГЛВВВ). Заряжать от устья рекомендуется сухие или осушенные скважины, а от забоя – обводненные. Между тем наезд зарядной машины на скважину, опускание и подъем шланга при заряжании от забоя требует определенного времени, тогда как заряжание нескольких скважин от устья с одной остановки зарядной машины позволяет увеличить производительность взрывных работ. Определим максимальную высоту столба воды в скважине, допускающую заряжание ее от устья.

При заряжании обводненных скважин и прохождении горячего раствора ВВ через столб воды часть аммиачной селитры (АС) растворяется. Количество растворенной АС зависит от температуры и высоты столба воды, а также от режима теплообмена между водой и зарядом ВВ. Наибольшее количество АС при прочих равных условиях растворится при таком теплообмене, при котором температуры заряда и скважинной воды сравняются. Для этого случая определим температуру смешения и процентное содержание АС в воде, пренебрегая теплостдачей от заряда к стенкам скважины.

Температура смеси заряда и скважинной воды определяется из уравнения теплового баланса:

$$\left[(M_{в.з}+M_{АСр})C_{АСр}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}+(M_{АС}+M_{АСр})C_{АС}\right]t_з+M_{в.с}C_{в.с}t_{в.с}+\frac{M_{АСр}}{\mu_{АСр}}q=$$

$$=\left[(M_{в.з}+M_{в.с}+M_{АСр1})C_{АСр1}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}+(M_{АС}-M_{АСр1})C_{АС}\right]t_{см}+\frac{M_{АСр1}}{\mu_{АС}}q_1, \qquad (1)$$

где $M_{ТНТ}$ и $M_{АС}$ – масса тротила и аммиачной селитры в заряде; $M_{АСр}$ – масса аммиачной селитры, растворенная в воде, содержащейся в заряде; $M_{в.з}$ и $M_{в.с}$ – масса воды в заряде и в скважине; $M_{АСр1}$ – масса аммиачной селитры, растворенной в воде после смешения; $C_{ТНТ}$ и $C_{АС}$ – теплоемкость тротила и аммиачной селитры; $C_{АСр}$ и $C_{АСр1}$ – теплоемкость раствора аммиачной селитры в заряде и после смешения заряда с водой в скважине;

$C_{в.с}$ – теплоемкость воды в скважине; $\mu_{АС}$ – молекулярная масса аммиачной селитры; q и q_1 – теплота растворения аммиачной селитры при температуре раствора и смеси; $t_{в.с}$, $t_з$ и $t_{см}$ – температура соответственно воды в скважине, заряда и смеси.

Из уравнения (I) получим

$$t_{см}=\frac{\left[(M_{в.з}+M_{АСр})C_{АСр}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}+(M_{АС}-M_{АСр})C_{АС}\right]t_з+M_{в.с}C_{в.с}t_{в.с}+\frac{M_{АСр}}{\mu_{АС}}q-\frac{M_{АСр1}}{\mu_{АС}}q_1}{(M_{в.з}+M_{в.с}+M_{АСр})C_{АСр1}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}+(M_{АС}-M_{АСр1})C_{АС}}. \quad (2)$$

Подставив в формулу (2) значения $C_{АСр}=I-2,429/(M_{в.з}+M_{АСр})$, $C_{АСр1}=I-2,429/(M_{в.з}+M_{в.с}+M_{АСр1})$ и $C_{АС}=I,758$ кДж/(кг·К), получим

$$t_{см}=\frac{(M_{в.з}+1,758M_{АС}+M_{ТНТ}C_{ТНТ})t_з+M_{в.с}C_{в.с}t_{в.с}+\frac{M_{АСр}}{\mu_{АС}}q-\frac{M_{АСр1}}{\mu_{АС}}q_1}{(M_{в.з}+M_{в.с})C_в+1,758M_{АС}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}}. \quad (3)$$

Поскольку значения $M_{АСр1}$ и q_1 зависят от температуры смеси, то расчет по формуле (3) возможен методом последовательных приближений.

Определение $t_{см}$ может быть произведено также графически. Для этого представим выражение (3) в виде

$$t_{см}+f(t_{см})=A+Bt_{в.с}, \quad (4)$$

где

$$f(t_{см})=\frac{M_{АСр1}\left[(M_{в.з}+M_{в.с})C_в+1,758M_{АС}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}\right]q_1}{\mu_{АС}}; \quad (5)$$

$$A=\frac{(M_{в.з}+1,758M_{АС}+M_{ТНТ}C_{ТНТ})t_з+\frac{M_{АСр}}{\mu_{АС}}q}{(M_{в.з}+M_{в.с})C_в+1,758M_{АС}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}}; \quad (6)$$

$$B=\frac{M_{в.с}C_{в.с}}{(M_{в.з}+M_{в.с})+1,758M_{АС}+M_{ТНТ}C_{ТНТ}}. \quad (7)$$

Для конкретного заряда и количества воды в скважине A и B – постоянные величины. График зависимости $t_{см}$ от $t_{см}+f(t_{см})$ (рис.I) строится в следующем порядке:

I) задается температура смеси $t_{см}$;

2) по таблице растворимости аммиачной селитры[x] определяют количество растворенной селитры $M_{АСр}$ для заданного количества воды в скважине;

3) рассчитывают число молей воды, приходящееся на моль растворенной $АС$, $N=\mu_{АС}M_в/\mu_в M_{АСр1}$, где $\mu_в$ – молекулярная масса воды; $M_в=M_{в.з}+M_{в.с}$ – общая масса воды в скважине;

[x] Росси Б.Д., Поздняков З.Г. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. М., Недра, 1977, с. 135.

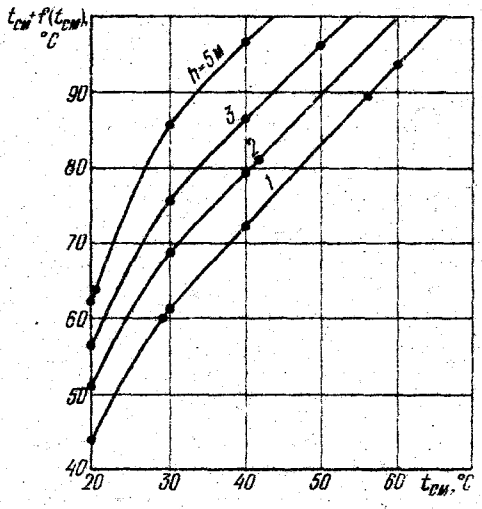


Рис.1. Зависимость $t_{см}$ от $t_{см}+f(t_{см})$ для следующих условий: диаметр скважины 250 мм; масса заряда ВВ типа ГЛТ-20 без загустителя и сшивки 828 кг, $C_{ТНТ}$ = 1,256 кДж/(кг·°С), $C_в$ = 4,187 кДж/(кг·°С), температура смеси менялась от 20 до 60°С с интервалом 10 °С

h – высота воды в скважине

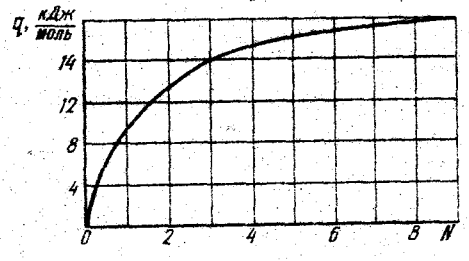


Рис.2. Зависимость $q=F(N)$

4) по графику (рис.2) определяют удельную теплоту растворения q_1;

5) по формуле (5) рассчитывают $f(t_{см})$.

Для определения получаемой температуры смеси на оси ординат графика откладывается величина $A+Bt_{в.с}$, соответствующая заданному количеству воды в скважине и ее температуре.

В качестве примера определим температуру смеси и количество растворившейся AC для температуры $t_з$ = 75 °С и $t_{в.с}$ = = 10 °С:

h, м	1	2	3	5
A	88,55	79,18	71,94	60,
B	0,118	0,211	0,268	0,4
$t_{см}$, °С	56,5	42,0	28,0	20,
Количество растворенной АС, %	75,0	30,1	83,8	98,
Концентрация АС в растворе, %	79,5	75,2	69,13	64,
Масса твердого заряда, кг	314,86	284,11	262,46	188

Итак, полученный в результате смешения со столбом воды в скважине высотой 2 м раствор является высококонцентрированным и представляет собой густую кашеобразную массу.

При снижении температуры раствора в результате процесса теплообмен со стенками скважины из него начнет выкристаллизовываться аммиачная селитра. Однако процесс этот будет идти медленно, поскольку при кристаллизации селитры выделяется тепло, а теплообмен происходит в основном только за счет теплопроводности горных пород, обладающих низким коэффициентом теплопроводности. Как показали измерения, проведенные на Норильском ГМК, температура заряда ГЛВВВ снижается до температуры горных пород в скважине примерно за 5–7 ч. Лабораторные эксперименты, проведенные на модели скважины диаметром 140 мм и высотой 2 м, показали, что при прохождении заряда через столб воды небольшой высоты вследствие кратковременности процесса температура заряда остается выше температуры раство-

ра, а количество растворенной АС меньше рассчитанного. Проведенный расчет показывает, что при высоте столба воды в скважине более 2 м для избежания значительного выщелачивания АС из заряда ВВ зарядку необходимо осуществлять под столб воды. Однако на практике это ограничение можно довести до 3 м, так как расчет не учитывал влияния водоустойчивого действия загустителя и сшивающего агента, которне, как известно, значительно повышают сопротивляемость заряда ГЛВВВ выщелачивающему действию воды в скважине.

Результаты промышленных взрывов на кварцитном карьере Лебединского ГОКа в 1978 г. подтвердили возможность заряжания обводненных скважин со столбом воды менее 3 м сверху от устья.