

Тогда, приравняв правые части выражений (1) и (13), получим равенство вида

$$nh_{об} = \frac{N}{AS}, \quad (14)$$

откуда

$$h_{об} = \frac{N}{ASn}, \quad (15)$$

Запишем  $N$ , используя выражение для забойной мощности при колонковом алмазном бурении [1], в виде

$$N = k_1 F D_{cp} n, \quad (16)$$

Площадь забоя опишется также формулой (6).

Подставив (6) и (16) в формулу (15) получим зависимость проходки за 1 оборот коронки

$$h_{об} = \frac{k_1 F}{\pi F b}, \quad (17)$$

Приняв зависимость ширины кольца резания породы по (11), получим

$$h_{об} = \frac{2k_1 F}{\pi A(D_H - D_в)}, \quad (18)$$

Формулы (15), (17) и (18) устанавливают зависимость проходки за 1 оборот алмазной коронки при механическом вращательном бурении от характеристик, определяющих режим бурения, параметры коронки, горную породу и внешнюю среду.

Таким образом, использование комплексного подхода (энергетический + кинематический) позволило получить аналитические зависимости, описывающие процесс механического вращательного колонкового бурения алмазными и твердосплавными коронками.

#### Библиографический список

1. Шамшев Ф.А., Тараканов С.Н., Кудряшов Б.Б. и др. Технология и техника разведочного бурения. – М.: Недра, 1973. – 496 с.
2. Эпштейн Е.Ф., Теория бурения-резания горных пород твердыми сплавами. – ГОНТИ. – М.: 1939. – 180 с.

© Мартыненко И.И., Бакаржиев Ю.А., 2001

УДК 622.243.1.

Канд. техн. наук ПИЛИПЕЦ В.И.

Донецкий государственный технический университет, г. Донецк, Украина

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭРЛИФТНЫХ НАСОСОВ

В ДонГТУ для условий работ Коммунарской ГРЭ разработан эрлифтный насос, методика его расчета и технология бурения скважин глубиной до 1000 м с применением эрлифтного насоса.

В качестве воздухоподающих (рис.1) использованы трубы от КССК диаметром 70 мм. Водоподъемными служат бурильные трубы диаметром 42 мм. Уплотнение водоподъемных труб осуществляется резиновыми кольцами, а воздухоподающих – резьбой замковых соединений.

В настоящее время для расчетов эрлифта принято условие, что воздух или газ при движении в водоподъемной трубе расширяется от какого-то первоначального давления до атмосферного по изотермическому закону, так как газ достаточно хорошо перемешан с

жидкостью, а теплоемкость жидкости настолько значительна, что температура газа почти не изменяется при расширении.

Поэтому общее уравнение эрлифта можно представить в таком виде

$$P_a V_a \ln \frac{P_1}{P_a} = \gamma Q (h + h_1), \quad (1)$$

где  $P_a$  и  $P_1$  – соответственно атмосферное и первоначальное давление воздуха, Па;  $V_a$  – объемный расход воздуха, приведенный к атмосферному давлению, м<sup>3</sup>/с;  $\gamma$  – удельный вес поднимаемой жидкости, Н/м<sup>3</sup>;  $Q$  – количество поднимаемой жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $h$  – высота подъема жидкости, м;  $h_1$  – потери энергии на относительное движение и на трение, м.

Первый член уравнения представляет собой энергию, необходимую для подъема  $\gamma Q$  жидкости на высоту  $h$ .

Известным методикам расчета эрлифтного насоса присущи следующие недостатки: не учитываются гидравлические сопротивления ниже смесителя, расчет ведется на основании экспериментальных данных по номограммам и эмпирическим формулам.

Для расчета подачи эрлифта предлагается использовать методику, основанную на балансе напора в эрлифте.

Уравнение баланса напора с учетом сопротивлений ниже смесителя имеет вид:

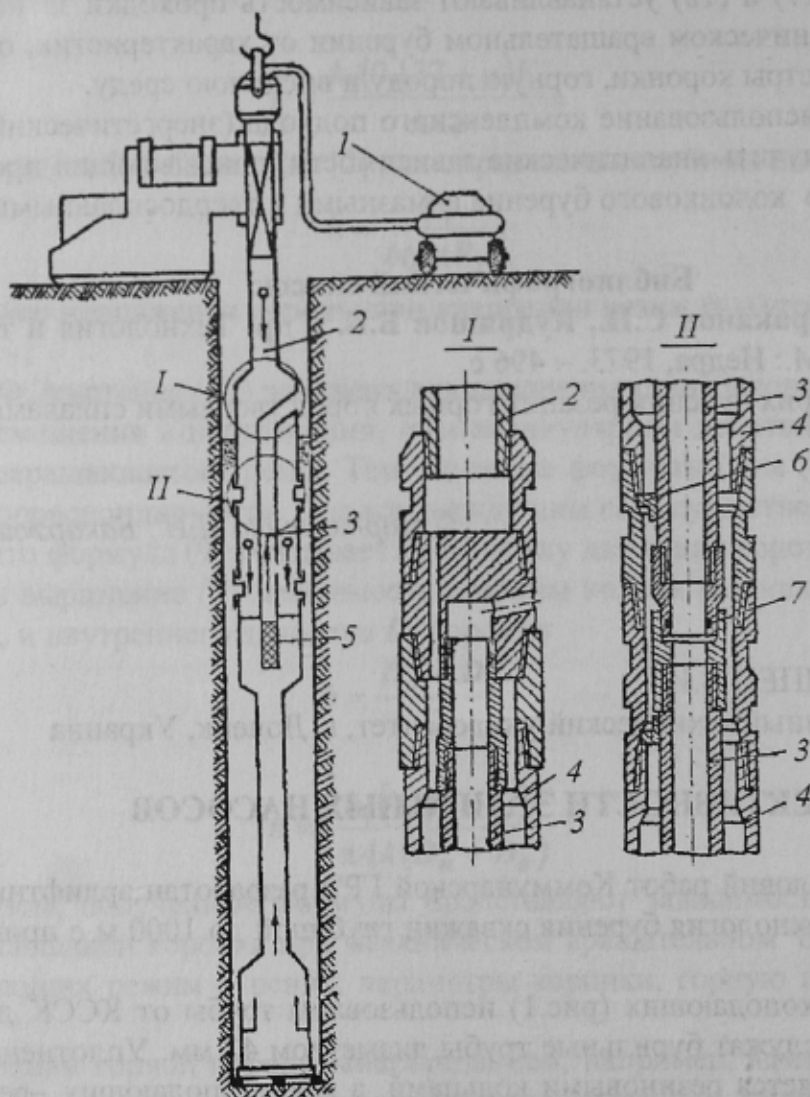


Рис.1 – Схема бурения с эрлифтным насосом

1–компрессор; 2–бурильные трубы; 3–водоподъемные трубы; 4–возду-холодающие трубы эрлифтного насоса; 5–смеситель; 6–центратор; 7–резиновые уплотнения

$$h_2 \gamma_{жс} = H \gamma_c + \lambda_c \frac{H V_c^2}{d \cdot 2g} \gamma_c + H \frac{\omega}{V_c} \gamma_{жс} + \lambda \frac{l}{d_0} \cdot \frac{V_0^2}{2g} \gamma_{жс}, \quad (2)$$

где  $\lambda_c \frac{H V_c^2}{d \cdot 2g} \gamma_c$  – потери напора при движении смеси в эрлифте, Па;  $H \frac{\omega}{V_c} \gamma_{жс}$  – потери на-

пора при проскальзывании воздуха, Па;  $\lambda \frac{l}{d_0} \frac{V_0^2}{2g} \gamma_{жс}$  – потери напора при движении жид-

кости ниже смесителя, Па;  $V_0 = \frac{q_3}{F_0}$  – скорость движения жидкости в подъемных трубах,

м/с;  $V_c = \frac{(q_3 + \omega F) \gamma_{жс}}{F \gamma_c}$  – средняя скорость смеси в эрлифте, м/с;  $h_2$  – глубина погруже-

ния смесителя под уровень жидкости, м;  $H$  – длина эрлифтного насоса, м;  $\gamma_{жс}, \gamma_c$  – соответ-  
ственно удельный вес жидкости в скважине и смеси воздуха с жидкостью, Н/м<sup>3</sup>;  $H \gamma_c$  –  
гидростатическое давление столба азрированной жидкости, Па;  $q_3$  – максимальная подача  
эрлифта, м<sup>3</sup>/с;  $q_c$  – максимальная подача эрлифта, м<sup>3</sup>/с;  $\lambda_c, \lambda$  – коэффициенты сопротивле-  
ния движения смеси и жидкости;  $F_0$  – площадь сечения внутреннего канала воздухопо-  
дающих труб, м<sup>2</sup>;  $d_0$  – внутренний диаметр воздухоподающих труб, м. Для расчета прини-  
мается:  $\lambda_c = 0,03$ ;  $\lambda = 0,02$ ;  $l$  – длина всасывающей линии эрлифта, м;  $g$  – ускорение силы  
тяжести, принимается 9,8 м/с<sup>2</sup>;  $F$  – площадь сечения водоподъемных труб, м<sup>2</sup>;  $d$  – внут-  
ренний диаметр водоподъемных труб, м;  $\omega$  – скорость проскальзывания воздуха в жидко-  
сти, м/с.

$$\omega = 1,6 \left( 1 - \frac{H}{200} \right) + 0,00054l, \quad (3)$$

Из уравнения баланса напора максимальная подача эрлифта определяется по формуле

$$q_3 = \frac{38,31 H F^2 d_0}{l F \sqrt{d}} \left[ \sqrt{1 - \frac{d F^2 l}{13,3 F_0^2 d_0 H} \left( \omega \sqrt{\frac{1}{d}} - 8,84 \frac{h}{H} \right) - 1} \right], \quad (4)$$

Таким образом значение  $q_3$  характеризует подачу эрлифта, необходимую для пре-  
одоления гидравлических сопротивлений.

По расчетным значениям  $q_3$  определяется расход сжатого воздуха, подаваемого ком-  
прессором

$$Q = \frac{\left( q_3^{max} + \omega F \right) \left( \frac{\gamma_{жс}}{\gamma_c} - 1 \right) \left( \frac{P_c - P_a}{P_a} \right)}{2,3 \lg \frac{P_c}{P_a}}, \quad (5)$$

где  $q_3^{max}$  – расчетная максимальная производительность эрлифта, м<sup>3</sup>/с;  $P_a$  – атмосферное  
давление. Принимается 98 кПа;  $P_c$  – давление сжатого воздуха у смесителя, Па

$$P_a = h \gamma_{жс} - P_\omega - P_m + P_a, \quad (6)$$

где  $P_\omega$  – гидравлические сопротивления в водоподъемных трубах с учетом проскальзы-  
вания воздуха в жидкости, Па,  $P_\omega = H \frac{\omega}{V_c} \gamma_{жс}$ ;  $P_m$  – гидравлические сопротивления при

движении жидкости в трубах ниже смесителя, Па.

$$P_m = \lambda \frac{l}{d_0} \frac{V_0^2}{2g} \gamma_{жс}, \quad (7)$$

Для определения отношения  $\gamma_{ж}/\gamma_c$  используется уравнение баланса напора в эрлифте.

$$\frac{\gamma_{жс}}{\gamma_c} = \left( \frac{h}{H} - \frac{\lambda l q_3^2}{2gd_0 H F_0^2} \right) \frac{gdF^2}{\lambda_c (q_3 + \omega F)^2}, \quad (8)$$

Давление воздуха на входе в эрлифтный насос

$$P_3 = \frac{\sqrt{P_c^2 + a(H + L_3) - P_c bH}}{1 + bH}, \quad (9)$$

$$a = \lambda \frac{G^2 RT}{gd_3 F_0^2}; \quad b = \frac{\sin \alpha}{2RT},$$

где  $P_3$  – давление воздуха на входе в эрлифтный насос, Па;  $d_3$  – эквивалентный диаметр воздухоподающих труб, м;  $G$  – массовый расход воздуха, кг/с

$$G = \frac{P_a Q}{RT}, \quad (10)$$

где  $R$  – газовая постоянная, Дж/кг·К, для влажного воздуха  $R = 287.4$  Дж/кг·К;  $T$  – средняя температура потока сжатого воздуха, К. Принимается равной температуре окружающей среды;  $\alpha$  – угол наклона оси скважины к горизонту, град.;  $L_3$  – эквивалентная длина соединений труб расчетного участка, м.

Давление воздуха на выходе компрессора, Па

$$P_k = \frac{\sqrt{P_3^2 + a(L + L_3^1) - P_3 bL}}{1 + bL}, \quad (11)$$

где  $L$  – длина участка труб от компрессора до эрлифтного насоса, м;  $L^1$  – эквивалентная длина колонны воздухоподводящих труб, м.

Приведенная методика является более универсальной, т.к. позволяет рассчитать не только эрлифтный насос, поднимающий жидкость из скважины на поверхность, но и насос, который может создавать внутрискважинную циркуляцию жидкости в скважине при бурении. В последнем случае длина эрлифтного насоса ( $H$ ) принимается исходя из глубины скважины ( $H_{скв}$ ) и перепада давления достаточного для возбуждения циркуляции ее в скважине и в буровом снаряде, т.е.  $H = \frac{P}{\gamma_{жс}}$  или  $H = P_2 \frac{H_{скв}}{100}$ ,

где  $P_2$  – необходимый перепад давления на 100 м скважины. Принимается 0,1 – 0,2 МПа.

Скорость проскальзывания воздуха в жидкости ( $\omega$ ) для случая, когда колонковая труба заполнена керном, следует принимать на 0,2 – 0,3 м/с больше расчетной.

Подача эрлифта  $q'_3$ , в таком случае увеличивается с учетом требуемой скорости восходящего потока в колонковой трубе

$$q'_3 = VF_1, \quad (12)$$

где  $V$  – скорость восходящего потока жидкости, необходимая для выноса выбуренного шлама с учетом конкретных условий бурения, м/с;  $F_1$  – (при обратной промывке) площадь сечения колонковой трубы, м<sup>2</sup>.

По расчетным значениям  $q_3$  и  $q'_3$  выбирается большее, которое в дальнейшем учиты-

вается как  $q_{\max}$ .

Расчетная мощность на валу компрессора

$$N_K = N_0 P_K Q, \quad (13)$$

где  $N_0$  – удельная мощность, зависящая от величины рабочего давления, кВт.

Действительная мощность на валу компрессора равна

$$N_g = 1,1 N_K, \quad (14)$$

Для определения диаметров воздухоподводящих и воздухоподъемных труб необходимо определить расход сжатого воздуха и эмульсии и задаться скоростью воздуха (обычно принимается 10 м/с) и скоростью эмульсии при изливе (обычно принимается 12 м/с).

Разработанный эрлифтный насос, рассчитанный по предлагаемой методике применялся при бурении как мелких (до 338 м), так и глубоких (до 879 м) скважинах. Наблюдалось увеличение механической скорости по породам XI – X категорий на 10% по отношению к обычному способу бурения.

При бурении по породам глинистого комплекса залипания глинистым шламом зазора между керном и колонковой трубой не наблюдалось, а механическая скорость бурения увеличилась до 1,3–1,9 м/с при проходке за рейс до 7 м.

Выход керна по всем породам составлял 100%.

© Пилипец В.И., 2001

УДК 622.24.08

Канд. техн. наук РЯЗАНОВ А.Н.

Донецкий государственный технический университет, г. Донецк, Украина

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ УГЛУБКИ ЗАБИВНОГО ПРОБООТБОРНИКА В НЕСКАЛЬНЫЙ ГРУНТ ЗА ЕДИНИЧНЫЙ УДАР

В соответствии с требованиями действующего ГОСТа 12071-84 “Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов” и получивших широкое распространение рекомендаций, разработанных Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве монолиты глиен с коэффициентом пористости менее 1.1, суглинков — менее 0.9, супесей — 0.7 при показателе консистенции, не превышающим 0.75, должны отбираться забивными и вибрационными грунтоносами и пробоотборниками. Результаты проведенных различными организациями сравнительных испытаний показывают, что из двух названных способов погружения устройства в грунт с точки зрения качества отбираемого образца более предпочтительным является низкочастотный, с частотой ударов не более 1 Гц, забивной способ.

На кафедре Технологии и техники геологоразведочных работ ДонГТУ разработаны конструкции забивных пробоотборников с механическим и автономным гидравлическим приводом и освобождающимся на рабочем ходе бойком, позволяющие в условиях вертикальных перемещений плавоснования при бурении морских скважин отбирать пробы грунтов с минимальным нарушением физико-механических свойств в породах песчано-глинистого комплекса.

Для определения величины углубки пробоотборника в нескальный грунт за единичный удар необходимо рассматривать процессы, происходящих в ударной системе, с точки зрения волновой механики. Согласно ей при взаимодействии бойка с наковальной керна приемной трубы в последней генерируется волна упругой деформации, которая распро-