

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 глин 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-

страняется в направлении забоя. По его достижении часть энергии волны расходуется на разрушение породы, а часть возвращается обратно в систему в виде отраженной волны. Отраженная от забоя волна деформации через период собственных колебаний ударяемого тела вновь вернется к забою. Экспериментальные исследования, проведенные рядом авторов, показывают, что вследствие потерь энергии ее амплитуда будет меньше первоначальной и может оказаться недостаточной для преодоления силы сопротивления породы внедрению.

Диссипация энергии за счет рассеивания и внутреннего трения в теле инструмента весьма незначительна – до 0,4 % на 1 м [1] и легко учитывается при математическом описании введением логарифмического декремента в уравнение свободных колебаний. Основную же долю потерь составляют потери энергии в резьбовых соединениях и на границе контакта инструмента с породой.

По данным К.И. Иванова [2], И.Г. Шелковникова [3] резьбовые соединения уменьшают энергию ударного импульса за счет частичного отражения и фрикционного проскальзывания на 2 – 18 % в зависимости от конструктивного исполнения и плотности затяжки.

По данным Ю.Д. Бессонова [1] относительная величина энергии отраженного от породы импульса зависит от ее физико-механических свойств, конструкции породоразрушающего инструмента и формы основного ударного импульса и находится в пределах 0,19 – 0,47.

В работе [4] сделано предположение, что при величине усилия в первой волне деформации порядка 40 – 100 кН воздействие на инструмент третьей и последующих волн деформации не приведет к существенному увеличению внедрения и передачи энергии в среду за удар. Это предположение подтверждается результатами экспериментов ряда авторов. Двукратное внедрение инструмента под действием одного удара наблюдалось В.Д. Андреевым [5] при проведении экспериментальных исследований внедрения в породу инструмента с различными углами приострения лезвий, Н.М. Зеленским, А.М. Бочковским и В.В. Квачем [6] при экспериментальном исследовании внедрения инструмента с различной длиной лезвий, Ч.Хаямидзу, С.Мисавой и С.Такаокой [7] при исследовании внедрения инструмента в породы различной крепости.

Что касается теоретических разработок данного вопроса, то в работе Я.Г. Пановко [8] для случая продольного удара по стержню жестким телом приводятся безразмерные продолжительности удара для различных соотношений масс ударяющего и ударяемого тел. Согласно им при соотношении масс от 3 до 7, характерных для нашего случая, соударение заканчивается в интервале от 2,7 до 4,1 периода колебаний ударяемого тела.

Следует отметить, что для приведенных результатов характерно рассмотрение в качестве разрушаемой среды преимущественно крепких пород с их особенностями нагрузочных характеристик и использование ударных систем с конструктивными параметрами, отличными от разработанных нами пробоотборников.

В связи с этим на гравитационном струнном копре конструкции ОНИЛ морского бурения были проведены экспериментальные исследования процесса взаимодействия элементов системы "боек–керноприемная труба–нескальный грунт". В качестве объекта исследования использовалась реальная физическая модель ударной системы забивного пробоотборника. Конструктивные параметры ее элементов приведены в табл. 1.

По закрепленным и натянутым направляющим струнам свободно перемещались центрированные боек и керноприемный снаряд. Подъем бойка осуществлялся канатом с укрепленным на нем механическим захватом до ограничителя высоты. При контакте захвата с ограничителем происходило его срабатывание, и боек свободно падал вниз. Регулирование высоты ограничителя позволяло обеспечивать предупредительную скорость до 3 м/с. При падении бойка происходил удар по наковальне, в результате чего наблюдалось по-

гружение кернаприемного снаряда в находящийся в лотке грунт.

Таблица 1 – Конструктивные параметры элементов ударной системы

Наименование конструктивных характеристик	Единица измерения	Боек	Наковальня	Кернаприемная труба	Башмак
Масса	кг	35 62	12.5	14.5	1.2
Длина	м	0.6 1.2	0.25	1.4	0.09
Наружный диаметр	м	0.089	0.089	0.089	0.089
Внутренний диаметр	м	—	—	0.079	0.076

Предварительно кернаприемный снаряд заглублялся в грунт на предполагаемую максимальную глубину опробования – 0,6 м. Идентичность свойств используемого грунта: мелкозернистого песка и тугопластичного суглинка, свойствам породного массива достигалась путем послойного его уплотнения до строго фиксированного уровня. Физико-механические свойства устанавливались по методике и рекомендациям работы [9].

Для определения количества волн деформаций, под действием которых происходит углубка кернаприемного снаряда в разрушаемый грунт использовали входящий в состав экспериментального стенда индуктивный датчик скорости.

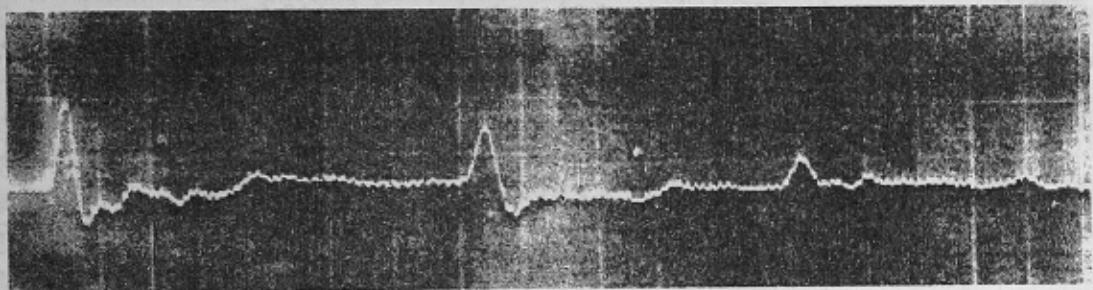


Рис. 1 – Осциллограмма скорости погружения кернаприемного снаряда в песок мелкозернистый (масса бойка 62 кг, скорость соударения бойка с наковальней 2,07 м/с).

Анализ полученных осциллограмм, пример которых приведен на рис.1, показывает, что генерируемая в рассматриваемой ударной системе волна деформации в результате потерь энергии на преодоление различного рода сопротивлений как в самой системе, так и на границе с разрушаемым грунтом, в зависимости от создаваемого усилия полностью затухает через 3–4 периода колебаний.

Таким образом, величина углубки за единичный удар определится по формуле

$$h_y = \sum_{i=1}^n h_i, \quad (1)$$

где  $h_i$  – углубка за время действия  $i$ -ой волны деформации, м;  $n$  – количество действующих волн деформации.

Для определения величины углубки кернаприемной трубы в нескальный грунт, представленный наиболее распространенной чистопластической моделью сопротивления [10], под действием  $i$ -ой волны деформации составим уравнение ее движения

$$P - R_n - R_b = m_T \ddot{h}_i, \quad (2)$$

где  $P$  – среднее значение усилия в нижнем торцевом сечении кернаприемной трубы за период колебаний, Н;  $R_n, R_b$  – сопротивление грунта по лобовой и боковой поверхности погружаемого инструмента, Н;  $m_T$  – масса трубы, кг;  $\ddot{h}_i$  – ускорение кернаприемной трубы,

м/с<sup>2</sup>.

Из (2) имеем

$$\ddot{h}_i = \frac{P - R_n - R_b}{m_T}, \quad (3)$$

С учетом начальных условий

$$\begin{aligned} h_i(t=0) &= 0, \\ \dot{h}_i(t=0) &= V, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $V$  – среднее значение скорости нижнего торцевого сечения керноприемной трубы за период колебаний, м/с;

**Таблица 2** – Расчетные значения величины углубки за единичный удар керноприемной трубы длиной 1 м с наружным диаметром 89 мм, внутренним диаметром 79 мм

Грунт	Масса бойка, кг	Скорость бойка, м/с	Усилие первой волны деформации в нижнем торцевом сечении керноприемной трубы, кН	Углубка за единичный удар, мм
Глина твердой консистенции (Сила лобового сопротивления $R_n=9900$ Н, удельное сопротивление по боковой поверхности $\gamma=4800$ Н/м)	50	1.0	85.8	2.12
		1.5	137.3	3.42
		2.0	182.0	4.60
	70	1.0	119.6	2.70
		1.5	184.6	4.22
		2.0	249.6	5.70
Глина полутвердой консистенции ( $R_n=5280$ Н, $\gamma=4520$ Н/м)	50	1.0	91.0	2.28
		1.5	139.9	3.55
		2.0	187.2	4.76
	70	1.0	122.2	2.82
		1.5	187.2	4.34
		2.0	252.2	5.86
Песок плотный ( $R_n=19600$ Н, $\gamma=10700$ Н/м)	50	1.0	75.4	1.79
		1.5	75.4	2.22
		2.0	124.8	3.46
	70	1.0	109.2	2.35
		1.5	174.2	3.88
		2.0	239.2	5.40
Песок средней плотности ( $R_n=13200$ Н, $\gamma=9800$ Н/м)	50	1.0	83.2	2.03
		1.5	132.6	3.29
		2.0	179.4	4.50
	70	1.0	117.0	2.60
		1.5	182.0	4.12
		2.0	247.0	5.64
Суглинок тугопластичный. ( $R_n = 3960$ Н, $\gamma=2440$ Н/м) Супесь ( $R_n= 3960$ Н, $\gamma=4240$ Н/м)	50	1.0	91.0	2.32
		1.5	140.4	3.57
		2.0	187.2	4.78
	70	1.0	124.8	2.89
		1.5	189.8	4.41
		2.0	254.8	5.93

Выражение для нахождения величины углубки керноприемной трубы за время действия  $i$ -ой волны деформации примет вид

$$h_i = Vt + \frac{P - R_d - R_b}{2m_T} t^2, \quad (5)$$

где  $t$  – период колебаний ударяемого тела, с.

Значения  $P$  и  $V$  могут быть определены в результате решения методом Фурье уравнения свободных колебаний стержня с внутренним сопротивлением, пропорциональным скорости смещения сечений, дополненного соответствующими краевыми условиями. Методика изложена в работе [11].

Расчетные значения величины углубки за единичный удар керноприемной трубы длиной 1 м (длина керноприемной трубы забивного пробоотборника выбирается исходя из необходимости отбора достаточной для проведения лабораторных испытаний пробы) при внедрении в различные виды грунта при фиксировании одного из главных параметров ударной системы и изменении другого (массы бойка и скорости его соударения с накопальной), приведены в табл.2.

Полученные значения углубки дают возможность определить необходимое для отбора пробы грунта требуемой высоты количество ударов и прогнозировать продолжительность процесса пробоотбора в целом.

#### Библиографический список

1. **Эпштейн Е.Ф., Бессонов Ю.Д.** Влияние размеров колонковых труб и резьбовых соединений на коэффициент полезного действия передачи энергии удара // *Обзор. Сер. Техн. и технол. геол.-развед. работ; орг. произ – ва.* – М.: ВИЭМС, 1970, вып.60. – 11 с.
2. **Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д.** Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1987. – 272 с.
3. **Шелковников И.Г.** Оптимизация условий передачи и использования энергии удара при бурении: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Москва: МГРИ, 1982. – 45 с.
4. **Алимов О.Д., Манжосов В.К., Еремьянц Е.В.** Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. – М.: Наука, 1985. – 357 с.
5. **Андреев В.Д., Бочковский А.М., Скляр С.И.** Исследование влияния угла заострения инструмента на процесс взаимодействия с породой. // В кн.: *Горный породоразрушающий инструмент.* – Киев: Техника, 1970. – С. 169 – 178.
6. **Зеленский Н.М., Бочковский А.М., Квач В.В.** Влияние длины лезвия коронки на процесс разрушения горной породы. // В кн.: *Горный породоразрушающий инструмент.* – Киев: Техника, 1969. – С. 82 – 87.
7. **Хаямидзу Х., Мисава С., Такаока С.** Исследование твердости и вязкости пород при ударном бурении. Пер. с яп. Всесоюзн. центр. Пер., Ц – 40629. – М., 1973. – 24 с.
8. **Пановко Я.Г.** Введение в теорию механического удара. – М.: Наука, 1977. – 224 с.
9. **Бирюков Н.С., Казарновский В.Д., Мотылев Ю.А.** Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов. – М.: Недра, 1975. – 176 с.
10. **Ребрик Б.М.** Бурение инженерно-геологических скважин. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
11. **Каракозов А.А., Рязанов А.Н.** Результаты исследований ударной системы забивного пробоотборника. // *Сб. научн. трудов НГА Украины. №3, Том 2.* – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 1998. – С.234–238.

© Рязанов А.Н., 2001