

Библиографический список

1. Рязанов А.Н. Разработка забивного пробоотборника для бурения инженерно-геологических скважин на шельфе: Дисс. ... канд. техн. наук. — Донецк: ДонГТУ, 1998. — 160 с.
2. Шелковников И.Г., Лукошков А.В. Технические средства подводного разведочного бурения и опробования. — Л.: ЛГУ, 1979. — 224 с.
3. Применение погружных автономных установок для однорейсового бурения подводных скважин / О.И. Калиниченко, А.В. Коломоец, Е.В. Квашин, А.А. Каракозов и др. // Серия «Техника и технология геологоразведочных работ; организация производства»: Обзор, вып.2. — М.: ВИЭМС, 1988. — 64 с.
4. Ребрик Б.М. Ударное бурение грунтов. — М.: Недра, 1976. — 232 с.
5. Фоменко В.С. Разработка технологии и техники отбора проб донных отложений на шельфовой зоне морей колонковыми пробоотборниками с гидроударным приводом: Дисс. ... канд. техн. наук. — Донецк: ДПИ, 1986. — 244 с.
6. Пробоотборник. А.с.1480395 СССР Е 21В 25/18 / А.А. Каракозов, О.И. Калиниченко, А.В. Коломоец и др.

© Каракозов А.А., 2001

УДК 622.24.08

РЯЗАНОВ А.Н. (ДонГТУ)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ БОЙКА ЗАБИВНОГО ПРОБООТБОРНИКА

Опыт бурения глубоких геологоразведочных и инженерно-геологических скважин на континентальном шельфе, результаты сравнительных испытаний забивных снарядов различной конструкции показывают, что с точки зрения качества отбираемых в условиях вертикальных перемещений плавоснования проб грунтов предпочтительными являются устройства с освобождающимся и падающим на рабочем ходе бойком [1,3].

Для определения предупредительной скорости в забивных пробоотборниках с освобождающимся и падающим бойком на кафедре ТТГР ДонГТУ разработана методика инженерного расчета [5]. Согласно принятым в ней допущениям движение бойка на рабочем ходе происходит под действием силы тяжести G , выталкивающей силы P_a , сил лобового R и гидравлического P_2 сопротивлений:

$$m_b \ddot{x} = G - P_a - R - P_2, \quad (1)$$

где m_b — масса бойка, кг; \ddot{x} — ускорение движения бойка, м/с^2 .

После подстановки выражений для G , P_a , R и P_2 [2] равенство (1) принимает вид:

$$\ddot{x} = g \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho} \right) - \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho} k_{\lambda} \frac{d^4}{2(D^2 - d^2)^2 (D - d)} + \frac{\rho_{ж}}{2m_b} cF \right) \dot{x}^2, \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2 ; $\rho_{ж}$, ρ — плотность жидкости и материала бойка, кг/м^3 ; k_{λ} — коэффициент, учитывающий гидравлическое трение (принимается равным 0,02–0,04 в зависимости от величины кольцевого зазора между корпусом пробоотборника и бойком); D , d — внутренний диаметр корпуса и диаметр бойка, м; c — коэффициент лобового сопротивления; F — миделево сечение, м^2 ; \dot{x} — скорость движения бойка, м/с .

В результате решения дифференциального уравнения (2) с учетом начальных условий:

$$x|_{t=0} = 0, \quad \dot{x}|_{t=0} = 0, \quad (3)$$

получают выражения для определения текущих значений координаты и скорости движения бойка:

$$x = \frac{1}{b} \ln[\operatorname{ch}(\sqrt{abt})], \quad \dot{x} = \sqrt{\frac{a}{b}} \operatorname{th}(\sqrt{abt}), \quad (4)$$

где

$$a = g \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho} \right), \quad b = \frac{\rho_{жс}}{\rho} k_{\lambda} \frac{d^4}{2(D^2 - d^2)^2 (D - d)} + \frac{\rho_{жс}}{2m_6} cF. \quad (5)$$

Следует отметить, что предложенная методика расчета отражает только общую схему сил, действующих на боек, который располагается внутри заполненного жидкостью корпуса пробоотборника, и не учитывает два важных момента.

Первый состоит в том, что изменение от нуля до некоторой конечной величины скорости движения бойка на рабочем ходе вызывает изменение режима движения жидкости в кольцевом зазоре между корпусом и самим бойком.

Второй заключается в том, что в зависимости от положения пробоотборника в скважине: вертикального или наклонного, возможны два крайних случая расположения бойка — концентрично относительно корпуса и эксцентрично, двигаясь по лежащей стенке пробоотборника. Последний случай наиболее вероятен, так как невозможно забуривание строго вертикальной подводной скважины и, кроме того, в процессе бурения скважина претерпевает естественное искривление.

Поэтому для оценки точности методики инженерного расчета и возможности ее применения на практике необходимо рассмотреть случаи концентричного и эксцентричного расположения бойка с учетом режимов движения обтекающей боек жидкости.

В случае концентричного расположения уравнение движения бойка примет вид

$$\ddot{x} = g \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho} \right) - \left(\frac{\rho_{жс}}{\rho} \lambda \frac{d^4}{2(D^2 - d^2)^2 (D - d)} + \frac{\rho_{жс}}{2m_6} cF \right) \dot{x}^2, \quad (6)$$

где λ — коэффициент гидравлического трения.

Для ньютоновской жидкости, к которой относится морская вода,

а) при ламинарном режиме течения

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (7)$$

где Re — параметр Рейнольдса, равный $Re = \frac{d^2}{2(D+d)\vartheta} \dot{x}$, (8); ϑ — кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$.

После подстановки λ и выполнения преобразований уравнение (6) преобразуется следующим образом:

$$\ddot{x} = g \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho} \right) - 64 \frac{\rho_{жс}}{\rho} \frac{d^2 (D+d)}{(D^2 - d^2)^2 (D-d)} \vartheta \cdot \dot{x} - cF \frac{\rho_{жс}}{2m_6} \dot{x}^2; \quad (9)$$

б) при турбулентном режиме течения жидкости

$$\lambda = 0,02 + \frac{1,7}{\sqrt{Re}} \quad (10)$$

С учетом (10) и (8) имеем

$$\ddot{x} = g \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho}\right) - 0,85 \frac{\rho_{ж}}{\rho} \frac{d^4}{(D-d)(D^2-d^2)^2} \sqrt{\frac{d^2}{29(D+d)}} \dot{x}^{\frac{3}{2}} - \left(0,01 \frac{\rho_{ж}}{\rho} \frac{d^4}{(D^2-d^2)^2(D-d)} + cF \frac{\rho_{ж}}{2m_6}\right) \dot{x}^2 \quad (11)$$

При анализе движения эксцентрично расположенного в корпусе устройства бойка к действующим на него силам добавляется сила трения. После подстановки выражений для определения сил уравнение движения бойка запишется в виде:

$$\ddot{x} = g(\cos \alpha - \frac{\rho_{ж}}{\rho} \cos \alpha - f_{mp} \sin \alpha) - \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho} \lambda \frac{d^4}{2(D^2-d^2)^2(D-d)} + \frac{\rho_{ж}}{2m_6} cF\right) \dot{x}^2, \quad (12)$$

где α — угол между вертикалью и осью пробоотборника, °; f_{mp} — коэффициент трения движения (принимается для условий «металл о металл»).

Для ньютоновской жидкости:

а) при ламинарном режиме течения

$$\lambda = \frac{64}{Re} k_3, \quad (13)$$

где k_3 — коэффициент, учитывающий эксцентрическое расположение бойка, определяется по формуле, предложенной Л.С.Лейбензоном [4]:

$$k_3 = \frac{(D/2 - d/2)^2}{D^2/4 + d^2/4 + \frac{(Dd/2 - d^2/2)^2}{(D^2/4 - d^2/4) \ln(Dd/2Dd - d^2)}} \quad (14)$$

После подстановки выражений (13), (14) и (8) уравнение (12) примет вид:

$$\ddot{x} = g(\cos \alpha - \frac{\rho_{ж}}{\rho} \cos \alpha - f_{mp} \sin \alpha) - 64 \frac{\rho_{ж}}{\rho} \frac{d^2(D+d)}{(D^2-d^2)^2(D-d)} 9 \cdot k_3 \dot{x} - cF \frac{\rho_{ж}}{2m_6} \dot{x}^2; \quad (15)$$

б) при турбулентном режиме течения значение λ определяется согласно выражению (10). Уравнение (12) примет вид:

$$\ddot{x} = g(\cos \alpha - \frac{\rho_{ж}}{\rho} \cos \alpha - f_{mp} \sin \alpha) - 0,85 \frac{\rho_{ж}}{\rho} \frac{d^4}{(D-d)(D^2-d^2)^2} \sqrt{\frac{d^2}{29(D+d)}} \dot{x}^{\frac{3}{2}} - \left(0,01 \frac{\rho_{ж}}{\rho} \frac{d^4}{(D^2-d^2)^2(D-d)} + cF \frac{\rho_{ж}}{2m_6}\right) \dot{x}^2 \quad (16)$$

Решение уравнений (9), (11), (15), (16) осуществляется численным методом на ПЭВМ с помощью специально разработанной программы.

Значения параметров движения бойка забивного пробоотборника на рабочем ходе, полученные при использовании методики инженерного расчета и в результате при-

менения численного метода решения исходных уравнений, приведены в таблице. Для случая эксцентричного расположения бойка результаты расчета даны для угла $\alpha=10^\circ$.

Таблица. Текущие значения скорости бойка пробоотборника на рабочем ходе ($m_\sigma=50$ кг $D=0,079$ м $d=0,069$ м)

x, м		0,010	0,036	0,076	0,128	0,190	0,260	0,337	0,420	0,050
Методика инженерного расчета		0,28	0,60	0,91	1,12	1,31	1,39	1,44	1,47	1,50
Численный метод решения	Концентричное расположение бойка	0,43	0,73	1,10	1,32	1,48	1,63	1,73	1,82	1,86
	Эксцентричное расположение бойка	0,35	0,70	1,0	1,19	1,39	1,51	1,62	1,68	1,73

Анализ данных расчетов показывает, что значения скорости движения бойка, полученные при использовании упрощенной методики, меньше соответствующих результатов применения численного метода решения. При концентричном расположении бойка внутри корпуса пробоотборника расхождения в результатах достигают 18–22%, при эксцентричном расположении — 7–10%. Существенность в расхождениях объясняется следующим. При освобождении и падении бойка изменение скорости его движения сопровождается изменением режима течения жидкости в кольцевом зазоре от ламинарного на начальной стадии до турбулентного, преобладающего на величине рабочего хода. При составлении уравнений (6) и (12), решение которых получено численным методом, изменение режимов движения жидкости учитывалось наиболее полно — коэффициентом гидравлического трения λ , переменным во времени. При использовании методики инженерного расчета наличие гидравлического трения учитывается упрощенно — постоянным коэффициентом k_λ , значение которого принимается соответствующим турбулентному режиму течения. Поэтому на начальной стадии — стадии разгона, производится занижение ускорения бойка, что сказывается на его последующем движении.

Таким образом, для согласования движения бойка и захватывающего устройства пробоотборника, определения параметров соударения и прогнозирования длительности процесса отбора пробы предпочтительным является использование численного метода решения уравнений динамики бойка, которые учитывают изменение режима течения жидкости внутри корпуса устройства.

Библиографический список

1. Асеев А.Г., Распопов В.М., Хворостовский С.С. Бурение разведочных скважин на шельфе. — М.: Недра, 1988. — 197 с.
2. Гейер В.Г., Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. — М.: Недра, 1991. — 331 с.
3. Каракозов А.А., Рязанов А.Н. Перспективы разработки забивных устройств для отбора монолитов при бурении морских скважин с использованием съемных скважинных приспособлений // Сб. «Бурение скважин в осложненных условиях». — Донецк: ДонГТУ, 1996. — С.130–132.
4. Лейбензон Л.С. Собрание трудов, т.3. Нефтепромысловая механика. — М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. — 678 с.
5. Рязанов А.Н. О влиянии величины кольцевого зазора на скорость соударения бойка ударного узла с наковальной // Сб. «Бурение скважин в осложненных условиях». — Донецк: ДонГТУ, 1996. — С.72–75.

© Рязанов А.Н., 2001