

7. **Збірник** укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН). Розділ 13 — Буріння геологорозвідувальних свердловин / Держкомгеологія України. Державний інформаційний геологічний фонд України. — Київ: Геоінформ, 1999. — 342 с.

© Юшков А.С., Юшков И.А., 2005

УДК 622.24.085

Канд.техн.наук ЮШКОВ И.А. (ДонНТУ)

ОБ УСЛОВИЯХ ВЫНОСА ШЛАМА ПРИ БУРЕНИИ ПОДВОДНЫХ СКВАЖИН

При бурении инженерно-геологических скважин в песчано-глинистых донных отложениях континентального шельфа особое значение приобретает исследование процесса формирования подводного ствола. Это связано с тем, что технологическими схемами бурения неглубоких скважин, как правило, не предусматривается крепление стенок трубами из-за существенного усложнения и удорожания стоимости буровых работ, а применение специальных растворов является экологически неприемлемым мероприятием.

Проведенными исследованиями установлена тесная функциональная связь между диаметром скважины, формируемой погружным буровым снарядом в песчано-глинистых донных породах и количеством жидкости, проходящем по столу [5]. Эта связь вносит существенные отличия в схему очистки скважины, принятую при бурении в прочных породах, при которой диаметр скважины принимается равным диаметру породоразрушающего инструмента с учетом увеличивающих поправочных коэффициентов на разработку стенок и образование каверн [1, 2]. Другим специфичным фактором бурения в несвязных донных породах является большее значение плотности шлама в восходящем потоке, возникающее из-за высокой скорости бурения в песчаных породах. В связи с этим, проверка условий очистки ствола скважины от насыщенной шламовой среды является важной проблемой.

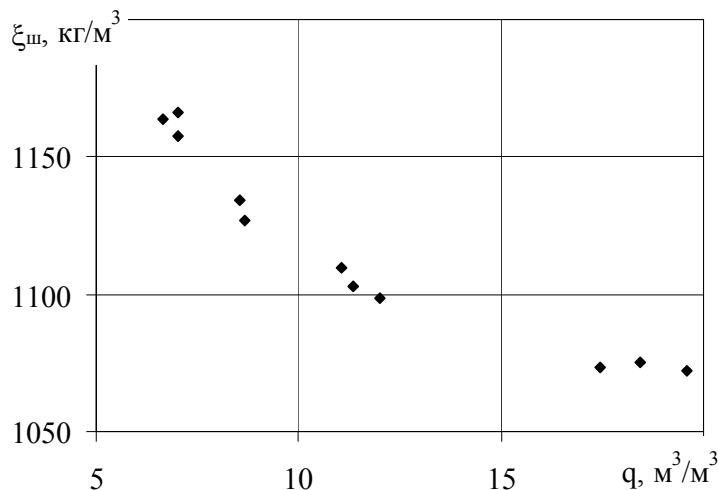


Рис. 1. Зависимость плотности шламовой среды от удельного расхода жидкости

Задача исследования процесса выноса шлама в несвязных грунтах сводится к определению объемной концентрации, плотности шламовой среды, скорости восходящего потока и сравнению этих показателей с допустимыми нормами, принятыми в теории движения двухфазных потоков и буровой гидравлике.

Скорость выноса размываемых частиц зависит от объемной концентрации шлама C_w в потоке жидкости, в свою очередь, связанной с плотностью потока рш. На графике (рис. 1) показана зависимость плотности шлама

от удельного расхода жидкости q для песчаных пород, определенного автором в ходе эксперимента в процессе погружения модельного бурового снаряда, снабженного

многоструйным насадкой. Наибольшие значения плотности соответствующие максимальным скоростям бурения составляют 1160–1170 кг/м³ и не превышают значений плотности нормального глинистого раствора для механического бурения. Увеличение плотности восходящего потока по сравнению с нагнетаемой жидкостью достигает 12%. С увеличением удельного расхода плотность шламового потока уменьшается. Таким образом, подтверждается возможность беспрепятственного извлечения снаряда из скважины с помощью грузового каната.

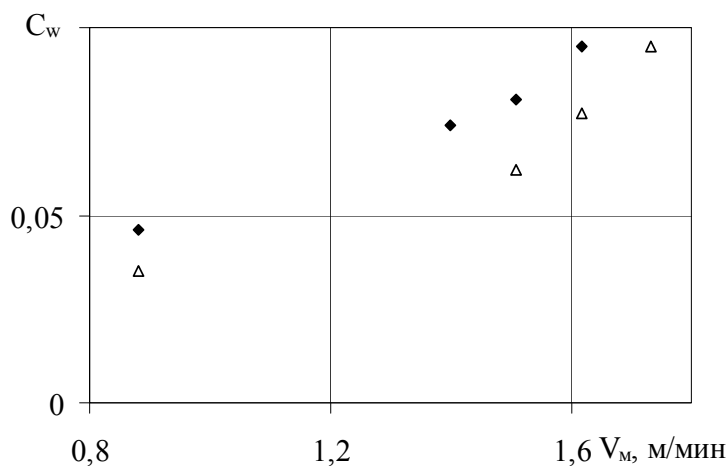


Рис. 2. Зависимость объемной концентрации шламовой среды от механической скорости бескернового бурения в песчаных породах при коэффициенте пористости 0,55 (♦) и 0,65 (Δ)

Объемная концентрация шлама с учетом вышеуказанных факторов приобретает функционально зависящий от механической скорости бурения V_m характер. Как видно из графика (рис. 2), с увеличением скорости объемная концентрация растет независимо от типа и свойств породы, но ее значения при максимальных скоростях ниже рекомендуемых в гидротранспорте критических значений 0,35÷0,40 [4].

При бурении подводных скважин рост значений плотности и концентрации шлама в пределах установленных норм является позитивным фактором, поскольку насыщенный шламом

восходящий поток способствует обеспечению устойчивости стенок. Существенным является лишь поддержание стабильных показателей концентрации и плотности, означающих обеспечение баланса количества выносимого и образованного в единицу времени шлама. Продолжительность выноса частиц, связанная со скоростью их подъема имеет при бурении неглубоких скважин второстепенное значение.

Подача насоса Q должна обеспечивать вынос всего объема шлама, но часть его заполняет приращенный в единицу времени объем скважины в кольцевом зазоре между скважиной и снарядом. Поэтому по стволу транспортируется объем:

$$Q_B = \frac{\pi D_{скв}^2 V_m}{4} + Q - \frac{\pi(D_{скв}^2 - D_{снар}^2)V_m}{4}, \quad (1)$$

где $D_{скв}$ — диаметр формируемой гидроразрывом скважины; $D_{снар}$ — диаметр бурового снаряда.

Первые два слагаемых в выражении (1) обозначают объем шламовой среды, формирующийся из разрушенной породы и подаваемой жидкости. Таким образом, скорость движения восходящего потока по скважине составит:

$$w = \frac{\pi D_{снар}^2 V_m + 4Q}{\pi(D_{скв}^2 - d_3^2)}, \quad (2)$$

где d_3 — эквивалентный диаметр, учитывающий размеры напорного шланга и грузового каната.

На этапе отбора керна пробоотборником объем шламовой среды уменьшится на величину объема поступающей в керноприемник породы, а скорость составит:

$$w_{кол} = \frac{\pi(D_{снар}^2 - d_{сн}^2)V_M + 4Q}{\pi(D_{ске}^2 - d_э^2)}, \quad (3)$$

где $d_{сн}$ — диаметр проходного отверстия керноприемной трубы.

По мере увеличения подачи рабочей жидкости увеличивается и диаметр формируемой скважины, что приводит к снижению интенсивности приращения скорости восходящего потока (рис. 3). Как видно из графиков, при подаче жидкости в количестве более $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ независимо от типа грунта, приращение скорости потока составляет не более $1 \div 3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$. Следовательно, дальнейшее увеличение подачи рабочей жидкости можно считать нецелесообразным.

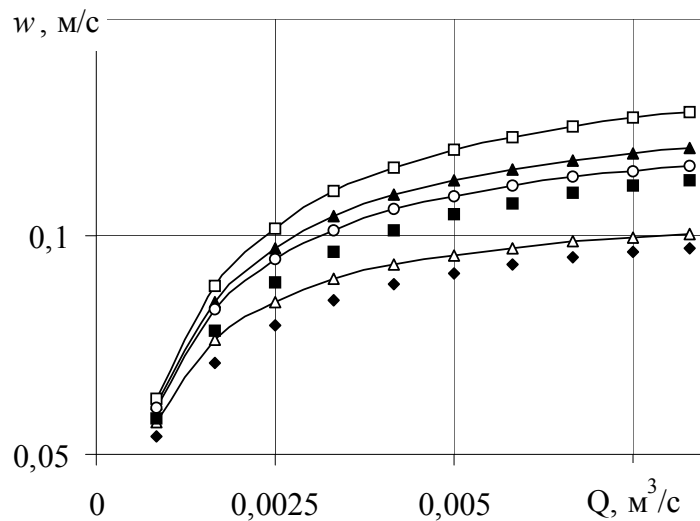


Рис. 3. Зависимость скорости восходящего шламового потока от подачи жидкости для пылеватого (□), мелкозернистого (▲), среднезернистого (○), крупнозернистого (△) песка на этапе гидроразмыва и для среднезернистого (■) и крупнозернистого песка (◆) на этапе отбора керна

ней учитывается не только средневзвешенный диаметр частиц δ и относительная плотность несущей среды $(\rho_n - \rho)/\rho$, но и коэффициент динамической вязкости μ , определяющий свойства рабочего потока жидкости, а также непропорциональное изменение гидравлической крупности с увеличением диаметра частиц:

$$u^* = 10^{-3} \frac{\Omega \delta (\rho_n - \rho)}{\rho \sqrt[3]{\mu_0}}, \quad (5)$$

где Ω — коэффициент Дмитриева, составляющий для частиц размером $0,15 \div 0,5 \text{ мм}$ — $5,2 \div 3,2$, для $\delta = 0,5 \div 1,5 \text{ мм}$ — $\Omega = 6,5$, для $\delta = 1,5 \div 3 \text{ мм}$ — $\Omega = 8,0 - \delta$.

Характер изменения гидравлической крупности в зависимости от средневзвешенного диаметра частиц показан на рис. 4. На график также нанесены кривые, характеризующие изменение скорости восходящего потока с увеличением подачи жидкости. Анализируя графики отметим, что скорость шламового потока на этапе бескернового бурения, превышающая гидравлическую крупность частиц, обеспечивается при подаче

На этапе отбора керна скорость потока ниже, чем при бескерновом бурении, но параболический характер зависимости остается неизменным (рис. 3).

Очистка ствола скважины от шламовой среды с высокой объемной концентрацией и плотностью, образуемой при бурении в несвязных породах, происходит при выполнении условия:

$$w > u^*, \quad (4)$$

где u^* — гидравлическая крупность.

Для определения этого параметра удобнее использовать зависимость Г.П. Дмитриева [1], отражающую характер падения частиц в зашламованном потоке, поскольку в

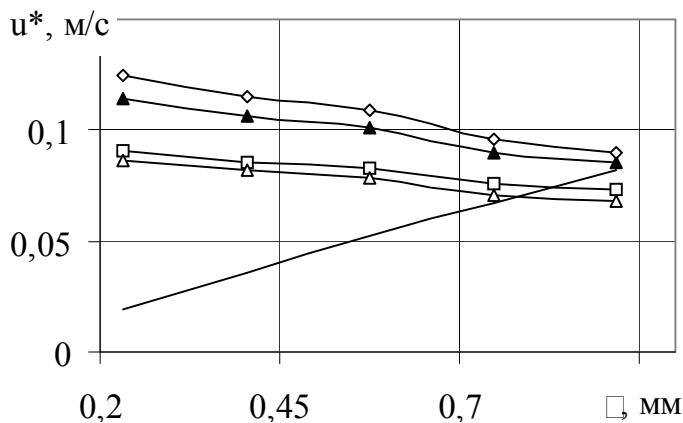


Рис. 4. Зависимость гидравлической крупности и скорости выноса от средневзвешенного диаметра частиц при подаче жидкости $5 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (\diamond), $3,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (\blacktriangle), $1,67 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (\square) и на этапе отбора зерна Δ (подача $5 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$)

жидкости от $3,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ и выше. Меньшие значения подачи применимы для частиц с крупностью до 0,75 мм.

С увеличением доли тонких и тончайших частиц гидравлической крупности снижается. Это позволяет считать, что при большом количестве тонких частиц песка (в стесненных условиях падения частиц), а также при наличии глинистых частиц, образующих суспензию, скорость падения будет уменьшаться, что улучшит очистку скважины.

Результаты проведенных исследований позволяют выделить следующее:

1. Зависимости (2) и (3) получены с использованием принципиально нового подхода, предусматривающего учет увеличения объема скважины, в котором размещается часть образующегося шлама. Это позволяет рекомендовать их для определения скорости потока при бурении в песчано-глинистых грунтах.

2. Образующая при бурении в несвязных донных породах плотность и объемная концентрация шламowego потока не превышает принятых в гидротехнике и буровой гидравлике норм.

3. Вынос разбуренной породы из скважины обеспечивается подачей жидкости в количестве не менее $3,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Библиографический список

1. Акопов Э.А. Очистка забоев глубоких скважин. — М.: Недра, 1970. — 120 с.
2. Гукасов Н.А. Гидродинамические особенности промывки и крепления скважин. — М.: Недра, 1979. — 164 с.
3. Дмитриев Г.А., Махарадзе Л.И., Гочиташвили Т.Ш. Напорные гидротранспортные системы: Справочное пособие. — М.: Недра, 1991. — 304 с.
4. Лобанов Д.П., Смолдырев А.Е. Гидромеханизация геологоразведочных и горных работ. — М.: Недра, 1974. — 296 с.
5. Юшков И.А. Условия формирования скважины при бурении морскими погружными пробоотборниками /Науковий вісник національної гірничої академії України, №4. — Дніпропетровськ, 2000. — С. 89–90.

© Юшков И.А., 2005