

УДК 622.143

Канд. техн. наук ЮШКОВ І. О., инж. ЯНЕНКО Н. О. (ДонНТУ)

ПРО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ВОДОПРИЙМАЛЬНОЇ ВИРВИ БЕЗФІЛЬТРОВОЇ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Серед існуючих способів спорудження водоприймальної вирви безфільтрової свердловини одним з найбільш простих та економічних є метод гідравлічного розмиву потоком рідини. Для реалізації цього методу достатньо штатного насосного обладнання бурових установок [1, 2].

Для ефективної роботи бурових снарядів необхідно знати розміри сформованої водоприймальної частини свердловини, ступінь впливу геолого-технологічних факторів на процес створення водоприймальної вирви та визначення на їхній основі раціональних параметрів розмиву.

Розширення ствола свердловини внаслідок збільшення площі кільцевого зазору приводить до значного зниження швидкості потоку. Використовуючи основні положення теорії руслових деформацій, допускаємо, що поблизу стінки свердловини швидкість приймає значення $w_{\text{нер}}$, при якому не відбувається відриву частки від масиву [3, 4]. Виникає стан рівноваги: відриваюча сила $P_{\text{от}}$ та сила гідродинамічного тиску водоносного шару $P_{\text{ГД}}$, що впливають на кожен частку, урівноважуються силами зчеплення частки ґрунту з масивом $P_{\text{сц}}$, силою ваги самої частки $P_{\text{Г}}$ і силою тиску ствола рідини $P_{\text{ст.ж}}$ (рис. 1). Таким чином, загальна умова рівноваги буде мати вигляд:

$$P_{\text{от}} l_{\text{от}} = P_{\text{Г}} l_{\text{Г}} + P_{\text{ст.ж}} l_{\text{ст.ж}} + P_{\text{сц}} l_{\text{сц}} - P_{\text{ГД}} l_{\text{ГД}} \quad (1)$$

де $l_{\text{от}}$ – плече дії відриваючої сили,

$l_{\text{Г}}$ – плече дії сили ваги частки,

$l_{\text{ст.ж}}$ – плече дії сили тиску ствола рідини,

$l_{\text{сц}}$ – плече дії сили зчепності,

$l_{\text{ГД}}$ – плече дії сили гідродинамічного тиску водоносного шару.

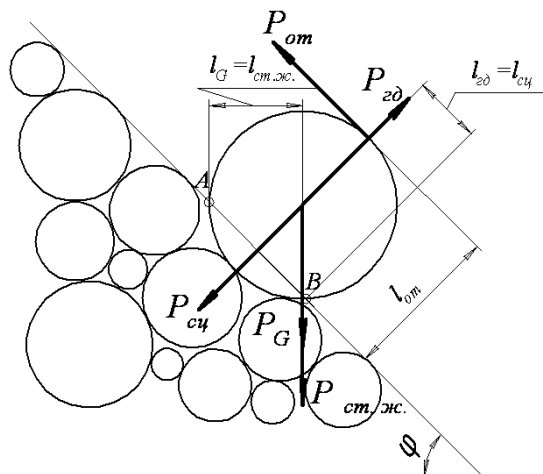


Рис. 1. Схема балансу сил, прикладених до частки ґрунту

З експериментальних даних В.Н. Гончарова, Ц.Є. Мірцхулави [3] відомо, що максимальний виступ окремої частки з масиву, при якому існує невідриваюча

рівновага, становить не більш 70% від розміру частки. Використаємо зазначене співвідношення і для розглянутого нами випадку, оскільки менший виступ частки з масиву ускладнює її відрив.

Використовуючи для опису складових рівняння балансу сил (1) відомі вираження І.Я. Русінова, Б.І. Студенічникова, В.Н. Гончарова і М.М. Протод'яконова, а також розглядаючи вагу частки в рідині як рівнодіючу виштовхуючої сили і сили ваги, отримуємо умову рівноваги частки на стінці свердловини у вигляді:

$$0,7\psi\rho_w\delta^3w^2 = 4,72\delta^4(\rho_n - \rho_w)\cos\varphi + 3,47\delta^3H\cos\varphi + 0,01C_HK_{CH}\delta^3 - 3\rho_nHtg^2(45-\varphi)m\delta^3, (2)$$

де ψ – коефіцієнт, що визначає особливості опору при обтіканні часток потоком,
 ρ , ρ_p , ρ_w – густина, відповідно, робочої рідини, породи, висхідного шламового потоку,

δ – середньозважений розмір часток ґрунту,

φ – кут внутрішнього тертя ґрунту,

H – глибина свердловини,

C_H – коефіцієнт зчеплення ґрунту,

K_{CH} – коефіцієнт, який враховує неоднорідність дії сил зчепності, що виникає через некомпактне розташування мікрочастинок ґрунту,

m – коефіцієнт пористості ґрунту.

Величина w виражає значення швидкості на відстані $0,7\delta$ – граничне значення відриваючої швидкості, при якій буде відбуватися розширення свердловини. Оскільки на потік впливає близькість шорсткуватих стінок свердловини, швидкість розподіляється по криволінійній залежності зі зниженням значення біля стінок [5]:

$$w = K_{Re} \left(\sqrt{\frac{\lambda}{8}} \cdot \frac{Q}{(R_{скв}^2 - R_{снар}^2)} \right)^{\frac{n+1}{n}} \left(\frac{(R_{скв} - r)\rho}{\mu} \right)^{\frac{1}{n}},$$

де K_{Re} , n – коефіцієнти, які залежать від режиму течії потоку,
 λ – коефіцієнт гідравлічних опорів для кільцевого зазору при турбулентному режимі течії,

Q – кількість рідини, необхідної для розмиву ґрунту,

$R_{скв}$ – радіус свердловини (координата зовнішньої стінки кільцевого зазору),

r – поточна координата точки потоку зі швидкістю w ;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості.

Якщо перетворити цю формулу, то швидкість потоку рідини на відстані $0,7\delta$ від стінки свердловини складе:

$$w = K_{Re} (R_{скв} - (R_{скв} - 0,7\delta))^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{v} \right)^{\frac{1}{n}} \left(\sqrt{\frac{\lambda}{8}} \frac{Q}{\pi(R_{скв}^2 - R_{снар}^2)} \right)^{\frac{n+1}{n}} (3)$$

Підставляючи у формулу (2) вираження швидкості (3) і вирішивши співвідношення щодо різниці діаметрів свердловини і стінки снаряда, одержимо

рівняння, з якого визначимо узагальнюючу залежність для діаметра сформованої розмивом свердловини $D_{скв}$:

$$D_{вир} = 2 \sqrt[2n+2]{Q \cdot \frac{\sqrt{\lambda}}{888} \cdot K_{Re}^{n+1} \cdot \left(\frac{0,7\delta}{\nu}\right)^{n+1} \left(\frac{0,7\psi\rho_w}{4,72\delta(\rho_n - \rho_w)\cos\varphi + 3,47\rho_w H \cos\varphi + 0,01K_H K_{CH} - 3\rho_n H t g^2(45 - \varphi)m} \right)^{\frac{n}{2n+2}} + R_{снар}^2} \quad (4)$$

У формулі (4) враховані всі основні фактори, які впливають на формування водоприймальної вирви при бурінні гідрогеологічних свердловин шляхом розмиву: конструктивні розміри снаряда, режим течії рідини, властивості рідини, властивості ґрунту.

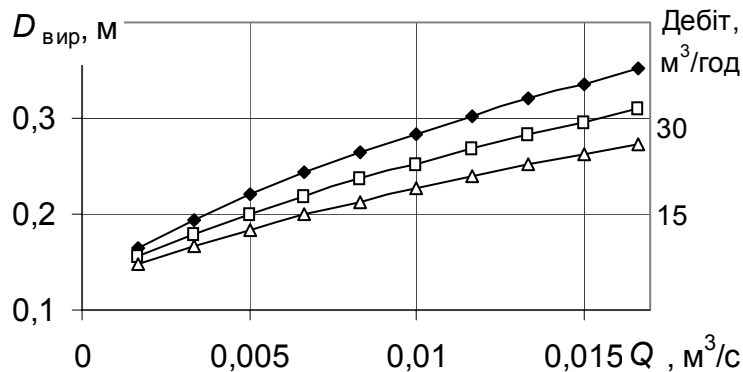


Рис. 2. Графік залежності діаметра водоприймальної вирви від подачі рідини при глибині свердловини 10 м (◆), 20 м (□), 40 м (Δ) для грубозернистого ґрунту

На рис. 2 представлено зростання діаметра водоприймальної вирви в залежності від кількості подаваної для розмиву рідини при використанні бурового снаряду діаметром 127 мм. Отримана залежність дозволяє оцінити значення очікуваного дебіту свердловини в залежності від подачі рідини. Так, для забезпечення проектного дебіту в 15 м³/год для неглибоких свердловин потрібна подача $3,3 \cdot 10^{-3}$ м³/с, а для дебіту 30 м³/год – відповідно $1,16 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Аналізуючи розглянуту схему впливу потоку рідини на ґрунтову стінку відзначимо, що величини сил, які діють на частку ґрунту, будуть найбільшими в нижній частині сформованої водоприймальної вирви поблизу бурового снаряда. Це зв'язано з тим, що при мінімальному зазорі між снарядом і стінкою швидкість течії висхідного потоку буде найбільшою, а висота стовпа рідини в нижньому положенні зони розмиву буде створювати найбільший гідростатичний тиск.

У зв'язку з цим, у початковий момент формування водоприймальної вирви у водоносному горизонті утворюється близька до циліндричної форма стволу свердловини. Надалі вскриття піщаних шарів приведе до обвалювання і сповзання часток і агрегатів породи, утворюючи конусоподібну просторову фігуру. Тому вираження (4) варто вважати справедливим для нижньої частини водоприймальної вирви. Вертикальні розміри вирви залежать від товщини розмивного водоносного шару і кута природного укосу, характерного для даного типу породи.

Проведений з використанням отриманої залежності аналіз показав, що:

1) чисельне значення складової ваги частки у формулі (4) у більшості випадків мало і для розрахунків їм можна зневажити;

2) збільшення діаметра вирви описується параболічною залежністю, причому при подачі робочої рідини понад 100 л/хв крива стає більш прямолінійною;

3) у грубозернистих піщаних ґрунтах розміри водоприймальної лійки більше, ніж у пилюватих пісках у межах 7-8%;

4) реологічні властивості застосованої робочої рідини практично не впливають на розміри вирви, а зі збільшенням глибини свердловини в 2 рази діаметр нижньої частини вирви зменшується на 9-10%.

Бібліографічний список

1. Башкатов Д.Н., Панков А.В., Коломиец А.М. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин. – М.: Недра, 1992. – 286 с.
2. Оноприенко М.Г. Бурение и оборудование гидрогеологических скважин. – М.: Недра. 1978. – 168 с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 303 с.
4. Студеничников Б.И. Размывающая способность потока и методы русловых расчетов. – М.: Стройиздат, 1964. – 183 с.
5. Гукасов Н.А. Гидродинамические особенности промывки и крепления скважин. – М.: Недра, 1979. – 164 с.

© Юшков І. О., Яненко Н. О., 2005

УДК 622.245.12

Инж. ЦАРЕНКО С. Н. (ДонНТУ)

ОЦЕНКА ПРИБЛИЖЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одной из важнейших задач при проектировании объекта является снижение его материалоемкости и капиталовложений при сохранении эксплуатационных характеристик. Особенно это актуально при проектировании крепи вертикальных стволов шахт. Это связано с тем, что показатели возведение крепи оказывает решающее влияние на стоимость и трудоемкость горных, строительных и монтажных работ. Стоимость крепления ствола составляет до 60% стоимости его сооружения [1].

Для наиболее эффективного решения этой задачи, необходимо оценить влияние всех элементов конструкции на прочностные характеристики обсадной колонны при воздействии на нее различных силовых факторов.

Обсадная колонна представляет собой цилиндрическую оболочку усиленную внутренними или наружными ребрами жесткости. Существует ряд приближенных методов для расчета ребристых оболочек с различной степенью точности [2]. Но даже для случая расчета оболочки подкрепленной ребрами простой конструкции (полосами), в монографии [2] приводится сложная математическая модель, а при усложнении конструкции ребер эта модель становится, практически не реализуема.

Одним из эффективных методов проведения исследований прочностного расчета является метод конечных элементов (МКЭ). Этот метод можно использовать, когда проведение естественных экспериментов с объектом исследования является дорогим или труднореализуемым с технической точки зрения, а так же если упрощения в существующих математических моделях ведут к значительному снижению точности расчета. Причем точность расчета с использованием МКЭ ограничивается возможностями программного обеспечения, в котором он реализован, и ресурсами ПК.