

УДК 622.281

В.И. Бондаренко, С.Ф. Власов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОРОД

Обґрунтовані параметри струйного закріплення слабких дисперсних порід та стабілізації нестійких ґрунтів.

Струйная технология закрепления слабых дисперсных пород позволяет решать различные горнотехнические задачи при проведении горных выработок по неустойчивым породам, создании гидроизоляционных стен в грунтах вокруг различных отстойников, повышение устойчивости оснований зданий и сооружений.

Одним из основных технологических параметров струйной технологии является радиус закрепления. Поэтому несомненный интерес представляет влияние на радиус закрепления скорости поднятия и вращения рабочего инструмента (монитора).

Для того, чтобы определить радиус закрепления  $h$  (м) необходимо знать время действия струи в одном направлении. Если известна скорость вращения рабочего инструмента  $w$ , то время одного оборота  $T$  (с) можно определить как

$$T = \frac{1}{w} \quad (1)$$

Если диаметр рабочего инструмента  $d_1$  (м), то длина одного оборота

$$l = \pi d_1 \quad (2)$$

Если диаметр сопла  $d_0$  (м), то время действия струи закрепляющего раствора за один оборот

$$t = \frac{d_0 T}{l} \quad (3)$$

Подставляя формулы (1) и (2) в формулу (3) получим

$$t = \frac{d_0 l}{\pi d_1 w} \quad (4)$$

Определим, на какое расстояние может проникнуть струя за время  $t$ . В работе [2] авторами был исследован вопрос о скорости распространения струи жидкости в породе  $u_{ж}$  (м/с)

$$u_{ж} = u_{р.п.} \left( 1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \quad (5)$$

где  $u_{р.п.}$  – скорость разрушения породы, м/с.

Учитывая, что закон изменения скорости струи вдоль ее оси имеет вид [3]

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{2,72 d_0}{2cx} \quad (6)$$

где  $u_0$  – скорость струи на выходе из сопла, м/с;  $c$  – экспериментальная константа проникания;  $u_m$  – скорость струи на расстоянии  $x$  (м) от выхода из сопла, м/с;  $d_0$  – выходной диаметр сопла, м.

Подставляя вместо  $u_m$  выражение для скорости распространения струи (5), получим

$$\frac{u_{p.n.} \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}{u_0} = \frac{2,73d_0}{2cx} \quad (7)$$

Учитывая, что

$$u_{p.n.} = \frac{dx}{dt}, \quad (8)$$

где  $x$  – расстояние, м;  $t$  – время, с, получим следующее дифференциальное уравнение

$$\frac{x \cdot dx}{dt} = \frac{2,73d_0u_0}{2c(1 + \rho_2\rho_1)} \quad (9)$$

Решая это дифференциальное уравнение в предположении, что

$$x(0) = 0, \quad (10)$$

получим закон проникания струи в породу в зависимости от времени

$$x = \sqrt{\frac{2,73d_0u_0t}{c(1 + \rho_2\rho_1)}} \quad (11)$$

Подставляя в формулу (11) значение времени из формулы (4) и обозначив расстояние, на которое проникает струя через  $h$  (м), получим

$$h = \sqrt{\frac{2,73d_0^2u_0}{\pi d_1 \omega c (1 + \rho_2\rho_1)}} \quad (12)$$

Эта формула дает глубину проникания струи  $h$  в одном направлении за один оборот монитора. Но возможен случай, когда струя будет действовать в одном направлении в течение большего числа оборотов. Это зависит от скорости поднятия монитора  $v_n$  из скважины.

На один метр монитор поднимается за время

$$T_1 = \frac{1}{v_n} \quad (13)$$

Тогда полоска шириной  $d_0$  за один оборот монитора будет закрепляться за время

$$t' = \frac{d_0}{l} T_1 \quad (14)$$

Подставляя в формулу (14) значение для времени поднятия монитора на высоту 1 м из формулы (13), получим

$$t' = \frac{d_0}{v_n} \quad (15)$$



Если время поднятия монитора на высоту  $d_0 - t'$  меньше или равно времени одного оборота

$$t' \leq T, \quad (16)$$

то в одном направлении струя действует только один раз.

Если же время поднятия монитора на высоту  $d_0 - t'$  больше времени одного его оборота

$$t' > T, \quad (17)$$

то струя будет действовать в одном направлении время

$$t'' = t \cdot \frac{t'}{T}. \quad (18)$$

Подставив в формулу (18) значения  $t, t', T$  соответственно из формул (4), (15) и (1) получим

$$t'' = \frac{d_0^2}{\pi \cdot d_1 \cdot v_i}. \quad (19)$$

Подставляя полученное время (19) в выражение (11), определим

$$h = \sqrt{\frac{2,73 \cdot d_0^3 \cdot u_0}{\pi \cdot d_1 \cdot v_i \cdot c \cdot (1 + \rho_2 / \rho_1)}}. \quad (20)$$

Сравнивая формулы (12) и (20) запишем одну общую формулу для обоих случаев:

$$h = \sqrt{\frac{2,73 \cdot d_0^3 \cdot u_0}{\pi \cdot d_1 \cdot w \cdot c \cdot (1 + \rho_2 / \rho_1) \cdot k}}, \quad (21)$$

где  $k = 1$ , если выполняется условие (16);  $k = \frac{v_i}{w \cdot d_0}$ , если выполняется условие

(17);  $h$  - радиус проникания струи, м;  $d_0$  - диаметр сопла, мм;  $u_0$  - скорость струи закрепляющего раствора на выходе из сопла, м/с;  $d_1$  - диаметр рабочего инструмента, м;  $w$  - скорость вращения рабочего инструмента, м/с;  $\rho_1$  - плотность закрепляющего раствора, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_2$  - плотность закрепляемой породы, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  - экспериментальная постоянная, закон изменения которой в зависимости от  $\rho_2 / \rho_1$  получен в [3].

На рис.1 представлены различные случаи закрепления в зависимости от соотношения скоростей поднятия и вращения рабочего инструмента.

На этом рисунке  $L$  - это полоска, которая закрепляется за один оборот. Было установлено, что эта полоска имеет размеры

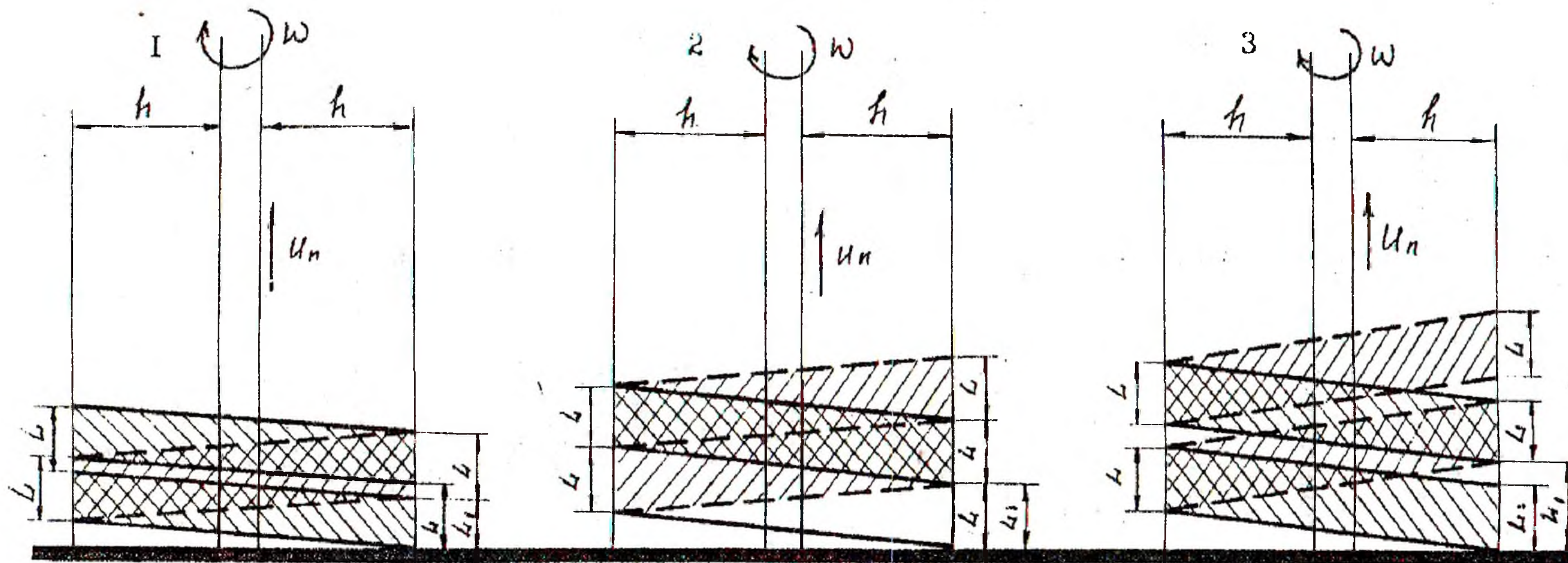
$$2 \cdot d_0 < L < 3,5 \cdot d_0 \quad (22)$$

$L_1$  - это расстояние на которое поднимается рабочее устройство за один оборот.

Естественно, что это расстояние является функцией от скорости поднятия рабочего инструмента.

$$L_1 = \varphi(v_i), \quad (23)$$

$h$  - радиус закрепленной колонны.



10

$$h = f(u_n)$$

$$L_1 = \varphi(u_n)$$

$$h = f(\omega)$$

$$L_1 = \varphi(u_n)$$

$$h = f(\omega)$$

$$L_1 = \varphi(u_n)$$

Рисунок 1 – Радиус проникания как функция скорости вращения  $f(\omega)$  и скорости поднятия  $\varphi(u_n)$  рабочего инструмента



Первый случай соответствует условию (17). В этом случае полоска закрепляется более одного раза, и радиус закрепленной колонны зависит от скорости поднятия рабочего инструмента  $v_n$ . Тогда

$$h = f(v_1). \quad (24)$$

Во втором случае  $L = L_1$ . Это означает, что каждый участок закрепляется только один раз и весь объем породы является закрепленным. Тогда

$$h = f(w). \quad (25)$$

В третьем случае  $L < L_1$ . При этом, как и в случае 2, полоска  $L$  закрепляется лишь один раз. Это значит, что выполняется условие (16). Также как и во втором случае

$$h = f(w).$$

Рис. 1 показывает, что при практической работе на радиус закрепления влияет лишь скорость вращения рабочего устройства и не влияет скорость поднятия.

Первый случай является нежелательным, так как он ведет к излишнему расходу закрепляющего раствора и увеличению времени работ.

В третьем случае, ближе к периметру колонны возникают зоны с низким качеством закрепления.

Естественно наиболее оптимальным вариантом является второй случай. При этом обеспечивается наилучшее качество закрепления (нет незакрепленных участков), наименьшая продолжительность выполнения работ и предотвращается дополнительный расход закрепляющего раствора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.И., Власов С.Ф., Ткачук С.В.: «Выбор определяющих параметров струйного закрепления пород» – М., Гидротехническое строительство, №11, 1993.

2. Бондаренко В.И., Власов С.Ф., Ткачук С.В.: «Теоретический метод определения технологических параметров процесса проникания высоконапорной струи в горные породы». Киев. Рукопись депонирована в КНТБ Украины №1417 УК-93.

3. Бондаренко В.И., Власов С.Ф., Ткачук С.В.: «Результаты моделирования струйной технологии закрепления пород» – М., Гидротехническое строительство, №1, 1994.

УДК 622.831

А.Н. Шашенко

## СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ГЕОМЕХАНИКЕ

Обґрунтована доцільність врахування стохастичності властивостей порід і навантажень на кріплення гірничих виробок при застосуванні детермінованих рішень оцінки їх стійкості.

Основные задачи геомеханики применительно к подземной добыче полезных ископаемых связаны с расчетами на длительную прочность (устойчивость)