

Відношення (11) для даного випадку має вигляд:

$$W_{k_3} / W_{k_4} = 1,458 f_1 (\epsilon_k / 2) \operatorname{tg} \alpha_k (R_1 - R_2) / R_0 \cos \alpha_k (PR_1 \cos \alpha_k / E \epsilon_k)^{1/2}. \quad (16)$$

Оскільки опір коченню і ковзанню складає:

$$W_y = P [f_1 (\epsilon_k / 2 R_0) \operatorname{tg} \alpha_k + 0,686 \cos \alpha_k \times (PR_1 \cos \alpha_k / E \epsilon_k)^{1/2} / (R_1 - R_2)], \quad (17)$$

то цій його величині буде відповідати опір коченню циліндра довжиною ϵ_k і радіусом R_0 , який знаходиться із виразу:

$$\begin{aligned} 0,343 \cos \alpha_k (PR_0 / \epsilon_k E)^{1/2} / R_0 - f_1 \epsilon_k \operatorname{tg} \alpha_k / 2 R_0 = \\ = 0,686 \cos \alpha_k (PR_1 \cos \alpha_k / E \epsilon_k)^{1/2} (R_1 - R_2). \end{aligned} \quad (18)$$

Додатково до попередньої задачі приймемо $R_1 = 220$, $R_2 = 140$, $\epsilon_k = 50 \text{ мм}$; залежність k_y , k_{kr} , k_{k_3} від R_0 показана на рис. 2.

Таким чином, запропонована методика розділення опорів руху від кочення і ковзання конічних коліс дозволить більш цілеспрямовано проводити досліди по їх зменшенню.

Література

1. Грузоподъемные машины / Александров М.П., Колобов Л.Н., Крутиков И.П. и др. М.: Высш.шк., 1973. – 473 с.
2. Бондаренко Л.Н. Зависимость коэффициента трения качения колеса по рельсу от режима работы механизма передвижения // Строитель. и дорож. маш. 1999. № 6. С.40.
3. Ловейкін В.С., Бондаренко Л.М. Співвідношення між опором руху кочення та верчення в упорних вузлах вантажопідйомних машин // Зб.наук.праць НАУ.К.: НАУ.2000.Т.9. С.243-245.
4. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Киев: Наук.думка, 1988. – 736 с.

УДК 666.97

Г.В. Бадеян, д-р техн. наук, главный инженер Корпорация "Познякижилстрой",
Е.Ж. Даниелян, инженер корпорации «Познякижилстрой»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОПАЛУБКЕ, НАСЫЩЕННОЙ АРМАТУРОЙ

Рассмотрение процесса движения бетонной смеси в опалубке, насыщенной арматурой, представляет собой одну из важнейших задач в технологии укладки смесей при монолитном строительстве. Объясняется это тем, что подобные процессы в значительной мере влияют на такие показатели как однородность укладываемой смеси, сцепление с арматурой, способность к эффективному уплотнению и, в конечном итоге, определяют прочностные характеристики изделия. В такой постановке ранее подобная задача никем не решалась. Известен ряд работ [1-6] по изучению движения потока жидкости в вертикальном канале. Так, в работе [6] рассматривается установившееся движение несжимаемой жидкости в вертикальном канале между двумя плоскими параллельными стенками (Рис. 1).

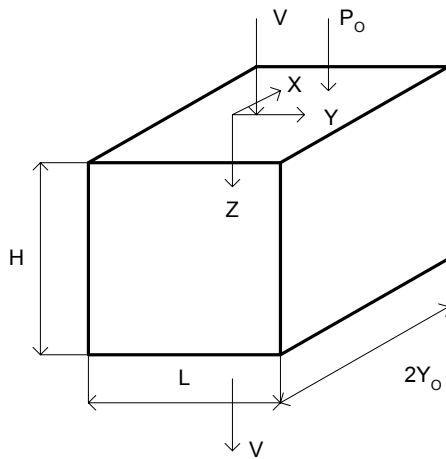


Рис. 1. Движение потока смеси в вертикальном направлении

В соответствии с [6] для скорости потока v имеем:

$$v_z = \frac{dp}{dz} \cdot \frac{y_0^2}{2\mu} \cdot \left[1 - \left(\frac{x}{y_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

или

$$v_z = \frac{(p_0 - p)}{H} \cdot \frac{y_0^2}{2\mu} \cdot \left[1 - \left(\frac{x}{y_0} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где p_0, p – давление на поверхности и по глубине потока; μ – вязкость смеси.

Можно показать, что средняя скорость потока жидкости:

$$v_{cp.} = \frac{2}{3} \cdot v_{max}, \quad (3)$$

а объемный (секундный) расход:

$$V_{сек} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta p \cdot y_0^3 \cdot L}{\mu \cdot H}. \quad (4)$$

Теперь усложним задачу и рассмотрим движение среды с обтеканием стержней арматуры (рис. 2).

Используя решение задачи о движении жидкости в кольцевом зазоре, представленное в [6], а также понятие эквивалентного (или гидравлического) диаметра трубы $d_г$, равное учетверённому гидравлическому радиусу, можно получить для профиля скоростей вдоль оси опалубки (оси OZ):

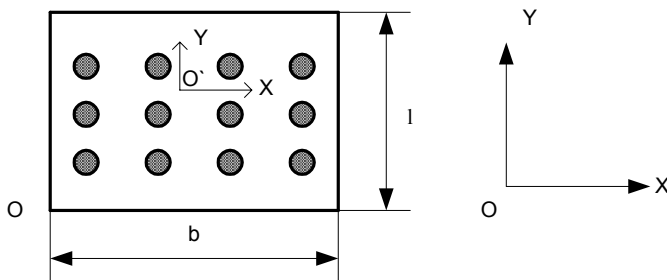


Рис. 2. Сечение опалубки с арматурой

$$v_z = \frac{\rho g R^2}{4\mu} \cdot \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right) + \frac{1 - a^2}{\ln(1/a)} \cdot \ln \left(\frac{r}{R} \right) \right], \quad (5)$$

$$\text{где } R = \frac{2 \cdot \left\{ b \cdot l - N \cdot \frac{\pi d^2}{4} \right\}}{[2b + 2l + N \cdot \pi d]}, \quad a = \frac{d}{R}.$$

Здесь d – диаметр арматуры (рис. 2), $b \cdot l$ – сечение опалубки (по осям OX и OY, соответственно), N – количество стержней в сечении прямоугольной опалубки, по которому движется бетонная смесь. Соотношение (5) описывает распределение скорости движения смеси вблизи стержня арматуры в поперечном, вдоль r – направлении. Профиль касательных напряжений можно описать уравнением:

$$\tau = \frac{\rho g R}{2} \cdot \left[\frac{r}{R} - \frac{1 - a^2}{2 \cdot \ln(1/a)} \cdot \frac{R}{r} \right]. \quad (6)$$

В (5) и (6) g – ускорение земного тяготения (предполагаем, что скорость движения смеси v направлена сверху вниз, т.е. совпадает с g).

В предельном случае (при $a = 0$) уравнение (5) превращается в уравнение, описывающее движение в цилиндрической трубе радиуса R [6].

Средняя скорость движения смеси в сечении опалубки приобретает вид:



$$v_{cp.} = \frac{\rho g R^2}{8\mu} \cdot \left[\frac{1-a^4}{1-a^2} - \frac{1-a^2}{\ln(1/a)} \right]. \quad (7)$$

$$\text{Откуда объёмный (секундный) расход: } V_{сек.} = v_{cp.} \cdot f = v_{cp.} \cdot [b \cdot l - N \cdot \pi d^2 / 4], \quad (8)$$

где f – реальное сечение потока смеси.

Рассмотрим конкретные примеры для условий движения смеси в опалубке при следующих исходных данных:

$$\rho = 2100 \text{ кг/м}^3, \quad g = 9,8 \text{ м/с}^2, \quad \mu = 100 \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad d = 26 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Параметры $b, l, N = m \cdot n$ выбираются, исходя из геометрических ограничений опалубки, насыщенной арматурой по следующим формулам:

$$m = \frac{b - 60 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}} + 1, \quad n = \frac{l - 60 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}} + 1, \quad (9)$$

где b, l выражены в метрах.

Время заполнения опалубки строительной (бетонной) смесью (в секундах) определяется следующим соотношением:

$$t_{зан.} = \frac{H}{v_{cp.}} = \frac{[b \cdot l - m \cdot n \cdot \pi \cdot d^2 / 4] \cdot H}{V_{сек.}}. \quad (10)$$

Для вертикальных конструкций $H = 3120 \cdot 10^{-3}$ м, а для диафрагм - $H = 4500 \cdot 10^{-3}$ м.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

H, м	b, м	L, м								
		0,18			0,36			0,54		
		$V_{CP}, \text{ м/с}$	$V_{CEK}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_{3АП}, \text{ с}$	$V_{CP}, \text{ м/с}$	$V_{CEK}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_{3АП}, \text{ с}$	$V_{CP}, \text{ м/с}$	$V_{CEK}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_{3АП}, \text{ с}$
3120×10^{-3}	0,18	$2,5 \times 10^{-3}$	$4,9 \times 10^{-5}$	1200	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$	1034	$3,2 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-4}$	980
	0,54	$3,2 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-4}$	980	$3,8 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-4}$	816	$4,0 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-4}$	771
	0,90	$3,3 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-4}$	940	$4,0 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-4}$	781	$4,2 \times 10^{-3}$	$9,5 \times 10^{-4}$	738
4500×10^{-3}	b, м	L, м								
		0,18			0,36			0,54		
		$V_{CP}, \text{ м/с}$	$V_{CEK}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_{3АП}, \text{ с}$	$V_{CP}, \text{ м/с}$	$V_{CEK}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_{3АП}, \text{ с}$	$V_{CP}, \text{ м/с}$	$V_{CEK}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_{3АП}, \text{ с}$
4500×10^{-3}	0,18	$3,4 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-4}$	1315	$3,5 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	1295	$3,5 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$	1289
	0,27	$3,9 \times 10^{-3}$	$9,2 \times 10^{-4}$	1158	$3,9 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$	1141	$4,0 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$	1135

Расчитанные значения $t_{зан.}$ (табл. 1) близки к таковым, получаемым экспериментальным путем.

Литература

1. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. – М. – Л.: ИЛ, 1951. – 576с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. – М.: Гостехиздат, 1964. – 795с.
3. Милн – Томпсон Л. Теоретическая гидродинамика. – М.: Мир, 1964. – 655с.
4. Тарг С.Н. Основные задачи теории ламинарных течений. – М.: Гостехиздат, 1951.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. VI. Гидромеханика. – М.: Наука, 1988. – 736с.
6. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.: Химия, ленингр. отд-е, 1982. – 288с.