

Н.Д. ОРЛОВА, канд. техн. наук, доцент,
Одесская национальная морская академия, г. Одесса

ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ УПЛОТНЯЕМОЙ СМЕСИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ

У статті розглянуті питання розрахунку і порівняння вібраційної в'язкості матеріалів по теоретичних формулах і їх порівняння з експериментальними даними.

In the article the questions of calculation and comparison of oscillation viscosity of materials on theoretical formulas and their comparing are considered to experimental information.

Из многочисленных исследований [1, 2, 3, 4, 7], посвященных уплотнению смесей следует, что процесс уплотнения состоит из двух этапов: разрушение связей структуры смеси и переход смеси из связанной в не связанную и собственного уплотнения (или самоуплотнения). В дальнейшем будем рассматривать три вида смесей: сухая (твердые частицы и воздух), двухфазные (однородные твердые компоненты, воздух и жидкость), многофазная (неоднородные твердые компоненты, воздух и жидкость).

На первом этапе процесса уплотнения во всех смесях уменьшается количество воздуха, в двухфазных и многофазных до 2 – 3 % от общего объема.

На втором этапе свободные от связей твердые компоненты, кинетические единицы течения, под влиянием собственного веса или принудительных вибраций приходят в движение, результатом которого является уплотнение твердых частиц. В дальнейшем будем рассматривать сухие и двухфазные смеси. В двухфазных смесях выделим – дискретную упруго-вязко - пластическую (поры частично заполнены свободной жидкостью) и непрерывную (весь объем пор заполнен жидкостью). Реологические характеристики уплотняемой смеси (вязкость) и параметры вибрации взаимно связаны, поставим задачу получения физически обоснованных формул, позволяющих по реологии уплотняемой смеси выбрать оптимальный режим её уплотнения. Смесей уплотняемых вибрационным способом относятся [7] к малопрочным тиксотропным твердообразным структурам или к структурированным жидкостям, реологические кривые вязкости которых носят S-образный характер. Известно, что при вибрационном воздействии с постоянными параметрами вибра-

ции уплотняемые среды приобретают свойства ньютоновской жидкости [2, 6, 7] и полная реологическая кривая структурированных систем есть прямая. При переменных параметрах вибрации кривая разрушения надмолекулярных связей уплотняемой структуры носит S-образный характер. В условиях вибрационного поля в структурированной системе происходит разрушение связей и уменьшение вязкости (первая фаза длительностью T_1), затем осуществляется перемещение частиц в соответствии с вибрационным воздействием (вторая фаза длительностью T_2). Вязкость смеси при вибрационном воздействии зависит от времени наложения вибрационного поля, физико-механических свойств среды и параметров вибрации.

Допустим, что в статических условиях структура течет как структурированная жидкость (для большинства уплотняемых смесей это условие выполнено) с начальной вязкостью η_0 и конечной η_k .

Вязкость смеси, у которой надмолекулярные связи разрушены вибрационным воздействием, называют вибрационной вязкостью и обозначают η_b и вычисляют по формуле [7]

$$\eta_b = \eta_k \left(1 + \frac{\exp(-B_0 \omega^2)}{A_0^2} \right), \quad (1)$$

где: $A_0^2 = \frac{\eta_k (b^2 + a^2)}{(\eta_0 - \eta_k) \cdot b^2}$ $B_0 = \frac{M_b \Delta V}{g \cdot S \cdot k \cdot T}$; b – расстояние между кинетическими единицами течения; a – амплитуда относительных смещений кинетической единицы течения; ΔV – изменение объёма при наложении вибрационного поля; S – площадь соприкосновения рабочего органа вибромашины с обрабатываемой средой; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура; M_b – момент на валу вибровозбудителя.

Из (1) следует, что при $\omega = 0, a = 0 \Rightarrow \eta_b = \eta_0$, а при $\omega \rightarrow \infty, a = const \Rightarrow \eta_b = \eta_k$, значения величин A_0, B_0 так же как в [7] считаются постоянными и равными $A_0 = 0.327, B_0 = 0.745 \cdot 10^{-3}$.

В работе [1] для расчета вибрационной вязкости рекомендуется формула:

$$\eta_b = \eta_m + \frac{\alpha}{g}, \quad (2)$$

где – критерий интенсивности вибрирования и коэффициент тиксотропии соответственно; η_m – наименьшая вязкость структурированной жидкости.

На основе опытов в [1] принят критерий интенсивности виброштампования $\mathcal{G} = \frac{A_1 \omega^3}{h}$, где A_1 – амплитуда безотрывных колебаний бетонной смеси, h – высота до штампования. Формула для определения вибрационной вязкости имеет вид:

$$\eta_b = \eta_m + \frac{k_1}{\omega^3}, \quad (3)$$

экспериментальное значение $k_1 = 802 \cdot 10^7$.

Экспериментальные данные при $a = 0,25$ мм и конечной вязкости 54×10^3 пуаз (длинная пунктирная линия), расчетные значения по формулам (1) (сплошная линия) по (3) (короткая пунктирная линия) на рис. 1.

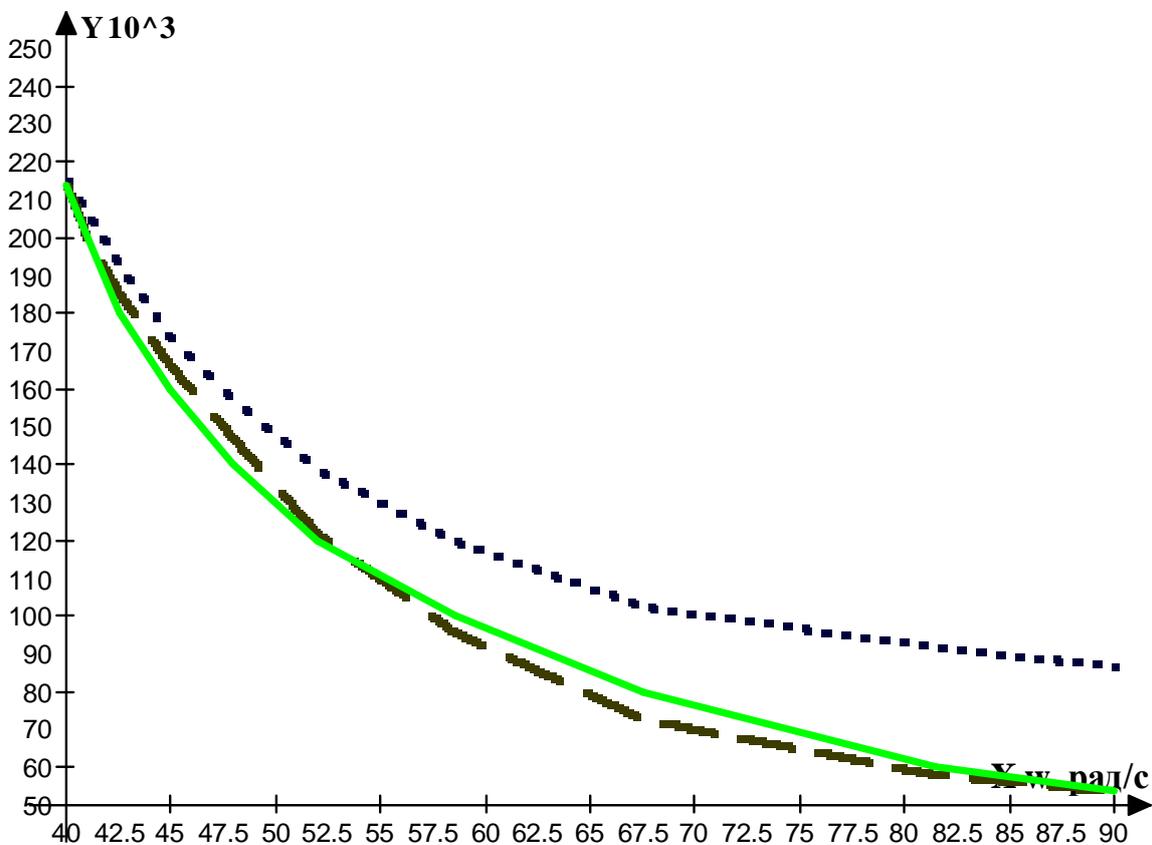


Рис. 1.

По экспериментальным и расчетным данным были определены виды регрессионных кривых при $a = 0,25$ мм, $\eta_e^3 = 555 \exp(-0.03\omega)$ – по экспериментальным данным; $\eta_b = 590 \exp(-0.03\omega)$ – по расчетным данным формулы (1) и $\eta_b = 390 \exp(-0.02\omega)$ по формуле (3). Аппроксимация экспериментальных данных при $a=0,25$ мм и конечной вязкости 54×10^3 пуаз (длинная пунктирная линия), значений по формулам (1) (сплошная линия) по (3) (короткая пунктирная линия) рис. 2.

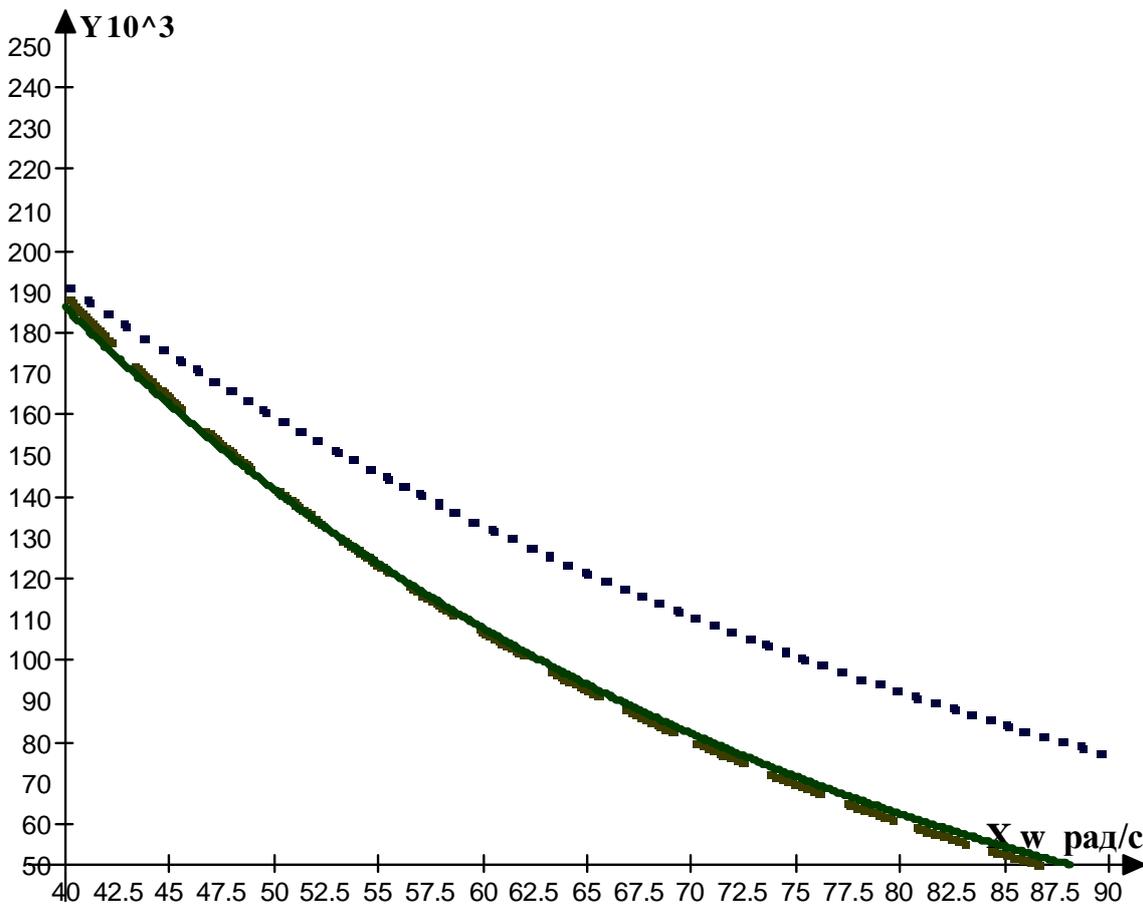


Рис. 2.

Экспериментальные данные при $a = 0,45$ мм и конечной вязкости 48×10^3 пуаз (длинная пунктирная линия), расчетные значения по формулам (1) (сплошная линия) по (3) (короткая пунктирная линия) на рис. 3

Виды регрессионных кривых при $a = 0,45$ мм, $\eta_e^3 = 280 \exp(-0.02\omega)$ – по экспериментальным данным; $\eta_b = 275 \exp(-0.02\omega)$ – по расчетным данным формула (1) и $\eta_b = 362 \exp(-0.02\omega)$ – по расчетным данным формулы (3).

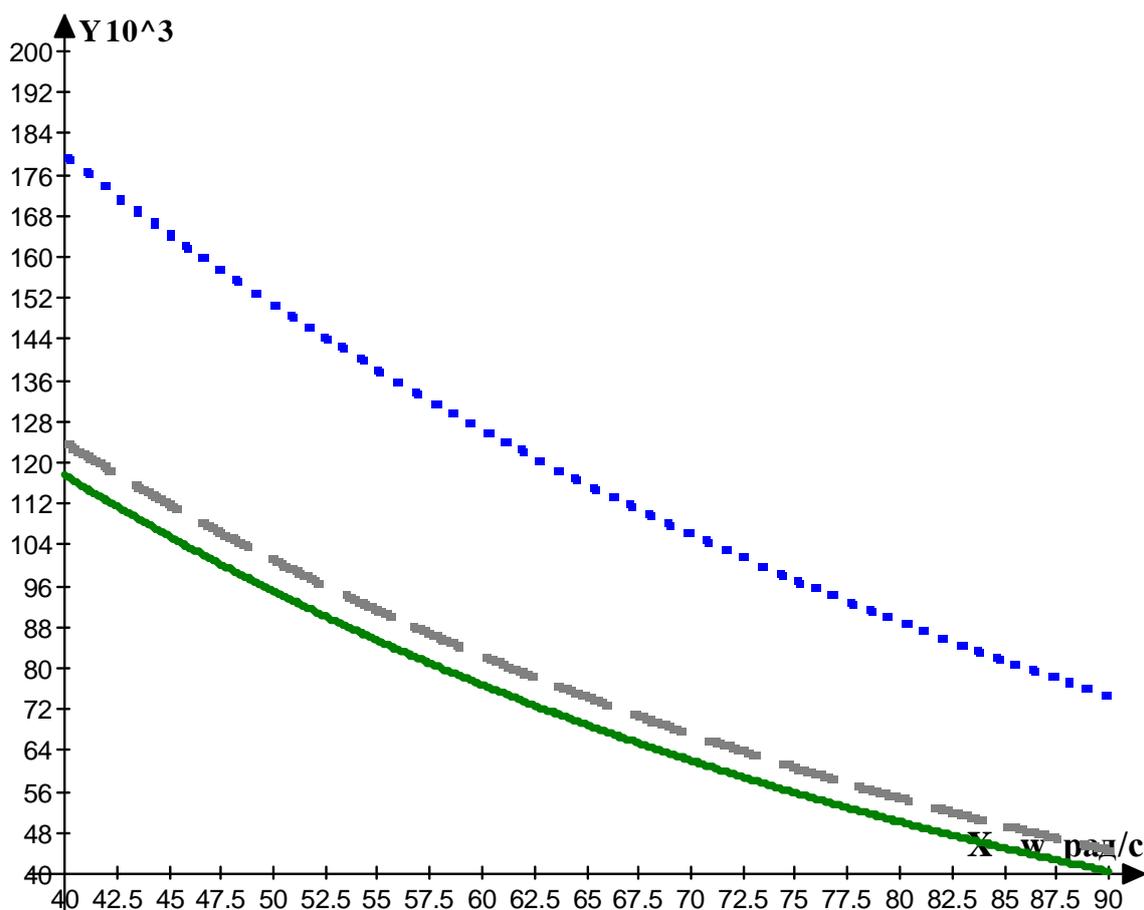


Рис. 3.

Аппроксимация экспериментальных данных при $a = 0,45$ мм и конечной вязкости 48×10^3 пуаз (длинная пунктирная линия), значений по формулам (1) (сплошная линия) по (3) (короткая пунктирная линия) рис. 4.

Из полученных зависимостей следует, что экспериментальные и расчетные данные формулы (1) практически совпадают для всех значений, $a = 0,25$ мм, $a = 0,45$ мм.

Зависимость вязкости, обрабатываемой в вибрационной машине среды, от параметров вибрации представленная формулами (1) и (3) позволяет рекомендовать их выбор из условия достижения минимума вязкости.

Рекомендуемая в [1] формула для вычисления вибрационной вязкости (3) менее точно описывает экспериментальные данные, нежели формула (1).

В теоретическом плане при сравнении формул (1) и (3) следует указать, на то, что в (3), критерий интенсивности \mathcal{Q} подобран на основе опытов.

Кроме того в (3) предполагается, что уплотняемая смесь в статических условиях течет как структурированная жидкость.

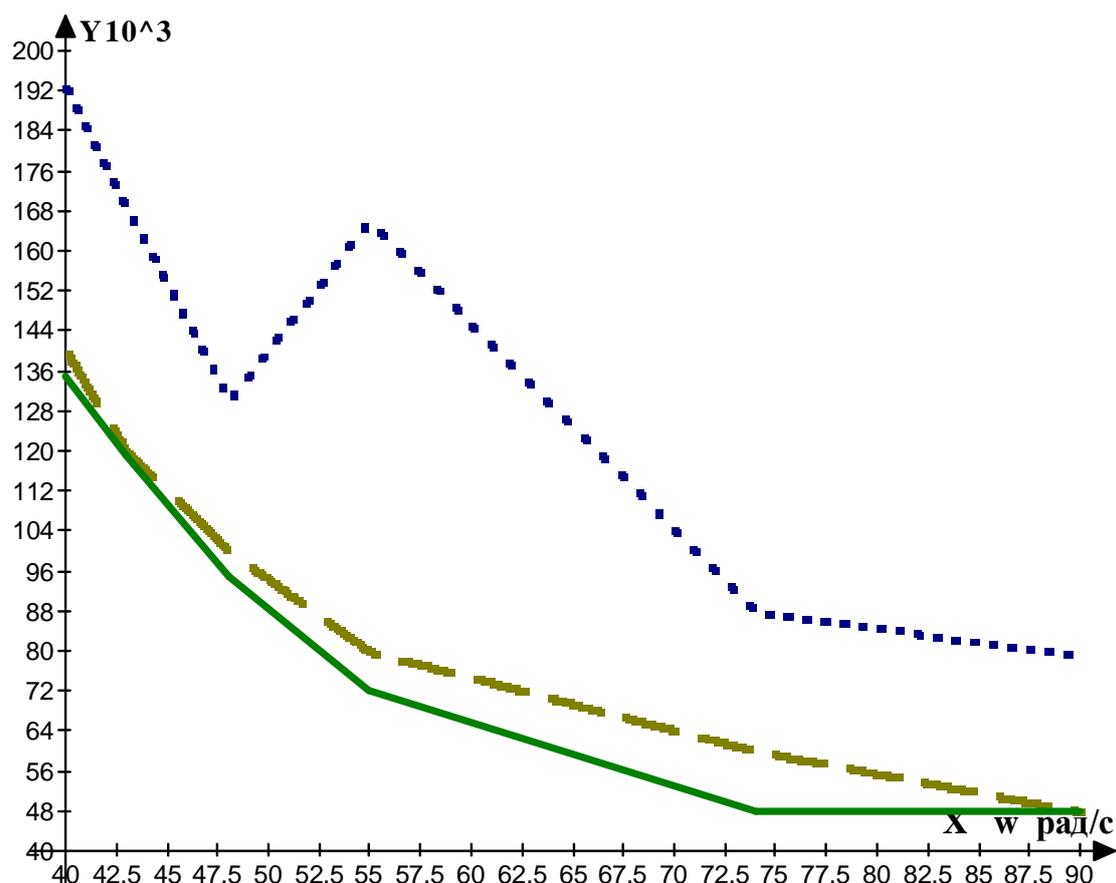


Рис. 4.

Формула (1) получена из предположения справедливости нормального закона распределения случайного взаимодействия между физическими материальными частицами в процессе вибрационного уплотнения и вероятно носит более общий характер. □

Список литературы: 1. Лертин Л. Проблемы технологии бетона / Л. Лертин. – М.: Стройиздат, 1959. – 165 с. 2. Миклошевский П.М. Вибрирование бетонной смеси / П.М. Миклошевский. – Волгоградстройиздат, 1937. – 127 с. 3. Курпьянов Е.М. Уплотнение насыпных грунтов / Е.М. Курпьянов. – М.: Стройиздат, 1966. – 175 с. 4. Шмигальский В.Н. Проблемы интенсификации повышения качества виброуплотнения бетонных смесей: атореф. дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук / В.Н. Шмигальский. – Новосибирск, 1968. – 35 с. 5. Баркан Д.Д. Виброметод в строительстве / Д.Д. Баркан. – М.: Стройиздат, 1966. – 194 с. 6. Н.В. Михайлов. Основные принципы новой технологии бетона и железобетона / Н.В. Михайлов. – М.: Госстройиздат, 1961. – 208 с. 7. Овчинников П.Ф. Виброреология / П.Ф. Овчинников. – К.: Наук. думка, 1983. – 270 с.

Поступила в редколлегию 20.08.10