

Более внимательное рассмотрение фиг. 2 показывает, что средние экспериментальные значения ординат линии $y = y(x)$ для штормового прибоя всюду, за исключением группы для первых трех значений абсциссы, отличаются от ординат для случая слабого прибоя на примерно постоянную величину. Поэтому, если сдвинуть вниз кривую для штормового прибоя, то она совпадает с кривой для слабого прибоя всюду, кроме указанных трех точек. Это расхождение объясняется следующим. В то время как при слабом прибое граница между омываемым и сухим участками берега очерчена весьма четко с изломом в линии поперечного профиля, при шторме эта граница более размыта. Это связано с тем, что величина нерегулярности штормового прибоя значительна, и край водяной пленки иногда заливаает гребень омываемого участка берега (точку $x = y = 0$) и сглаживает его, унося частицы гребня в фазе наката в глубь суши и уменьшая ординаты кривой $y = y(x)$ в окрестности точки $x = 0$.

Если такое перестроение произвести, то рассчитанная по предлагаемому методу кривая на фиг. 2 окажется выше средней экспериментальной. Можно, однако, добиться совпадения этих кривых незначительным изменением принятых выше значений ζ и C_x в разумных для этих величин пределах, т. е. соответствующим изменением масштабного множителя L и значения $\operatorname{tg} \alpha_{\infty}$.

Отметим еще, что построенные выше соотношения применимы для описания только участка берега, периодически осушаемого и вновь омываемого пленкой прибоя. Профиль участка берега, находящегося постоянно под водой, как показывают наблюдения, более крутой и наклонен примерно под углом естественного откоса. Таким образом, построенная выше кривая, начиная с места удара разрушающихся при подходе к берегу волн, уходя под воду, постепенно становится все более крутой и уже на глубине порядка 1 м идет под углом естественного откоса.

Координаты точек кривой $y = y(x)$ измерялись при помощи двух реек с рисками, горизонтирование рейки Ox производилось при помощи маски для подводного плавания, на стекло которой наливался небольшой объем воды, превращавший маску в уровень.

В проведении измерений принимали участие Л. С. Магазинер и В. М. Рыжик, расчеты выполнены Г. И. Иевлевой. Автор приносит им свою благодарность.

Поступила 29 XII 1964

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ УСТОЙЧИВОСТИ

В. И. Феодосьев (Москва)

В связи с часто возникающими в настоящее время рабочими дискуссиями по поводу устойчивости упругих систем со следящими силами нами была запрограммирована и решена следующая задача.

Тонкий упругий стержень совершает равноускоренное движение под действием следящей силы, приложенной к одному из торцов.

Дифференциальное уравнение упругой линии однородного стержня будет

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{P}{l} (l - x) \frac{\partial y}{\partial x} \right] + \rho F \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

Полагая $y = X e^{i\Omega t}$ и переходя к безразмерной форме получим

$$\eta^{IV} + \beta [(1 - \zeta) \eta]' - \omega^2 \eta = 0$$

Здесь

$$\beta = \frac{Pl^2}{EI}, \quad \omega^2 = \frac{\rho Fl^4}{EI} \Omega^2, \quad \zeta = \frac{x}{l}, \quad \eta = \frac{X}{l}$$

Граничные условия

$$\eta'' = 0, \quad \eta''' = 0, \quad \text{при } \zeta = 0; \quad \eta'' = 0, \quad \eta''' = 0 \quad \text{при } \zeta = 1$$

Решение ищем в виде ряда

$$\eta = A_0 + A_1 \zeta + A_2 \zeta^2 + A_3 \zeta^3 + \dots$$

По условиям на концах

$$A_2 = A_3 = 0, \quad \sum A_n n(n-1)(n-2) = 0, \quad \sum A_n n(n-1) = 0 \quad (1)$$

для определения членов ряда имеем рекуррентную формулу

$$A_n = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \{ \omega^2 A_{n-4} + \beta [A_{n-3}(n-3)^2 - A_{n-2}(n-2)(n-3)] \}$$

Постоянные A_0 и A_1 остаются неопределенными. Они входят линейно в выражения (1), которые можно переписать в виде

$$K_0 A_0 + K_1 A_1 = 0, \quad L_0 A_0 + L_1 A_1 = 0$$

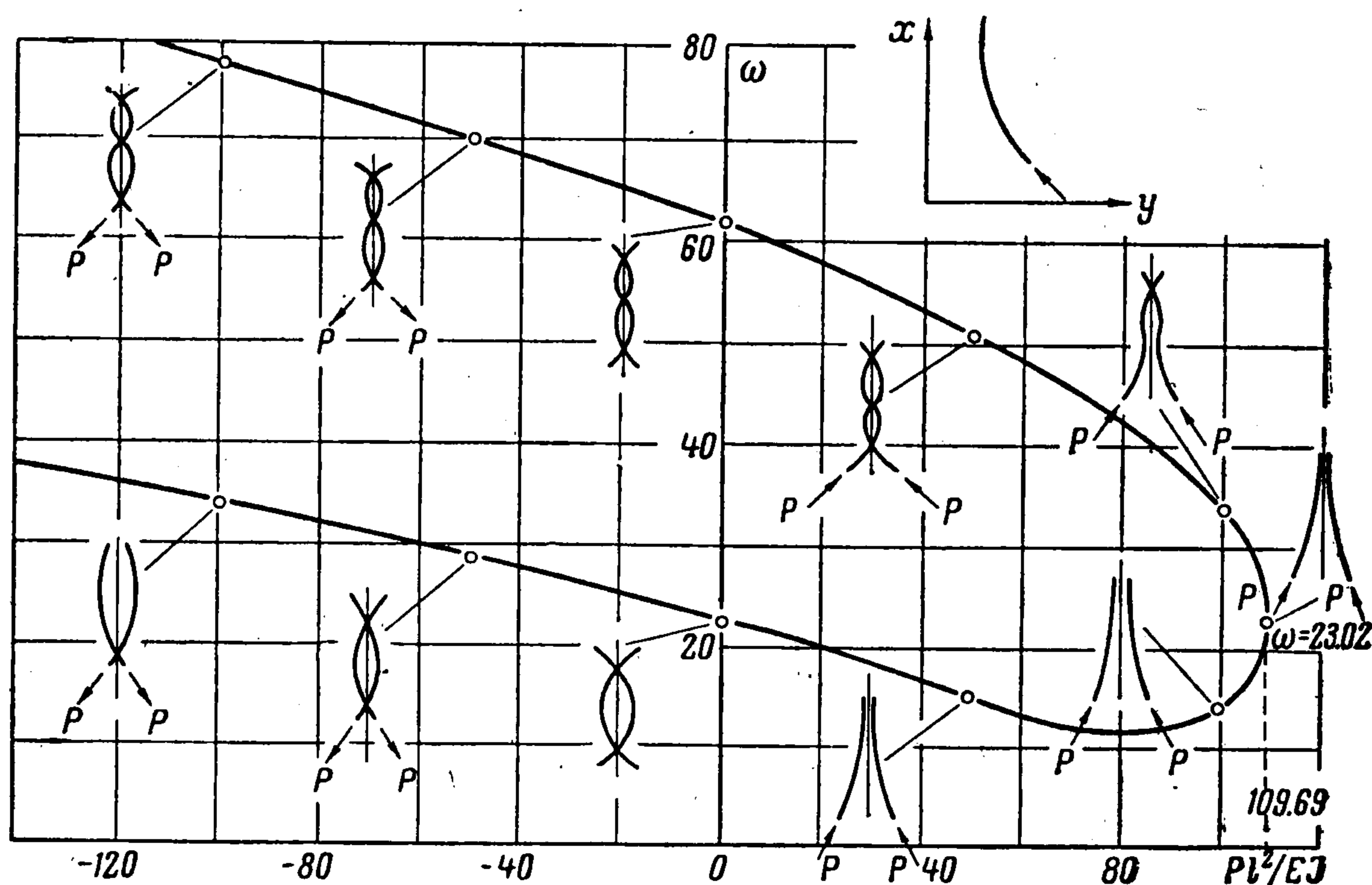
Условие существования ненулевых решений

$$K_0 L_1 - K_1 L_0 = 0$$

Алгоритм решения был реализован на БЭЦМ для 60 членов ряда. При всех значениях параметра β величина последнего члена ряда оказывается меньше машинного нуля, т. е. $A_{60} < 10^{-19}$ при $A_0 = 1, A_1 = 1$. Полученные результаты представлены на фигуре. Критическое состояние наступает при значении

$$P_* = \frac{109.69 EI}{l^2}$$

Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к колебательной форме движения с нарастающей амплитудой.



На фигуре показаны формы колебаний стержня для различных значений силы P . Приближенное решение, полученное ранее К. Н. Гопаком, давало

$$P_* = \frac{90 EI}{l^2}$$

Поступила 2 XII 1964

ЛИТЕРАТУРА

1. Г о п а к К. Н. Потеря устойчивости свободным стержнем, ускоренно движущимся под действием следящей силы. Изв. АН СССР, ОТН, Механика и машиностроение, 1960, № 4.