

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Т. Т. Аракелян

Деформация неразрезных балок на оседающих  
 во времени опорах

Условия прочности и жесткости неразрезных балок, часто применяемых в речном и морском гидротехническом строительстве, целиком определяются нестабилизированным состоянием податливого грунта основания [1].

Иногда в основании опор залегают водонасыщенные слабые илистые грунты небольшой (по сравнению с размерами сооружения) мощности со слабо выраженным явлением ползучести скелета грунта. Известно, что уплотнение такого грунта при нагружении можно характеризовать одномерной фильтрационной консолидацией [2]. При этом величину осадок (вертикальные перемещения) опор и весь расчет неразрезных балок можно получить на основе общего соотношения Флорина—Арутюняна [3].

Для упомянутого случая ниже приводится общее выражение для деформаций неразрезных балок. Определение последних необходимо для оценки величины и неравномерности осадок, а также для проектирования компенсирующих устройств [4].

1. *Общее уравнение изогнутой оси балки.* Рассматривается плоский изгиб призматической упругой неразрезной балки, лежащей на опорах с уплотняющимися во времени основаниями.

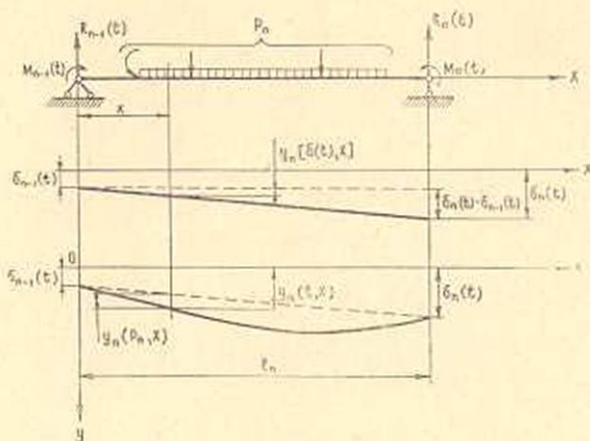
Как известно, после составления и решения системы интегральных уравнений пяти моментов [1], определяются все неизвестные опорные моменты в зависимости от некоторых характеристик, в том числе и от времени  $t$ . В число действующих сил основной системы  $n$ -го пролета (фиг. 1) входят уже известные опорные моменты  $M_{n-1}(t)$  и  $M_n(t)$ .

Расположив координатные оси согласно фиг. 1, обозначим прогиб в точке  $x$  оси балки, вызываемый действием внешних сил и определяемый обычными методами строительной механики, через  $y_n(P_n, x)$ . Прогибы той же точки, обусловленные воздействиями опорных моментов, представляется в виде

$$y_n[M_{n-1}(t), x] = \frac{M_{n-1}(t)}{6EJ} (l_n - x) \left[ l_n - \frac{(l_n - x)^2}{l_n} \right], \quad (1.1)$$

$$y_n[M_n(t), x] = \frac{M_n(t)}{6EJ} x \left( l_n - \frac{x^2}{l_n} \right), \quad (1.2)$$

где  $EJ$ —изгибная жесткость балки.



Фиг. 1.

Для прогиба той же точки, возникающего вследствие осадки опор, согласно фиг. 1 получим выражение

$$y_n[\delta(t), x] = [\delta_n(t) - \delta_{n-1}(t)] \frac{x}{l_n}. \quad (1.3)$$

Исходя из (1.1), (1.2) и (1.3), суммарный прогиб точки  $x$  будет

$$y_n(t, x) = y_n(P_n, x) + \frac{M_{n-1}(t)}{6EJ} \left[ l_n - \frac{(l_n - x)^2}{l_n} \right] (l_n - x) + \frac{M_n(t)}{6EJ} \left( l_n - \frac{x^2}{l_n} \right) x + [\delta_n(t) - \delta_{n-1}(t)] \frac{x}{l_n} + \delta_{n-1}(t). \quad (1.4)$$

В этом общем уравнении изогнутой оси неразрезной балки все величины известны, кроме  $\delta_n(t)$  и  $\delta_{n-1}(t)$ . Для определения последних используется известное общее выражение опорного момента для упомянутого случая основания опор [1]

$$M_n(t) = \frac{\beta_1 + \beta_2}{1 + b_n} - 2(\beta_2 - b_n \beta_1) \sum_{a=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_a t)}{b_n + b_n^2 + \lambda_a^2}. \quad (1.5)$$

Здесь

$\beta_1$  и  $\beta_2$ —коэффициенты, зависящие от нагрузок и некоторых характеристик данной неразрезной балки и основания опор,

$b_n$ —безразмерный коэффициент, зависящий от характеристик балки и основания опор,

$\lambda_a$ —корни трансцендентного уравнения

$$\operatorname{tg} \lambda = -\frac{\lambda}{b},$$

$$r_n = \frac{\lambda_n^2}{a_n^2}, \quad a_n = \frac{H_n}{2\sqrt{c_n}}$$

$H_n$ —мощность податливого грунта основания  $n$ -ой опоры балки,  
 $c_n$ —коэффициент консолидации грунта основания  $n$ -ой опоры.

Реакция  $n$ -ой опоры (фиг. 1) будет

$$R_n(t) = R_n^0 + \frac{M_{n+1}(t) - M_n(t)}{l_{n+1}} - \frac{M_n(t) - M_{n-1}(t)}{l_n} \quad (1.6)$$

Все опорные моменты любой неразрезной балки выражаются функциями времени типа (1.5). Поэтому, без ущерба общности решения поставленной задачи, можно полагать, что остальные опорные моменты, кроме  $M_n(t)$ , равны нулю. Тогда соотношение (1.6) запишется в виде

$$R_n(t) = R_n^0 - \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) M_n(t),$$

где

$R_n^0$ —реакция опоры  $n$ , вызванная в основной системе от заданной внешней нагрузки, расположенной на пролетах  $l_n$  и  $l_{n+1}$ .

Внося сюда из (1.5) значение  $M_n(t)$ , получаем

$$R_n(t) = A + B \sum_{n=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_n t)}{b_n + b_n^2 + \lambda_n^2}, \quad (1.7)$$

где

$$A = R_n^0 - \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) \cdot \frac{\beta_1 + \beta_2}{1 + b_n}, \quad (1.8)$$

$$B = 2 \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) (\beta - b_n \beta_1).$$

Внося (1.7) в общее выражение осадки грунтового основания Флорина—Арутюняна [3], будем иметь

$$\delta_n(t) = \frac{8k_n}{\Delta H_0 F_n} \int_0^t R_n(\xi) \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \exp[-v^2 \bar{\tau}_n(t-\xi)] d\xi + \delta_n^0, \quad (1.9)$$

где

$$\bar{\tau}_n = \left( \frac{\pi}{H_n} \right)^2 c_n,$$

$k_n$ —средне-приведенный коэффициент фильтрации грунта основания  $n$ -ой опоры,

$F_n$ —площадь основания  $n$ -ой опоры,

$\delta_n^0$ —упруго-мгновенная осадка  $n$ -ой опоры неразрезной балки,

$\Delta$ —объемный вес фильтруемой воды.

Из (1.9) и (1.7) следует

$$\delta_n(t) = \frac{8Ak_n}{\Delta H_n F_n} \int_0^t \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \exp[-v^2 \gamma_n(t-\xi)] d\xi + \\ + \frac{8Bk_n}{\Delta H_n F_n} \int_0^t \sum_{\mu=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_\mu t)}{b_n + b_n^2 + \lambda_\mu^2} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \exp[-v^2 \gamma_n(t-\xi)] d\xi + \delta_n^0.$$

Введем дополнительные обозначения

$$N_1 = \frac{Ak_n H_n}{\Delta c_n F_n}, \quad N_2 = \frac{8Bk_n}{\Delta H_n F_n} \quad (1.10)$$

и имея в виду значение первого интеграла

$$\int_0^t \exp[-v^2 \gamma_n(t-\xi)] d\xi = \frac{H_n^2}{8c_n} \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma_n t)}{v^2} \right],$$

будем иметь

$$\delta_n(t) = N_1 \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma_n t)}{v^2} \right] + \\ + N_2 \int_0^t \sum_{\mu=1,2,\dots}^{\infty} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_\mu \xi) \cdot \exp[-v^2 \gamma_n(t-\xi)]}{b_n + b_n^2 + \lambda_\mu^2} d\xi + \delta_n^0. \quad (1.11)$$

Подинтегральный двойной ряд абсолютно и равномерно сходится в интервале  $t > \xi > 0$ . Следовательно, допустимо почленное интегрирование такого функционального ряда. Таким образом, получаем

$$\delta_n(t) = N_1 \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma_n t)}{v^2} \right] - \\ - N_2 \sum_{\mu=1,2,\dots}^{\infty} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_\mu t) - \exp(-v^2 \gamma_n t)}{(b_n + b_n^2 + \lambda_\mu^2)(r_\mu - v^2 \gamma_n)} + \delta_n^0. \quad (1.12)$$

Учитывая, что

$$\sum_{\mu=1,2,\dots}^{\infty} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_\mu t)}{(b_n + b_n^2 + \lambda_\mu^2)(r_\mu - v^2 \gamma_n)} = \\ = \frac{1}{\gamma_n} \sum_{\mu=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_\mu t)}{b_n + b_n^2 + \lambda_\mu^2} \sum_{\nu=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{v^2 - \frac{r_\mu}{\gamma_n}},$$

а [5]

$$\sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{v^2 - \left(\sqrt{\frac{r_u}{\gamma_n}}\right)^2} = \frac{\pi}{4\sqrt{\frac{r_u}{\gamma_n}}} \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{r_u}{\gamma_n}},$$

получим

$$\begin{aligned} & \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t)}{(b_n + b_n^2 + \lambda_u^2)(r_u - v^2 \gamma_n)} = \\ & = \frac{\pi}{4\sqrt{\gamma_n}} \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t) \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{r_u}{\gamma_n}}}{(b_n + b_n^2 + \lambda_u^2) \sqrt{r_u}}. \end{aligned} \quad (1.13)$$

Ограничиваясь рассмотрением случая, когда суммой оставшегося двойного ряда можно пренебречь по сравнению с другими слагаемыми соотношения (1.13), получим

$$\begin{aligned} \delta_n(t) = N_1 & \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma_n t)}{v^2} \right] + \\ & + \frac{N_2 \pi}{4\sqrt{\gamma_n}} \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t) \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{r_u}{\gamma_n}}}{(b_n + b_n^2 + \lambda_u^2) \sqrt{r_u}} + \delta_n^0. \end{aligned} \quad (1.14)$$

Высокая степень сходимости рядов, аппроксимирующих величину осадки согласно соотношению (1.14), дает возможность в практических расчетах ограничиться 2–3 членами этого разложения. Таким образом, по (1.14) нетрудно определить прогиб оси балки в произвольной точке в любой момент времени, а, следовательно, проверить условие жесткости в опасный момент эксплуатации, т. е. прогнозировать эту опасность и устранить ее предварительно разработанными конструктивными мероприятиями [4].

Из соотношений (1.14) и (1.11) следует, что  $\delta_n(t)$  получает максимальное значение при  $t \rightarrow \infty$ , а минимальное значение при  $t=0$ , т. е.

$$\delta_n(\infty) = N_1 + \delta_n^0 = \frac{k_n H_n}{\Delta c_n F_n} \left[ R_n^0 - \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) \cdot \frac{\beta_1 + \beta_2}{1 + b_n} \right] + \delta_n^0, \quad (1.15)$$

$$\delta_n(0) = \delta_n^0. \quad (1.16)$$

Нахождение максимального прогиба по пролету  $l_n$  согласно соотношению (1.4) сводится к определению максимума функции двух независимых переменных  $x$  и  $t$ . При этом может случиться, что

$$y_n(t_1, x_1)_{\max} > y_n(\infty, x_2).$$

Имея в виду фиг. 1, поперечные силы и изгибающие моменты в сечениях пролета  $l_n$  определяются формулами

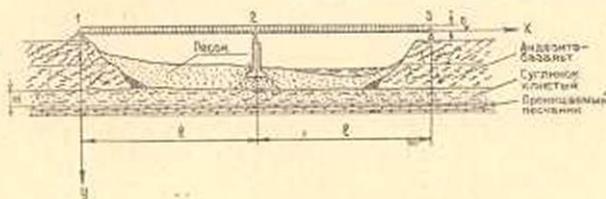
$$Q(t, x)_n = Q_0(x)_n + \frac{M_n(t) - M_{n-1}(t)}{l_n} \quad (1.17)$$

$$M(t, x)_n = M_0(x)_n + \frac{(l_n - x) M_{n-1}(t) + x M_n(t)}{l_n},$$

где

$Q_0(x)_n$  и  $M_0(x)_n$  — величины поперечной силы и изгибающего момента в сечении  $n$ -го пролета основной системы.

2. *Пример.* Рассмотрим двухпролетную неразрезную балку, средняя опора которой расположена на водонасыщенном илистом грунте, а крайние опоры — на несжимаемом скальном основании (фиг. 2).



Фиг. 2.

Пусть в некоторый момент времени к балке была приложена равномерно распределенная нагрузка с интенсивностью  $q$ .

Расчетные данные неразрезной балки и физико-механические показатели грунта основания средней опоры следующие: расчетные пролеты  $l_1 = l_2 = l = 3 \cdot 10^4$  см, площадь основания средней опоры  $F = 49 \cdot 10^4$  см<sup>2</sup>, изгибная жесткость балки  $EJ = 9 \cdot 10^{13}$  кг·см<sup>2</sup>, интенсивность внешней нагрузки  $q = 131 \frac{\text{кг}}{\text{см}}$ , объемный вес фильтруемой воды  $\Delta = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$ , коэффициент фильтрации грунта основания  $k = 2,2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ , средний коэффициент пористости грунта основания  $\varepsilon = 1,368$ , мощность слоя податливого грунта основания  $H = 4 \cdot 10^2$  мм, коэффициент уплотнения грунта основания  $\alpha^0 = 0,206 \frac{\text{см}^2}{\text{кг}}$ . Коэффициент консолидации грунта основания будет

$$\frac{k(1 + \varepsilon)}{\Delta \alpha^0} = 0,253 \cdot 10^{-2} \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$$

Заметив, что для исследуемой неразрезной балки крайние опорные моменты равны нулю

$$M_1(t) = 0$$

$$M_2(t) = 0$$

(2.1)

и обозначив

$$M_2(t) = M(t),$$

интегральное уравнение пяти моментов представим в виде интегрального уравнения Вольтерра [1]

$$M(t) = \beta_1 + \beta_2 \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma t)}{v^2} \right] - \beta \int_0^t M(\xi) [\theta_3[0, (t-\xi)] - \theta_3[0, 4(t-\xi)]] d\xi, \quad (2.2)$$

где

$$\beta = \frac{36EJk}{\Delta H F l^3}, \quad \beta_1 = -\frac{q l^2}{8}, \quad \beta_2 = \frac{3EJkHR^0}{\Delta c F l^2}, \quad \gamma = \left(\frac{\pi}{H}\right)^2 c, \quad (2.3)$$

а  $\theta_3[0, (t-\xi)]$  и  $\theta_3[0, 4(t-\xi)]$  — являются Тета-функциями Якоби.

Решением уравнения (2.2) будет [1]

$$M(t) = \frac{\beta_1 + \beta_2}{1+b} - 2(\beta_2 - b\beta_1) \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{b + \cos^2 \lambda_u} \right) \exp(-r_u t), \quad (2.4)$$

где

$$b = \frac{3H^2}{8c} = \frac{9EJHk}{2\Delta c F l^2}, \quad r_u = \frac{\lambda_u^2}{a^2}, \quad a = \frac{H}{2Vc}, \quad (2.5)$$

$\lambda_u$  — корни трансцендентного уравнения

$$\operatorname{tg} \lambda = -\frac{\lambda}{b}. \quad (2.6)$$

Из (2.6) следует

$$\cos^2 \lambda_u = \frac{b^2}{b^2 + \lambda_u^2}. \quad (2.7)$$

Внося (2.7) в (2.4), найдем окончательное выражение опорного момента

$$M(t) = \frac{\beta_1 + \beta_2}{1+b} - 2(\beta_2 - b\beta_1) \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t)}{b + b^2 + \lambda_u^2}, \quad (2.8)$$

которое, как и следовало ожидать, полностью совпадает с (1.5).

Корни известного трансцендентного уравнения (2.6) табулированы в [6], аппроксимированы аналитическими соотношениями в [3] и [1] и легко могут определяться графически.

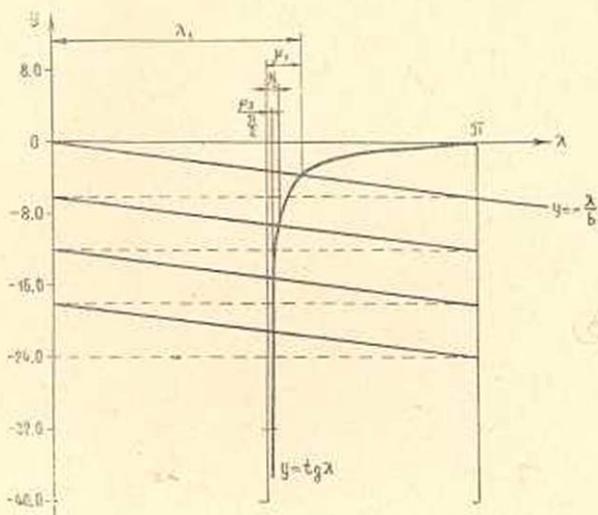
Зная, что [3]

$$\lambda_u = (2u-1) \frac{\pi}{2} + \nu_u,$$

для определения  $\nu_u$  необходимо установить абсциссы точек пересечения прямой  $Y = -\frac{\lambda}{b}$  с тангенсойдой  $Y = \operatorname{tg} \lambda$ .

При этом целесообразно построить только нижнюю половину второй ветви тангенсоиды, от  $-\infty$  до пересечения с осью  $\lambda$ . Прямую же  $Y = -\frac{\lambda}{b}$  следует строить отрезками между прямыми  $\lambda = 0$  и  $\lambda = \pi$ , как это показано на фиг. 3.

Согласно (1.4), (1.14), фиг. 2 и в силу того, что для исследуемой неразрезной балки



Фиг. 3.

$$\delta_{n-1}(t) = \delta_1(t) = 0, \quad \delta_n(t) = \delta_2(t) = \delta(t),$$

$$y_n(P_n, x) = y_2(q, x) = y(q, x) = \frac{ql^3x}{24EJ} \left( 1 - \frac{2x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right),$$

$$y_n(t, x) = y_2(t, x) = y(t, x),$$

уравнение изогнутой оси первого пролета представится в виде

$$y(t, x) = \frac{ql^3x}{24EJ} \left( 1 - \frac{2x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right) + \frac{x}{6EJ} \left( l - \frac{x^2}{l} \right) \left[ \frac{\beta_1 + \beta_2}{1+b} - 2(\beta_2 - b\beta_1) \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t)}{b + b^2 + \lambda_u^2} \right] + \frac{N_1 x}{l} \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma t)}{v^2} \right] + \frac{\pi N_2 x}{4lV\gamma} \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t) \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{r_u}{\gamma}}}{(b + b^2 + \lambda_u^2) V r_u}, \quad (2.9)$$

где

$$N_1 = \frac{kH}{\Delta cF} \left[ R^0 - \frac{2(\beta_1 + \beta_2)}{l(1+b)} \right], \quad N_2 = \frac{32k}{\Delta HFl} (\beta_2 - b\beta_1), \quad (2.10)$$

$R^0$  — реакция средней опоры в основной системе

$$R_0 = ql.$$

В рассматриваемом примере упруго-мгновенная осадка средней опоры  $\delta^0$  под воздействием собственного веса балки и массивной опоры уже в основном имела место до приложения нагрузки  $q$ . В силу этого, эта величина не участвует в выражении (2.9).

Прогиб балки в середине пролета согласно (2.9) будет равен

$$y\left(t, \frac{l}{2}\right) = \frac{5ql^4}{384EJ} + \frac{(\beta_1 + \beta_2)l^2}{16EJ(1+b)} + \frac{N_1}{2} \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_v t)}{v^2} \right] - \frac{(\beta_2 - b\beta_1)}{8EJ} \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-r_u t)}{b + b^2 + \lambda_u^2} \left[ 1 - \frac{\pi N_2 EJ}{(\beta_2 - b\beta_1) l^2 V \sqrt{r_u}} \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{r_u}{\gamma}} \right]. \quad (2.11)$$

При  $t=0$  и  $t \rightarrow \infty$  на основе (1.11) из (2.11) находим

$$y\left(0, \frac{l}{2}\right) = \frac{5ql^4}{384EJ} + \frac{\beta_1 l^2}{16EJ}, \quad (2.12)$$

$$y\left(\infty, \frac{l}{2}\right) = \frac{5ql^4}{384EJ} + \frac{l^2}{16EJ} \cdot \frac{\beta_1 + \beta_2}{1+b} + \frac{N_1}{2}. \quad (2.13)$$

Исходя из вышеприведенных числовых данных, получаем

$$R^0 = 3,93 \cdot 10^5 \text{ кг},$$

$$b = 1,06,$$

$$\beta_1 = -14,75 \cdot 10^7 \text{ кг. см},$$

$$\gamma = 0,253 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{сек}},$$

$$\beta_2 = 84,00 \cdot 10^7 \text{ кг. см},$$

$$a^0 = 3970 \text{ сек}^{\frac{1}{2}},$$

$$\lambda_1 = 2,049,$$

$$\lambda_2 = 4,924,$$

$$y\left(0, \frac{l}{2}\right) = 0,614 \text{ см},$$

$$\lambda_3 = 8,051,$$

$$\lambda_4 = 11,091,$$

$$y\left(\infty, \frac{l}{2}\right) = 9,520 \text{ см}.$$

По этим данным легко установить абсолютную погрешность величины прогиба или сумму двойного ряда, исключенного из выражения (1.12). Обозначив

$$s(t) = \frac{\pi N_2}{8\gamma} \sum_{u=1,2,\dots}^{\infty} \sum_{v=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\exp(-v^2 \gamma t)}{(b + b^2 + \lambda_u^2)(r_u - v^2 \gamma)}, \quad (2.14)$$

при  $t_1 = 1$  дню = 86400 сек. и  $t_2 = 7$  дням = 604800 сек. для прогиба (см) в середине пролета получим

$$y\left(t_1, \frac{l}{2}\right) = 6,66 + s(t_1) = 6,66 + 0,80 \cdot 10^{-4},$$

$$y\left(t_2, \frac{l}{2}\right) = 7,96 + s(t_2) = 7,96 + 0,24 \cdot 10^{-7}.$$

Эти результаты показывают, что в рассмотренном случае сумма ряда (2.14) в значении прогиба не играет заметной роли, поэтому игнорирование его в общем выражении осадки опор (1.12) с целью упрощения расчетов допустимо.

Пользуясь формулой (2.11), вычисляется изменение  $y\left(t, \frac{l}{2}\right)$  для различных моментов времени:

Изменение  $y\left(t, \frac{l}{2}\right)$  во времени

$t$	0	1 день	7 дней	3 месяца	1 год	$\infty$
$\frac{y\left(t, \frac{l}{2}\right)}{y\left(0, \frac{l}{2}\right)}$	1,00	10,86	12,93	15,43	15,50	15,52

Из таблицы видно, что прогиб  $y\left(t, \frac{l}{2}\right)$  резко возрастает от начального значения  $y\left(0, \frac{l}{2}\right)$ , асимптотически приближаясь к предельному значению  $y\left(\infty, \frac{l}{2}\right)$ .

Приведенный метод расчета деформации неразрезных балок на оседающих во времени опорах легко применить к любому частному случаю.

Институт математики и механики  
АН Армянской ССР

Поступила 22 VI 1962

Թ. Տ. Արակելյան

## ԺԱՄԱՆԱԿԻ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ ՆՍՏՈՂ ՀԵՆԱՐԱՆՆԵՐՈՎ ԱՆԻՁԵԼԻ ՀԵԾԱՆՆԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՆ

Ա. Մ. Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Դեկտային և մոլոմինյա հիդրոտեխնիկական կառույցներում օգտագործվող ամխաղկի հեծանների հեծարանների հիմնատակը հաճախ կազմում են ջրով հարկցած, ախղմային թույլ գրունտներ:

Այսպիսի գրունտների վրա, երբ կառույցի ճնշումը տարածվում է գրունտի շերտի հաստութան համեմատությամբ մեծ չափեր ունեցող մակերևաներով, ապա հիմնատակի նստվածքները օրոշվում են դժային ֆիլտրացիան կոնսոլիդացիայով:

Նշված դեպքի համար արտածվում են առաձգական պրիդմատիկ անխզելի հեծանի դեֆորմացիաների ընդհանուր հավասարումները՝ կախված ինչպես ժամանակից, ախպես էլ անխզելի հեծանի ու նրա հենարանների հիմնատակերի զրուհատի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկանիշներից:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аракелян Т. Т. Расчет неразрезных балок со смещающимися во времени опорами. Юбилейный сборник научных трудов Ереванского политехнического института им. К. Маркса. Ереван, 1960.
2. Флорин В. А. Основы механики грунтов, II том. Госстройиздат, Л.—М., 1961.
3. Арутюнян Н. Х. Некоторые вопросы теории ползучести. Гостехиздат, М.—Л., 1952.
4. Полонский Г. А. Сооружение акведука. Гидротехническое строительство, № 8, 1949.
5. Рыжик И. М. и Градштейн И. С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. Гостехиздат, М.—Л., 1951.
6. Будаев Б. М., Самарский А. А., Тихонов А. Н. Сборник задач по математической физике. Гостехиздат, М.—Л., 1956.