3 **Ворович, И. И.** Неклассические смешанные задачи теории упругости / И. И. Ворович, В. М. Александров, В. А. Бабешко.– М. : Наука, 1974. – 456 с.
4 **Коган, Б. И.** Напряжения и деформации многослойных покрытий / Б. И. Коган // Тр. ХАДИ, 1953. – Вып. 14. – С. 33–46.
5 СНиП 2.02.01–83. – М. : Госстройиздат, 1985. – 40 с.
6 **Босаков, С. В.** Об одной модели упругого основания и ее использовании для расчета прямоугольной плиты на упругом основании / С. В. Босаков, С. И. Зиневич, О. В. Козунова // НТЖ «Строительная механика и расчет сооружений». – № 4. – М., 2018.
7 **Жемочкин, Б. Н.** Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синицын. – М. : Стройиздат, 1962. – 239 с.
8 **Ржаницын, А. Р.** Строительная механика / А. Р. Ржаницын. – М. : Высш. шк., 1991. – 439 с.
9 **Абрамовиц, М.** Справочник по специальным функциям / М. Абрамовиц, И. Стиган. – М. : Наука, 1979. – 832 с.
10 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.

УДК 539.3

РАСЧЕТ СБОРНОЙ ДОРОЖНОЙ ПЛИТЫ ТРЕУГОЛЬНОГО ОЧЕРТАНИЯ

С. В. БОСАКОВ, П. Д. СКАЧЁК
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При проектировании дорожного полотна применяются в основном плиты прямоугольного в плане очертания, расчет которых, а в частности определение напряженно-деформированного состояния изучен достаточно полно. В участках сопряжения или разветвления нескольких дорожных полотен возникают треугольные в плане конструкции дорожных плит, и расчет их ведется с учетом принятой модели основания. Существует множество моделей оснований. В данной статье рассматривается линейно-упругое основание в форме бесконечного упругого изотропного полупространства. Данная модель характеризуется принципом суперпозиции действия сил и пропорциональностью нагрузки и возникающих в основании перемещений. Задача расчета плит на упругом основании состоит в определении не только контактных напряжений, но и НДС самой плиты. По этой причине на конечный результат влияет также и принятая функция прогибов данной плиты, удовлетворяющая граничным условиям.

В данной статье рассматривается расчет треугольной дорожной плиты способом профессора Б. Н. Жемочкина [1, 2]. Суть его заключается в следующем. Треугольная плита (рисунок 1) разбивается на прямоугольные и треугольные участки (участки Жемочкина).

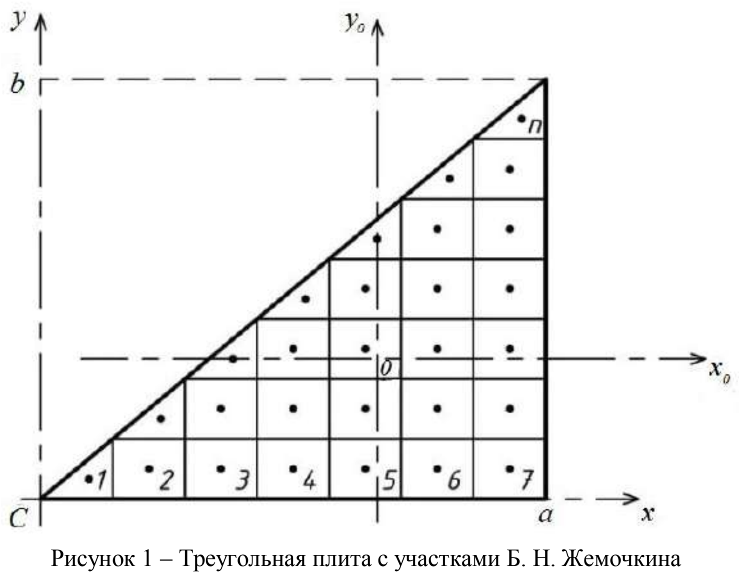

Рисунок 1 – Треугольная плита с участками Б. Н. Жемочкина

В центре тяжести каждого участка ставятся вертикальные жесткие связи, посредством которых осуществляется контакт плиты с основанием. Предполагается, что усилие $x_1, x_2, ..., x_n$ в каждой связи вызывает равномерное распределение реактивных давлений в пределах каждого участка. К тому же, в центре тяжести самой плиты вводится условное защемление, препятствующее вертикальному перемещению u_0 и поворотам относительно координатных осей φ_{0x}, φ_{0x}. В результате получаем статически неопределимую систему, решаемую смешанным методом строительной механики. Поэтому составляется система канонических уравнений:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \ldots + \delta_{1n}X_n + u_0 + \varphi_{0x}y_i + \varphi_{0y}x_i + \Delta_{1p} = 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \ldots + \delta_{2n}X_n + u_0 + \varphi_{0x}y_i + \varphi_{0y}x_i + \Delta_{2p} = 0; \\ \ldots \\ \delta_{n1}X_1 + \delta_{n2}X_2 + \ldots + \delta_{nn}X_n + u_0 + \varphi_{0x}y_i + \varphi_{0y}x_i + \Delta_{np} = 0; \\ -\sum_{k=1}^{n} X_k y_k + M_{px} = 0, -\sum_{k=1}^{n} X_k x_k + M_{yx} = 0, -\sum_{k=1}^{n} X_k + Q = 0, \end{cases} \tag{1}$$

где u_0, φ_0, φ_{0y} – линейные и угловые перемещения введенного защемления на плите; Q, M_{px}, M_{py} – равнодействующая внешних сил, действующих на плиту, и ее моменты относительно координатных осей; Δ_{ip} – вертикальное перемещение точки i основной системы смешанного метода от внешней нагрузки; δ_{ik} – коэффициенты при неизвестных усилиях в связях; n – количество участков разбиения.

Коэффициенты при неизвестных и свободные члены зависят от прогибов самой плиты и осадок упругого основания. То есть коэффициенты δ_{ik} определяются по формуле

$$\delta_{ik} = Y_{ik} + V_{ik}, \tag{2}$$

где Y_{ik} – прогиб плиты с защемленной нормалью в точке приложения силы X_i от действия $X_k = 1$; V_{ik} – перемещение точки приложения X_i на границе упругого основания от действия равномерно распределенного по участку k усилия $X_k = 1$.

Для определения Y_{ik} принимаем функцию прогибов $W(x,y)$ плиты в виде особого решения, соответствующего действию сосредоточенной силы $P(\xi, \eta)$ [2, 3]:

$$W(x,y) = \frac{Pl^2}{16\pi D}\left\{\begin{aligned}&\left[\left(\frac{x}{l}-\frac{\xi}{l}\right)^2+\left(\frac{y}{l}-\frac{\eta}{l}\right)^2\right]\ln\left[\left(\frac{x}{l}-\frac{\xi}{l}\right)^2+\left(\frac{y}{l}-\frac{\eta}{l}\right)^2\right]+2\left(\frac{x\xi}{l^2}-\frac{y\eta}{l^2}\right)\times \\ &\times\left[1+\ln\left(\frac{\xi^2}{l^2}+\frac{\eta^2}{l^2}\right)\right]-\left(\frac{\xi^2}{l^2}+\frac{\eta^2}{l^2}\right)\ln\left(\frac{\xi^2}{l^2}+\frac{\eta^2}{l^2}\right)-\left(\frac{x^2}{l^2}+\frac{y^2}{l^2}\right)\ln\left(\frac{x^2}{l^2}+\frac{y^2}{l^2}\right)\end{aligned}\right\}, \tag{3}$$

где l – некоторый линейный размер; D – цилиндрическая жесткость пластины [4].

Для вычисления перемещений V_{ik} точек 1, 2, 3, …, n поверхности упругого однородного изотропного полупространства вычисляется двойной интеграл по площади Ω участка Б. Н. Жемочкина [2]:

$$\tilde{W}(x,y) = \frac{1-\nu_0^2}{\pi E_0}\iint \frac{d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2+(y-\eta)^2}}, \tag{4}$$

где v_0, E_0 – коэффициент Пуассона и модуль упругости основания.

При вычислении прогибов для прямоугольных и треугольных участков используется результат интегрирования (4) [1, 2].

Вычислив все коэффициенты при неизвестных, решается СЛАУ (1). Решением данной системы уравнений является вектор-столбец неизвестных усилий в связях Б. Н. Жемочкина и перемещения введенного защемления. По данным усилиям строится эпюра реактивных давлений, возникающих в основании. К тому же, используя конечно-разностный метод, легко определить усилия в плите для ее дальнейшего конструирования.

Список литературы

1 **Жемочкин, Б. Н.** Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синицын. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Госстройиздат, 1962. – 239 с.

2 **Босаков, С. В.** Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 128 с.

3 **Кончковский, З.** Плиты. Статические расчеты : пер. с польск. / З. Кончковский. – М. : Стройиздат, 1984. – 480 с.

4 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности : учеб. для строит. спец. вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.