ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Ֆիզիկա-մաթեմատ. գիտություններ XI, № 2, 1958 Физико-математические науки

НАУЧНАЯ ЗАМЕТКА

А. А. Баблоян

Кручение призматических стержней коробчатого поперечного сечения с трещиной

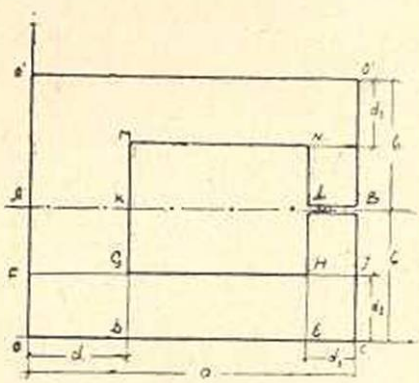
Решение получено в виде рядов по тригонометрическим функциям, где коэффициенты интегрирования определяются из вполне регулярных бесконечных систем линейных уравнений. Работа выполнена под руководством Б. Л. Абрамяна.

Определение функции напряжений при кручении сводится к интегрированию уравнения Пуассона

$$\nabla^2 U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = -2 \tag{1}$$

при условии, $U(x, y)$ обращается в нуль на контуре сечения.

В силу симметрии поперечного сечения функцию $U(x, y)$, для коробчатого профиля с трещиной, ищем только на части $ABCOA$ (фиг. 1) области сечения стержня.



Фиг. 1.

Чтобы распространить решение на всю область сечения, достаточно потребовать, чтобы нормальная производная функции напряжений на оси симметрии области сечения обращалась в нуль, т. е.

$$\left.\frac{\partial U}{\partial y}\right|_{y=b} = 0 \quad (0 \leqslant x \leqslant d_1). \tag{2}$$

Пользуясь методом введения вспомогательных функций, как это сделано в работах [1, 2], для функции напряжений получаем следующие выражения:

$$U(x, y) = x(d_1 - x) + d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa-2} \times$$

$$\times \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi d_2}{d_1} \cdot \operatorname{ch}\frac{k\pi (y-b)}{d_1}}{\operatorname{ch}\frac{k\pi b}{d_1}} \sin\frac{k\pi x}{d_1} \tag{3}$$

в области $\begin{pmatrix} 0 \leqslant x \leqslant d_1 \\ d_2 \leqslant y \leqslant b \end{pmatrix}$;

$$U(x, y) = y(d_2 - y) + \alpha d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa} \times$$

$$\times \frac{\operatorname{sh} \frac{k\pi}{d_2}(a-x) \operatorname{sh} \frac{k\pi d_1}{d_2}}{\operatorname{sh} \frac{k\pi a}{d_2}} \sin \frac{k\pi y}{d_2} +$$

$$+ \alpha d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa-3} \frac{\operatorname{sh} \frac{k\pi x}{d_2} \operatorname{sh} \frac{k\pi d_3}{d_2}}{\operatorname{sh} \frac{k\pi a}{d_2}} \sin \frac{k\pi y}{d_2}, \qquad (4)$$

в области $\begin{pmatrix} d_1 \leqslant x \leqslant a - d_3 \\ 0 \leqslant y \leqslant d_2 \end{pmatrix}$;

$$U(x, y) = (a-x)(d_3 - a + x) + d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa-1} \times$$

$$\times \frac{\operatorname{sh} \frac{k\pi d_2}{d_3} \operatorname{sh} \frac{k\pi}{d_3}(b-y)}{\operatorname{sh} \frac{k\pi b}{d_3}} \sin \frac{k\pi (a-x)}{d_3} +$$

$$+ 8 d_3^2 \sum_{\kappa=1,3}^{\infty} \frac{1}{(k\pi)^3} \frac{\operatorname{sh} \frac{k\pi y}{d_3}}{\operatorname{sh} \frac{k\pi b}{d_3}} \sin \frac{k\pi (a-x)}{d_3} \qquad (5)$$

в области $\begin{pmatrix} a - d_3 \leqslant x \leqslant a \\ d_2 \leqslant y \leqslant b \end{pmatrix}$;

$$U(x, y) = x(d_1 - x) + d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa-2} \times$$

$$\times \frac{\operatorname{sh} \frac{k\pi y}{d_1} \cdot \operatorname{ch} \frac{k\pi (b-d_2)}{d_1}}{\operatorname{sh} \frac{k\pi b}{d_1}} \sin \frac{k\pi x}{d_1} +$$

$$+ \frac{8 d_1^2}{\pi^3} \sum_{\kappa=1,3\ldots}^{\infty} \frac{1}{k^3} \frac{\operatorname{sh} \frac{k\pi}{d_1}(y-d_2)}{\operatorname{sh} \frac{k\pi d_2}{d_1}} \sin \frac{k\pi x}{d_1} +$$

$$+\alpha d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa} \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi(a-d_1)}{d_2} \operatorname{sh}\frac{k\pi x}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi a}{d_2}} \sin\frac{k\pi y}{d_2} +$$

$$+\alpha d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4k-3} \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi x}{d_2} \cdot \operatorname{sh}\frac{k\pi d_2}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi a}{d_2}} \sin\frac{k\pi y}{d_2} +$$

$$+\frac{8d_2^2}{\pi^3} \sum_{\kappa=1,3\ldots}^{\infty} \frac{1}{k^3} \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi x}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi d_1}{d_2}} \sin\frac{k\pi y}{d_2}, \qquad (6)$$

в области $\begin{pmatrix} 0 \leqslant x \leqslant d_1 \\ 0 \leqslant y \leqslant d_2 \end{pmatrix}$;

$$U(x, y) = (a-x)(d_3 - a + x) + d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa-1} \times$$

$$\times \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi y}{d_3} \cdot \operatorname{sh}\frac{k\pi}{d_3}(b-d_2)}{\operatorname{sh}\frac{k\pi b}{d_3}} \sin\frac{k\pi(a-x)}{d_3} +$$

$$+\alpha d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4k} \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi(a-x)}{d_2} \operatorname{sh}\frac{k\pi d_1}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi a}{d_2}} \sin\frac{k\pi y}{d_2} +$$

$$+\frac{8d_2^2}{\pi^3} \sum_{\kappa=1,3\ldots}^{\infty} \frac{1}{k^3} \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi(a-x)}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi d_3}{d_2}} \sin\frac{k\pi y}{d_2} +$$

$$+\alpha d_3^2 \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{(-1)^\kappa}{k} z_{4\kappa-3} \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi(a-d_3)}{d_2} \cdot \operatorname{sh}\frac{k\pi(a-x)}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi a}{d_2}} \sin\frac{k\pi y}{d_2} +$$

$$+\frac{8d_3^2}{\pi^3} \sum_{\kappa=1,3\ldots}^{\infty} \frac{1}{k^3} \left[\frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi}{d_3}(y-d_2)}{\operatorname{sh}\frac{k\pi d_2}{d_3}} - \frac{\operatorname{sh}\frac{k\pi y}{d_3}}{\operatorname{sh}\frac{k\pi b}{d_3}} \right] \sin\frac{k\pi(a-x)}{d_3} \qquad (7)$$

в области $\begin{pmatrix} a-d_3 \leqslant x \leqslant a \\ 0 \leqslant y \leqslant d_2 \end{pmatrix}$,

где $$\alpha = \sqrt{\frac{1+e^{-\frac{2\pi}{d_1}(b-d_2)}}{1+e^{-\frac{\pi}{d_2}(a-d_1-d_2)}}}$$

при $d_1 \geqslant d_2$, (8)

или $$\alpha = \sqrt{\frac{1+e^{-\frac{2\pi}{d_2}(b-d_2)}}{1+e^{-\frac{\pi}{d_2}(a-d_1-d_2)}}}$$

при $d_2 \geqslant d_1$. (9)

Неизвестные коэффициенты Z_m, входящие в выражения (3)—(7), определяются из совокупности 4-х бесконечных систем линейных уравнений [3]. Эту совокупность можно записать в виде одной системы

$$Z_m = \sum_{n=1}^{\infty} A_{m,n} Z_n + B_m \qquad (m = 1, 2, \cdots), \tag{10}$$

где

$$A_{4\kappa,4p} = A_{4\kappa,4p-1} = A_{4\kappa,4p-3} = 0;$$
$$A_{4\kappa-2,4p-1} = A_{4\kappa-2,4p-2} = A_{4\kappa-1,4p-1} = A_{4\kappa-1,4p-2} = 0; \tag{11}$$
$$A_{4\kappa-3,4p} = A_{4\kappa-3,4p-2} = A_{4\kappa-3,4p-3} = 0;$$

$$A_{4\kappa-3,4p-1} = \frac{2d_3 k}{\alpha d_2 \pi} \frac{1}{p^2 + \left(\frac{kd_3}{d_2}\right)^2} \frac{\operatorname{sh}\frac{p\pi(b-d_2)}{d_3} \cdot \operatorname{sh}\frac{p\pi d_2}{d_3}}{\operatorname{sh}\frac{p\pi b}{d_3}};$$

$$A_{4\kappa-2,4p} = \frac{2d_2 k\alpha}{\pi d_1} \frac{1}{p^2 + \left(\frac{kd_2}{d_1}\right)^2} \frac{\operatorname{sh}\frac{p\pi(a-d_1)}{d_2} \cdot \operatorname{sh}\frac{p\pi d_1}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{p\pi a}{d_2}},$$

$$A_{4\kappa-2,4p-2} = \frac{2d_2 k\alpha}{\pi d_1} \frac{1}{p^2 + \left(\frac{kd_2}{d_1}\right)^2} \frac{\operatorname{sh}\frac{p\pi d_1}{d_2} \cdot \operatorname{sh}\frac{p\pi d_2}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{p\pi a}{d_2}};$$

$$A_{4\kappa-1,4p} = \frac{2d_2 k\alpha}{\pi d_3} \frac{1}{p^2 + \left(\frac{kd_2}{d_3}\right)^2} \frac{\operatorname{sh}\frac{p\pi d_2}{d_2} \cdot \operatorname{sh}\frac{p\pi d_1}{d_2}}{\operatorname{sh}\frac{p\pi a}{d_2}}; \tag{12}$$

$$A_{4k-1,\,4p-3}=\frac{2d_2k\alpha}{\pi d_3}\,\frac{1}{p^2+\left(\dfrac{kd_2}{d_3}\right)^2}\,\frac{\operatorname{sh}\dfrac{p\pi(a-d_3)}{d_3}\cdot\operatorname{sh}\dfrac{p\pi d_3}{d_2}}{\operatorname{sh}\dfrac{p\pi a}{d_2}};$$

$$A_{4k,\,4p-2}=\frac{2d_1k}{\pi d_2\alpha}\,\frac{1}{p^2+\left(\dfrac{kd_1}{d_2}\right)^2}\,\frac{\operatorname{ch}\dfrac{p\pi(b-d_2)}{d_1}\cdot\operatorname{sh}\dfrac{p\pi d_2}{d_1}}{\operatorname{sh}\dfrac{p\pi b}{d_1}};$$

$$B_{4k-3}=\frac{4}{k^2\pi^3\alpha}\,\frac{d_2}{d_3}\,\frac{1-(-1)^k}{\operatorname{sh}\dfrac{k\pi d_3}{d_2}}-\frac{2}{k\pi^2\alpha}\,\frac{d_2}{d_3}\left(1-\frac{2d_2}{k\pi d_3}\operatorname{th}\frac{k\pi d_3}{2d_2}\right)+$$

$$+\frac{16k}{\pi^4\alpha}\,\frac{d_3}{d_2}\sum_{p=1,3,\ldots}^{\infty}\frac{1}{p^2\left[p^2+\left(\dfrac{kd_3}{d_2}\right)^2\right]}\,\frac{\operatorname{sh}\dfrac{p\pi d_2}{d_3}}{\operatorname{sh}\dfrac{p\pi b}{d_3}};$$

$$B_{4k-2}=\frac{4}{k^2\pi^3}\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\frac{1-(-1)^k}{\operatorname{sh}\dfrac{k\pi d_2}{d_1}}-\frac{2}{k\pi^2}\,\frac{d_1d_2}{d_3^2}\left(1-\frac{2d_1}{k\pi d_2}\operatorname{th}\frac{k\pi d_2}{2d_1}\right);$$

$$B_{4k-1}=\frac{4}{k^2\pi^3}\,\frac{1-(-1)^k}{\operatorname{sh}\dfrac{k\pi d_2}{d_1}}-\frac{2}{k\pi^2}\,\frac{d_2}{d_3}\left(1-\frac{2d_3}{k\pi d_2}\operatorname{th}\frac{k\pi d_2}{2d_3}\right);$$

$$B_{4k}=\frac{4}{k^2\pi^3\alpha}\left(\frac{d_2}{d_3}\right)^2\frac{1-(-1)^k}{\operatorname{sh}\dfrac{k\pi d_1}{d_2}}\,\frac{2d_1d_2}{k\pi^2\alpha d_3^2}\left(1-\frac{2d_2}{k\pi d_1}\operatorname{th}\frac{k\pi d_1}{2d_2}\right). \tag{13}$$

Система (10) вполне регулярна. Сумма модулей этой системы оценивается неравенством

$$\sum_{n=1}^{\infty}|A_{m,n}|<\frac{1}{2}\sqrt{\left[1+e^{-\frac{2\pi}{d_1}(b-d_2)}\right]\left[1+e^{-\frac{\pi}{d_2}(a-d_1-d_3)}\right]} \tag{14}$$

при $d_1>d_2$;

или

$$\sum_{n=1}^{\infty}|A_{m,n}|<\frac{1}{2}\sqrt{\left[1+e^{-\frac{2\pi}{d_2}(b-d_2)}\right]\left[1+e^{-\frac{\pi}{d_2}(a-d_2-d_3)}\right]} \tag{15}$$

при $d_2>d_1$.

Эту оценку можно получить таким же путем, как это сделано в работе [2]. Свободные члены системы (10) ограничены сверху и стремятся к нулю при $k\to\infty$. Для частного случая, когда, $d_1=a-d_3$, т. е. когда мы имеем прямоугольное сечение с T-образной трещиной, система (10) остается вполне регулярной.

Жесткость при кручении призматического стержня коробчатого профиля с трещиной определяется формулой

$$C = 2G\iint U(x,\ y)\,dxdy = 4G\left[\int_0^{d_1}\int_0^{b} U(x,\ y)\,dxdy + \right.$$

$$\left. + \int_{d_1}^{a-d_3}\int_0^{d_2} U(x,\ y)\,dxdy + \int_{a-d_3}^{a}\int_0^{b} U(x,\ y)\,dxdy\right]. \qquad (16)$$

Подставляя значения $U_{(y,\,x)}$ из (3)—(7) в (16) и произведя интегрирование, для жесткости C получим следующую формулу:

$$C = 4G\left\{\frac{d_1^3 b}{6} + \frac{d_3^3 b}{6} + \frac{d_2^3(a-d_1-d_3)}{6} + \frac{16}{\pi^5}\sum_{\kappa=1,\,3\ldots}^{\infty}\frac{1}{\pi^5}\left[d_1^4\,\mathrm{th}\,\frac{k\pi d_2}{2d_1} + \right.\right.$$

$$+ d_2^4\left(\mathrm{th}\,\frac{k\pi d_1}{2d_2} + \mathrm{th}\,\frac{k\pi d_3}{2d_2}\right) - d_3^4\left(\mathrm{th}\,\frac{k\pi d_2}{2d_3} + \mathrm{th}\,\frac{k\pi b}{2d_3}\right)\Big] +$$

$$+ \frac{2d_3^2 d_1^2}{\pi^2}\sum_{\kappa=1,\,3\ldots}^{\infty}\frac{z_{4\kappa-2}}{k^3}\left(1 - \frac{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi\,(b-d_2)}{d_1}}{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi b}{d_1}}\right) -$$

$$- \frac{2d_2^2 d_3^2}{\pi^2}\sum_{\kappa=1,\,3\ldots}^{\infty}\frac{z_{4\kappa}}{k^3}\left(1 - \frac{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi}{2d_2}(a-2d_1)}{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi a}{2d_2}}\right) -$$

$$- \frac{2d_2^2 d_3^2}{\pi^2}\sum_{\kappa=1,\,3\ldots}^{\infty}\frac{z_{4\kappa-3}}{k^3}\left(1 - \frac{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi}{2d_2}(a-2d_3)}{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi a}{2d_2}}\right) -$$

$$\left. - \frac{2d_3^4}{\pi^2}\sum_{\kappa=1,\,3\ldots}^{\infty}\frac{z_{4\kappa-1}}{k^3}\left(1 - \frac{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi}{2d_3}(b-2d_2)}{\mathrm{ch}\,\dfrac{k\pi b}{2d_3}}\right)\right\}. \qquad (17)$$

В качестве примера вычислена жесткость при кручении для призматического стержня квадратного сечения ($a = 2b$) с несимметричным квадратным вырезом $[a - (d_1 + d_3) = 2(b - d_2)]$, при наличии трещины вдоль линии LB.

В таблице *1* приведены значения жесткостей для данного профиля с избытком (C^+) и с недостатком (C^-), вычисленные по формуле (17), а также расчетные значения жесткости для двух отношений $\frac{b}{d_2}$ размеров сечения.

В этой же таблице, для сравнения, приведены значения средних жесткостей при кручении призматического стержня квадратного профиля с несимметричным квадратным отверстием [2] без трещины. Сравнение показывает, что жесткость стержня квадратного профиля, благодаря трещине данного вида, уменьшается; для толстостенных профилей $\left(\frac{b}{d_2}=1{,}5\right)$ приблизительно в четыре раза, а для тонкостенных профилей $\left(\frac{b}{d_2}=10\right)$ в 200 раз.

Таблица 1

$\frac{b}{d_2}$	1,5	10
$\frac{C^-}{Gd_2^4}$	2,6106	30,7544
$\frac{C^+}{Gd_2^4}$	2,6117	30,7678
$C=\frac{C^+ + C^-}{2}\ bGd_2^4$	2,6111	30,7611
$\frac{C^*}{Gd_2^4}$	10,9259	6635,3
$\frac{C_0}{Gd_2^4}$	2,1250	29,7778
$\beta=\frac{C-C_0}{C}100\%$	18,6%	3,2%
$\frac{C^*}{C}$	4,2	215,7

Следует заметить, что первые слагаемые в формуле (17)

$$C_0=\frac{2}{3}\,G\left[d_1^3 b+d_3^3 b+d_2^3(a-d_1-d_3)\right] \tag{18}$$

представляют собою сумму жесткостей очень тонких прямоугольников, составляющих коробчатый профиль с трещиной. При расчетах C_0 составляет главную часть величины жесткости, остальные слагаемые в виде сумм исправляют полученный результат. Это исправление незначительное для тонкостенных стержней, а для толстостенных составляет—19%.

В таблице *1*, для сравнения, приводятся также значения главной части жесткости C_0 для указанных профилей.

В качестве примера жесткость вычислена также и для призматического стержня квадратного сечения с центрально расположенным квадратным вырезом $(d_1=d_2=d_3=d)$ при наличии трещины вдоль линии LB.

В таблице 2 приведены значения жесткостей для этого случая с избытком и с недостатком, а также расчетные значения $C = \frac{C^+ + C^-}{2}$ жесткости для данного случая.

В этой же таблице, для сравнения, приведены некоторые значения жесткостей для квадратного сечения с центральным отверстием без трещины [4].

Таблица 2

$\frac{b}{d}$	$\frac{C^-}{Gd^4}$	$\frac{C^+}{Gd^4}$	$\frac{C}{Gd^4}$	$\frac{C^*}{Gd^4}$	$\frac{C_0}{Gd^4}$	$\frac{C-C_0}{C}100\%$	$\frac{C^*}{C}$
1,5	2,9635	2,9657	2,9646	11,052	2,6667	10%	3,73
3	6,6898	6,6922	6,6910	139,514	6,6667	0,36%	20,85
4	9,3565	9,3588	9,3576	369,706	9,3333	0,26%	39,51
5	12,0232	12,0255	12,0244	771,526	12,0	0,20%	64,16
6	14,6898	14,6922	14,6910	—	14,6667	0,17%	—
7	17,3565	17,3588	17,3576	—	17,3333	0,14%	—
8	20,0232	20,0255	20,0244	—	20,0	0,12%	—
9	22,6898	22,6922	22,6910	—	22,6667	0,11%	—
10	25,3565	25,3588	25,3576	7034,984	25,3333	0,10%	277,43

Сравнение показывает, что наличие трещины оказывает огромное влияние не жесткость стержня. Для тонкостенного стержня при $\frac{b}{d} = 10$, жесткость стержня из-за трещины может уменьшаться почти в 280 раз. На такое явление обратили внимание А. Н. Динник [5], А. Ш. Локшин [6] и В. Н. Лысков [7], при рассмотрении задачи о кручении круглых трубчатых стержней с трещиной.

Следует отметить, что для тонкостенных стержней (при $\frac{b}{d} \geqslant 3$) жесткость трубчатого стержня с трещиной может быть определена одной только главной частью C_0 формулы (17).

Для квадратного стержня с центральным отверстием с трещиной эта главная часть определяется формулой:

$$C_0 = \frac{4}{3} Gd^4 \left(2\frac{b}{d} - 1\right). \tag{19}$$

В таблице 2 приведены некоторые значения C_0, вычисленные по формуле (19). Сравнение показывает, что для тонкостенных стержней главная часть C_0 почти совпадает с точным значением жесткости. При $\frac{b}{d} \geqslant 3$ расхождение формулы (19) от точной не превышает 0,5%.

Институт математики и механики
АН Армянской ССР

Поступила 24 IX 1957

Ա. Հ. Բաբլոյան

ՃԵՂՔ ՈՒՆԵՑՈՂ ՍՐԿՂԱՁԵՎ ԼԱՅՆԱԿԱՆ ՀԱՏՎԱԾՔՈՎ ՊՐԻԶՄԱՏԻԿ ՁՈՂԵՐԻ ՈԼՈՐՈՒՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոդվածում տրվում է ճեղք ունեցող արկղաձև լայնական հատվածքով պրիզմատիկ ձողերի ոլորման խնդրի ճշգրիտ լուծումը։

Լուծման ժամանակ կիրառվել է Ն. Ի. Հարութիւնյանի մշակած՝ օժանդակ ֆունկցիաների ներմուծման մեթոդը։ Խնդրի լուծումը բերված է սովորական դիֆերենցիալ հավասարումների ինտեգրմանը, իսկ ինտեգրման գործակիցները որոշելու համար ստացված են գծային անվերջ հավասարումների սիստեմներ։ Ապացուցված է, որ ստացված անվերջ սիստեմները լիովին ռեգուլյար են, իսկ ազատ անդամների նվազման կարգը $\frac{1}{m}$-ից ցածր չէ։

Ոլորման կոշտությունը որոշելու համար ստացված է հաշվային բանաձև։ Բերված են թվային օրինակներ։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Арутюнян Н. Х.* Решение задачи о кручении стержней полигонального поперечного сечения. ПММ, том XIII, вып. 5, 1949, стр. 551—556.
2. *Гулканян Н. О.* О кручении призматических стержней прямоугольного сечения с несимметричным прямоугольным вырезом. Известия АН АрмССР, серия ф.-м. наук, том X, № 6, 1957.
3. *Канторович Л. В.* и *Крылов В. И.* Приближенные методы высшего анализа. Гостехиздат, М., 1949.
4. *Абрамян Б. Л.* Кручение и изгиб призматических стержней с полым прямоугольным сечением. ПММ, том XIV, вып. 3, 1950.
5. *Динник А. Н.* Продольный изгиб. Кручение. изд. АН СССР, М., 1955, стр. 324.
6. *Локшин А. Ш.* Кручение вала секторного сечения. Изв. Днепропетровского горного института, 1928.
7. *Лысков В. Н.* Кручение вала секторного сечения, Изв. Донского политехнического института, том XIV, 1930.