

Е. А. Инджиян

### Экспериментальное исследование кручения стальных призматических стержней крестообразного сечения

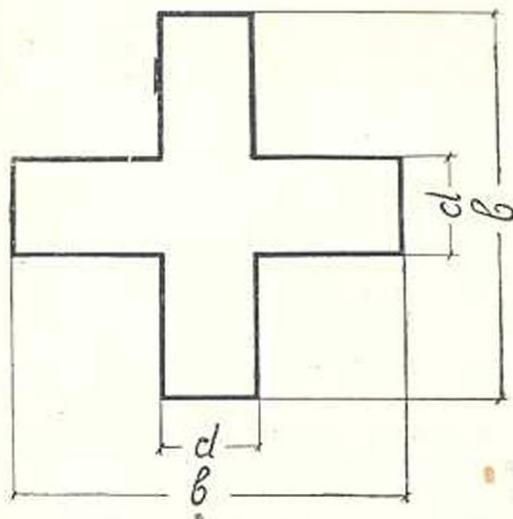
До последнего времени жесткость при кручении стержней крестообразного поперечного сечения определялась по эмпирической формуле.

В 1949 г. Б. Л. Абрамяном [1], на основе метода Н. Х. Арутюняна [2], теоретическим путем определена жесткость при кручении стержней крестообразного сечения с двумя осями симметрии при любых размерах поперечного сечения.

В 1951 г. в Институте строительных материалов и сооружений Академии наук Армянской ССР нами было произведено исследование с целью экспериментальной проверки теоретической формулы жесткости при кручении стальных стержней крестообразного сечения и сравнения экспериментальных и теоретических величин крутящих моментов при полной пластической деформации.

Испытанию на чистое кручение были подвергнуты образцы длиной 490 мм крестообразного поперечного сечения (фиг. 1) со следующими соотношениями ширины сечения к толщине стенок:

$\frac{b}{d} = 2; 3,04; 3,9$ . Для уточ-

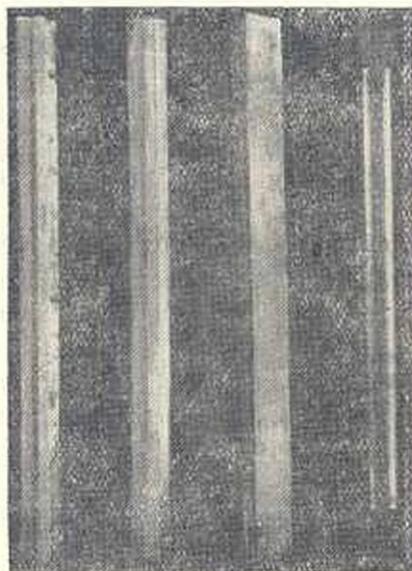


Фиг. 1

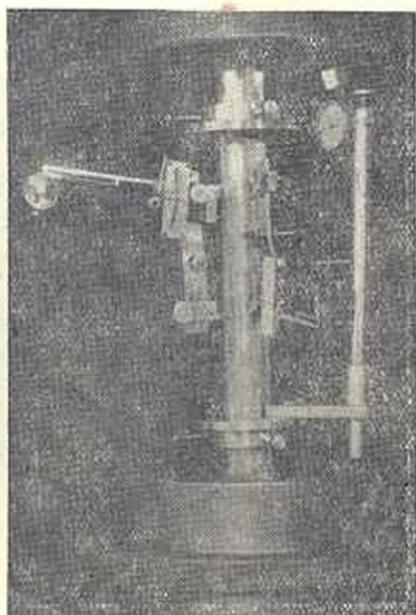
нения методики и выявления точности экспериментов на чистое кручение были испытаны и образцы круглого и квадратного поперечных сечений (фиг. 2). Все образцы были выполнены из стали марки СТ-4, со следующими характеристиками: предел текучести при растяжении  $\sigma_T = 2430 \text{ кг/см}^2$ , то же при кручении —  $\tau_T = 1140 \text{ кг/см}^2$ , предел прочности при растяжении  $\sigma_{пр} = 4310 \text{ кг/см}^2$ , модуль упругости

при растяжении  $E = 2,15 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ , то же при кручении —  $G = 0,787 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ .

Образцы на чистое кручение испытывались на гидравлическом 30-тонном универсальном прессе. Углы закручивания (до  $2^\circ$ ) сечений на расстоянии 250 мм измерялись с точностью 0,68 мин. (0,0002 рад.) при помощи тензометра для замера угловых перемещений (фиг. 3).



Фиг. 2



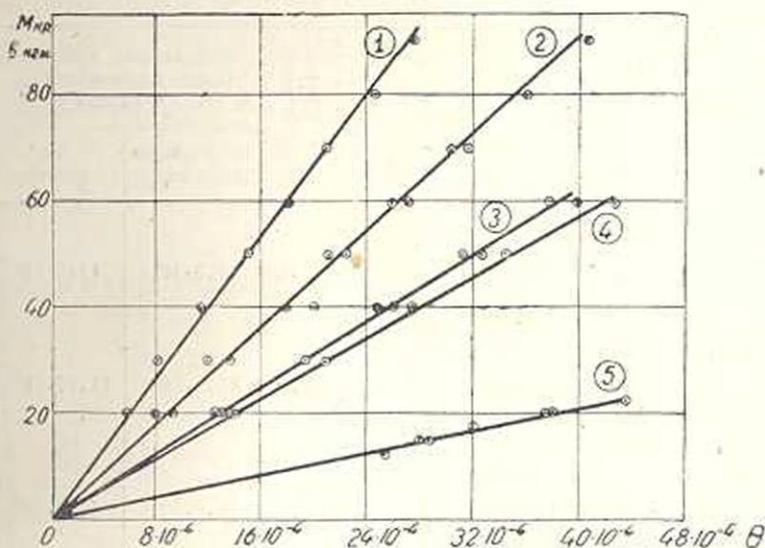
Фиг. 3

конструкции Р. М. Мхикяна. При больших деформациях ( $> 2^\circ$ ) зависимость между крутящим моментом и углом закручивания определялась индикаторной диаграммой и лимбом пресса. Следует однако отметить, что эти показания несколько преувеличенные, так как индикаторная диаграмма и лимб фиксировали, помимо угла закручивания, также и смятие головок образца.

На образце в продольном направлении были установлены тензометры (фиг. 3), которые показали, как и следовало ожидать, что в процессе чистого кручения образец в продольном направлении не деформировался. По опыту между крутящим моментом и углом закручивания в упругой области получены линейные зависимости. На фиг. 4 сплошными линиями показаны теоретические зависимости крутящего момента от угла закручивания. На фиг. 5 показаны зависимости крутящего момента от закручивания за пределами упругости.

Результаты испытанных в упругой области на чистое кручение стальных образцов круглого, квадратного и крестообразного сечений приведены в таблице 1.

Таким образом, расхождение теоретических и эксперименталь-



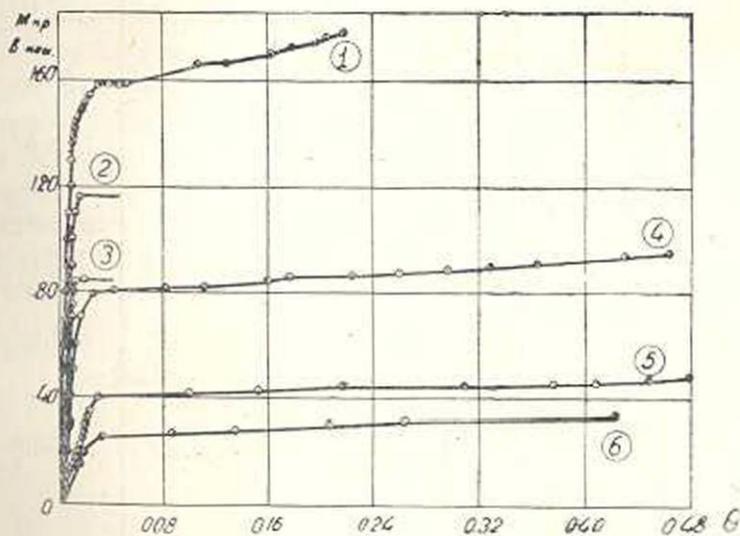
Фиг. 4

$\theta$  — угол закручивания в радианах на базе 250 мм;

1 — прямоугольное сечение  $\frac{b}{d} = 1,02$ ; 2 — круглое сечение;

3 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 2$ ; 4 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 2$ ;

5 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 3,04$ .



Фиг. 5

$\theta$  — угол закручивания в радианах на базе 250 мм;

1 — прямоугольное сечение  $\frac{b}{d} = 1,02$ ; 2 — круглое сечение;

3 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 2$ ; 4 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 2$ ;

5 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 3,04$ ; 6 — крестообразное сечение  $\frac{b}{d} = 3,9$ .

Таблица I

№№ образцов	Поперечн. сечение стержня	Крутящий момент в кг·см	Угол закручив. $\theta$ в радианах (на базе 250 мм)		Расхождение в процентах	Жесткость при свободн. кручении $GJ_p$ в кг/см <sup>2</sup>		Расхождение в процентах
			по формуле Абрамяна	по опыту		по формуле Абрамяна	по опыту	
1	Круглое	20	0,00442	0,00435	-1,58	$11,3 \cdot 10^6$	$11,5 \cdot 10^6$	+1,77
		40	0,00884	0,00870				
		60	0,01326	0,01305				
2	$d=34,8$ мм	20	0,00442	0,00426	-3,62	$11,3 \cdot 10^6$	$11,72 \cdot 10^6$	+3,72
		40	0,00884	0,00852				
		60	0,01326	0,01278				
3	Прямоуг. $d=34,6$ мм $b=35,4$ мм $\frac{b}{d}=1,02$	20	0,00301	0,00303	+0,66	$16,6 \cdot 10^6$	$16,5 \cdot 10^6$	-0,6
		40	0,00602	0,00606				
		60	0,00903	0,00909				
4а	Крестообр. $b=35$ мм $d=17,5$ мм $\frac{b}{d}=2$	10	0,00322	0,00317	-1,55	$7,76 \cdot 10^6$	$7,89 \cdot 10^6$	+1,68
		30	0,00966	0,00951				
		50	0,01610	0,01585				
4б	$\frac{b}{d}=2$	10	0,00322	0,00327	+1,55	$7,76 \cdot 10^6$	$7,65 \cdot 10^6$	-1,42
		30	0,00966	0,00981				
		50	0,01610	0,01635				
4в	Крестообр. $b=34$ мм $d=17$ мм $\frac{b}{d}=2$	10	0,00361	0,00353	-2,21	$6,98 \cdot 10^6$	$7,09 \cdot 10^6$	+2,31
		30	0,01083	0,01059				
		50	0,01805	0,01765				
5	Крестообр. $b=35$ мм $d=11,5$ мм $\frac{b}{d}=3,04$	10	0,0097	0,0096	-1,03	$2,58 \cdot 10^6$	$2,60 \cdot 10^6$	+0,78
		20	0,0194	0,0192				
		30	0,0291	0,0288				
6	$\frac{b}{d}=3,04$	10	0,0097	0,00941	-2,99	$2,58 \cdot 10^6$	$2,66 \cdot 10^6$	+3,10
		20	0,0194	0,01882				
		30	0,0291	0,02823				
7	Крестообр. $b=34,9$ мм $d=8,95$ мм $\frac{b}{d}=3,9$	10	0,020	0,0194	-3,00	$1,25 \cdot 10^6$	$1,29 \cdot 10^6$	+3,2
		20	0,040	0,0388				

Таблица 2

№№ обр.	1 и 2	3	4а и 4б	4в	5 и 6	7
попереч. сечение стержня	круглое $d=34,8 \text{ мм}$	прямоуг. $d=34,6 \text{ мм}$ $b=35,4 \text{ мм}$ $\frac{b}{d}=1,02$	крестообр. $b=35 \text{ мм}$ $d=17,5 \text{ мм}$ $\frac{b}{d}=2$	крестообр. $b=34 \text{ мм}$ $d=17 \text{ мм}$ $\frac{b}{d}=2$	крестообр. $b=35 \text{ мм}$ $d=11,5 \text{ мм}$ $\frac{b}{d}=3,04$	крестообр. $b=34,9 \text{ мм}$ $d=8,95 \text{ мм}$ $\frac{b}{d}=3,9$
$M_{кр}$ при полной пласт. деф. в $\text{кг} \times \text{м}$ при $\tau_T=1140 \text{ кг/см}^2$ по методу А. Надаи	126,0	163,0	81,5	74,6	41,1	26,5
$M_{кр}$ при полной пласт. деф. по опыту в $\text{кг} \times \text{м}$	116,0	164,0	82,0	80,0	44,8	28,0
Расхожд. в проц.	-7,9%	+0,6	+0,6	+7,2	+9,0%	+5,7%

ных величин колеблется для угла закручивания от  $+1,55\%$  до  $-3,62\%$ , а для жесткости — от  $+3,72\%$  до  $-1,42\%$ .

В таблице 2 приведены опытные и теоретические величины крутящих моментов при полной пластической деформации сечения скрученного образца. Теоретические величины предельных крутящих моментов вычислены по известному методу А. Надаи [3,4]. Расхождение между теоретическими и экспериментальными величинами колеблется от  $-7,9$  до  $+9,0\%$ .

Автор пользуется случаем принести искреннюю благодарность своему научному руководителю В. В. Пивзвянцу.

Институт строительных материалов и сооружений  
Академии наук Армянской ССР

Поступило 22 III 1952

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абрамян Б. Л. Кручение призматических стержней с крестообразным поперечным сечением. ПММ, том XIII, в. 5, 1949.
2. Арутюниан Н. Х. ДАН Армянской ССР, том IX, № 2, 1948; ПММ, том XIII, в. 1, 1949.
3. Гвоздев А. А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. Стройиздат, М.—Л., 1949.
4. Надаи А. Пластичность. ОНТИ НКТП СССР, М.—Л., 1946.

5. Стрелецкий Н. С. Курс металлических конструкций, ч. 1. Стройиздат, М., 1948
6. Белякин Ф. П. Предельная несущая способность и деформативность деревянных стержней при простом кручении. Сборник, посвященный юбилею Е. О. Патона. Киев, 1946.
7. Жудин Н. Д. Кручение прямоугольных стержней. Институт строительной механики Академии наук Украинской ССР. Сборник трудов, том 10, Киев, 1949.

#### Հ. Հ. Ինճիկյան

### ԽԱԶԱԶԵՎ ՀԱՏՎԱԾՔ ՌԻՆԵՑՈՂ ՊՐԻԶՄԱՏԻԿ ՊՈՂՊԱՏԵ ԶՈՂԵՐԻ ՈԼՈՐՄԱՆ ԷՔՍՊԵՐԻՄԵՆՏԱԼ ՇԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

#### Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոդվածում քերված է խաչաձև հասվածք ունեցող սրղոյսան ձողերի մաքուր ոլորման ճշգրիտ որոշված կոշտության էքսպերիմենտալ ստուգումը: Փորձնական ճանապարհով ստացված մեծությունների տարբերությունը տեսականից կազմում է ոլորման անկյան համար՝  $+1,6$ -ից մինչև  $-3,6\%$ , իսկ կոշտության համար՝  $+3,7$ -ից մինչև  $-1,4\%$ : Տեսական մեծությունները հաշվված են Ն. Ս. Հարությունյանի մեթոդի հիման վրա ստացված ֆորմուլաներով [1,2]:

էքսպերիմենտալ ճանապարհով որոշված է նաև սահմանային ոլորող մոմենտի մեծությունը լրիվ սլլատիկ գեֆորմացիայի ժամանակ: Սահմանային ոլորող մոմենտների փորձնական և տեսական մեծությունների տարբերությունը տատանվում է  $-7,9$ -ից մինչև  $+9,0\%$ -ի սահմաններում, ըստ որում տեսական մեծությունները հաշվված են Ա. Նազարի [3,4] սահմանային դրություն մեթոդով: