ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXI 1955 4

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

В. В. Пинаджян

Опытное изучение депланации сечений стержня при изгибно-крутильных деформациях за пределами упругости

(Представлено А. Г. Назаровым 5. IV. 1955)

Многими исследователями при рассмотрении предельного состояния тонкостенных стержней допускается, что в стадии упруго-пластических деформаций депланация сечений элемента тонкостенного профиля происходит по закону секториальных площадей.

Известно, что гипотеза секториальных площадей в отношении упругих тонкостенных стержней подтверждена опытами ([1, 2]). В стадии упруго-пластической работы стержня опытные данные относительно характера депланации тонкостенного стержня отсутствуют. В связи с этим в 1954 году нами было произведено исследование деформаций сечений стального тонкостенного стержня под действием чистого бимомента, вызывающего упруго-пластические деформации.

Образцы испытания длиной $L = 626$ *мм* имели Н-образное сечение с одинаковой толщиной стенок. Было испытано два образца. В одном образце отношение высоты сечения к толщине стенки равнялось $h : \delta = 19{,}2$, а в другом $h : \delta = 16$. Характеристики образцов приведены в табл. 1.

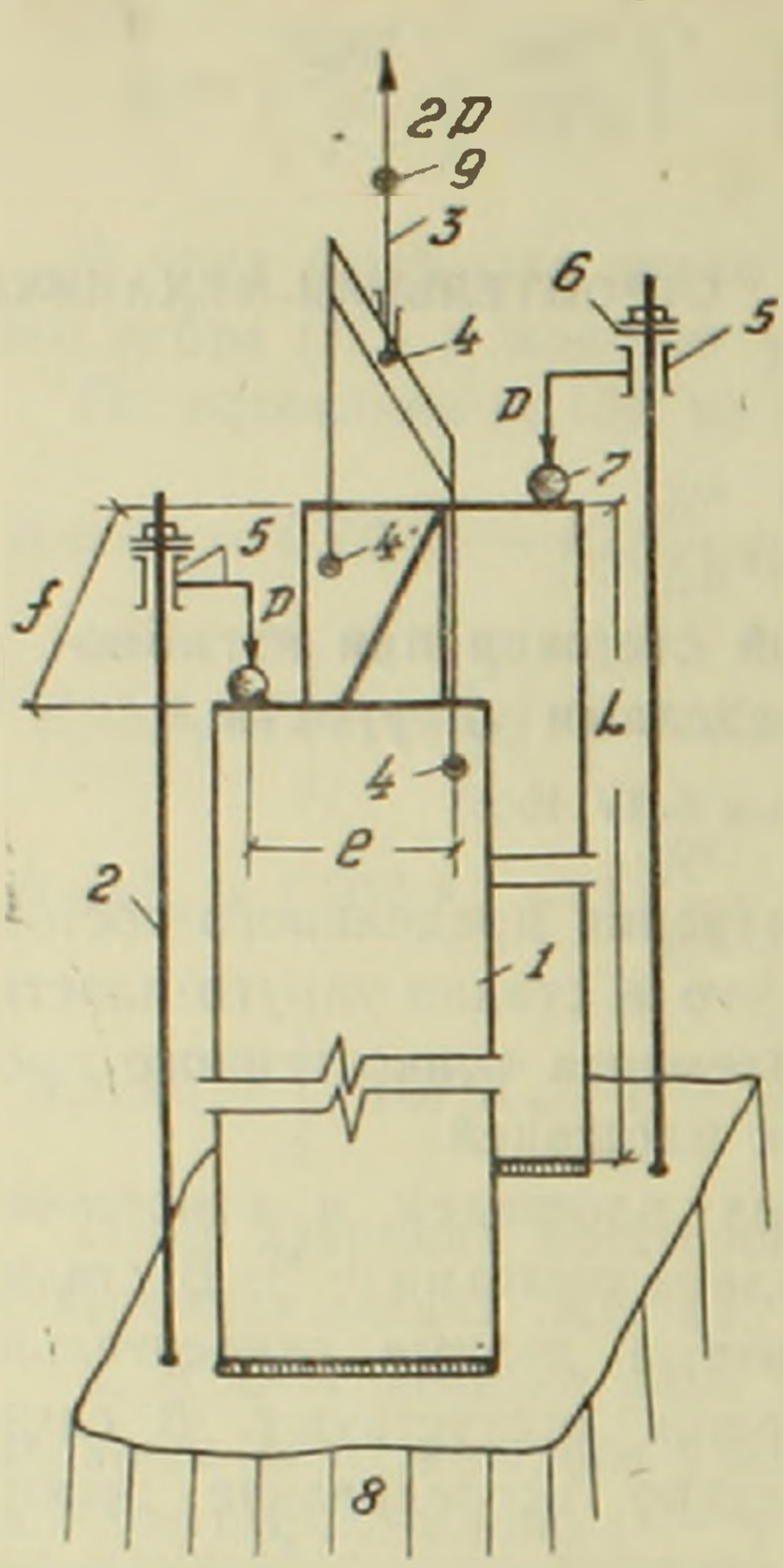
Испытанием партии стандартных образцов круглого сечения на разрыв было установлено, что сталь образцов Н-образного сечения имела следующие прочностные характеристики: предел пропорциональности $\sigma_п = 2{,}05$ *т/см²*, предел текучести $\sigma_т = 2{,}43$ *т/см²*, предел прочности $\sigma_{пр} = 4{,}31$ *т/см²* и модуль упругости при растяжении $E = 2150$ *т/см²*.

Полученные опытным путем значения жесткости образцов Н-образного сечения при чистом кручении в пределах упругости оказались равными $GI_к = 57$ *т/см²* для образцов, у которых $h : \delta = 19{,}2$ и $GI_к = 98$ *т/см²* при $h : \delta = 16$.

Основное испытание образцов Н-образного сечения производилось на 10-тонном универсальном прессе Шоппера, настроенном на 5 тонн, при этом для создания бимомента было сконструировано специальное приспособление*.

* Идея установки для создания чистого бимомента была высказана А. Г. Назаровым. Конструкция приспособления осуществлена Р. М. Мхикяном.

Схема установки изображена на фиг. 1. К нижнему концу образцов приваривались стальные плиты размерами в плане 60 × 60 *мм*, толщиной 20 *мм*, с помощью которых образец закреплялся в траверсе пресса. Заделка нижнего конца образца была такова, что она не допускала закручивания и депланации опорного сечения ($\theta = 0, \theta' = 0$). Захватные приспособления и шарнирные устройства верхнего оголовка образца (фиг. 1) допускали свободное вращение и депланацию верхнего сечения. Нагрузка на образец увеличивалась тремя ступенями. При каждой ступени нагрузки фиксировались отсчеты по измерительным приборам. При испытании тензометрами измерялись продольные деформации стержня с точностью в 1 микрон в сечениях $z = 0{,}33L$, $z = 0{,}52L$, $z = 0{,}72L$ и $z = 0{,}9L$*.



Фиг. 1. Схема установки для создания бимомента. *1*—испытуемый образец; *2*—тяжи; *3*—стальной канат; *4*—шарнир; *5*—упор; *6*—подшипник; *7*—стальной шарик; *8*—неподвижная система (траверса пресса); *9*—захват пресса.

В поперечном сечении $z = 0{,}9L$ деформации измерялись в шести точках профиля, в остальных поперечных сечениях в одной крайней точке профиля. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Табличные данные показывают, что в точках сечений стержня $z = 0{,}33L$, $z = 0{,}52L$ и $z = 0{,}72L$ относительные продольные деформации при всех ступенях нагрузки были меньше относительной деформации $\varepsilon_п = \sigma_п : E = 2{,}05 : 2150 = 0{,}95 \cdot 10^{-3}$, соответствующей пределу пропорциональности стали. Таким образом, на участке от $z = 0$ до $z = 0{,}72L$ в процессе испытания имели место только упругие деформации. Попутно отметим, что для упругого участка стержня следующее выражение максимальной относительной продольной деформации, полученное непосредственно на основании теории тонкостенных упругих стержней В. З. Власова ([1]), хорошо согласуется с опытными данными:

$$\varepsilon_{ш} = \frac{P \cdot e \cdot \cdot f\omega_к}{E \cdot I_\omega} \cdot \frac{\operatorname{ch} k \cdot z}{\operatorname{ch} k \cdot L}, \qquad (1)$$

где P — продольная сила; $\omega_к$ — главная секториальная координата для крайней точки профиля; e и f — рабочие плечи бимомента (фиг. 1) $k^2 = \frac{G \cdot I_к}{E \cdot I_\omega}$ — упругая изгибно-крутильная характеристика сечения, рав-

* Здесь и в дальнейшем предполагается, что ось z является геометрическим местом точек центров тяжести недеформированного стержня; начало координаты z находится в месте заделки стержня.

Таблица 1

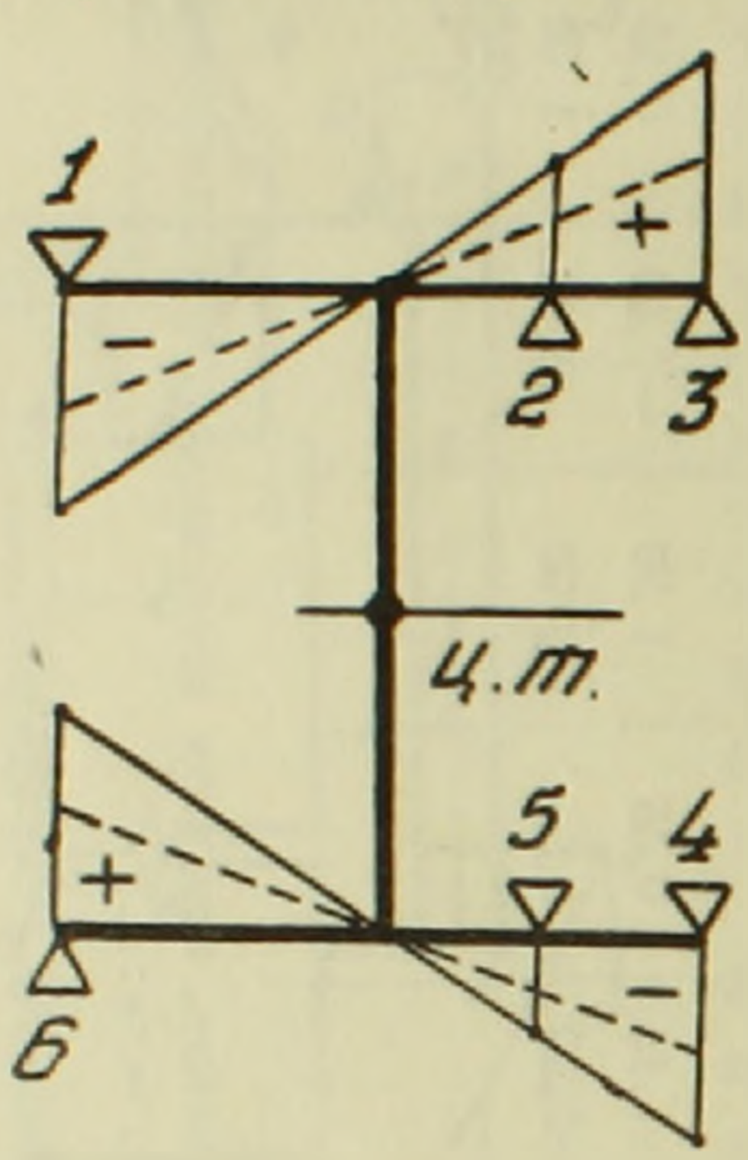
№№ образцов	Характеристика образцов	Нагрузка P кг	Опытные величины относительных продольных деформаций, увеличенные в 10 0 раз								
			$z = 0{,}33L$	$z = 0{,}52L$	$z = 0{,}72L$	$z = 0{,}9L$ в точках сечения по фиг. 2 и 3					
						1	2	3	4	5	6
1—2	$h : \delta = 19{,}2$ $h = b = 48$ *мм* $\omega_к = 545$ *мм*² $I_\omega = 23{,}8 \times 10^6$ *мм*⁶ $e = 32$ *мм* $f = 45{,}5$ *мм*	750* 875** 1000**	0,4 0,5 0,6	0,45 0,6 —	0,70 0,80 —	—1,00 —1,40 —1,75	0,45 0,70 0,80	1,00 1,40 1,70	—0,95 —1,35 —1,60	—0,45 —0,70 —0,85	0,95 1,40 1,70
1—5	$h : \delta = 16$ $h = b = 48$ *мм* $\omega_к = 540$ *мм*² $I_\omega = 28 \times 10^6$ *мм*⁶ $e = 32$ *мм* $f = 45$ *мм*	950* 1100** 1250**	0,25 0,35 0,40	0,35 0,45 0,55	0,6 0,80 —	—0,90 —1,15 —1,90	0,40 0,55 0,95	0,85 1,20 2,00	—0,85 —1,20 —1,95	0,40 0,55 1,00	0,80 1,20 2,00

* Нагрузка, при которой в стержне имеют место только упругие деформации, при этом максимальная продольная относительная деформация точек в сечении $z = 0{,}9L$, подсчитанная по формуле (1), $\varepsilon_\omega = \varepsilon_п = \sigma_п : E$.

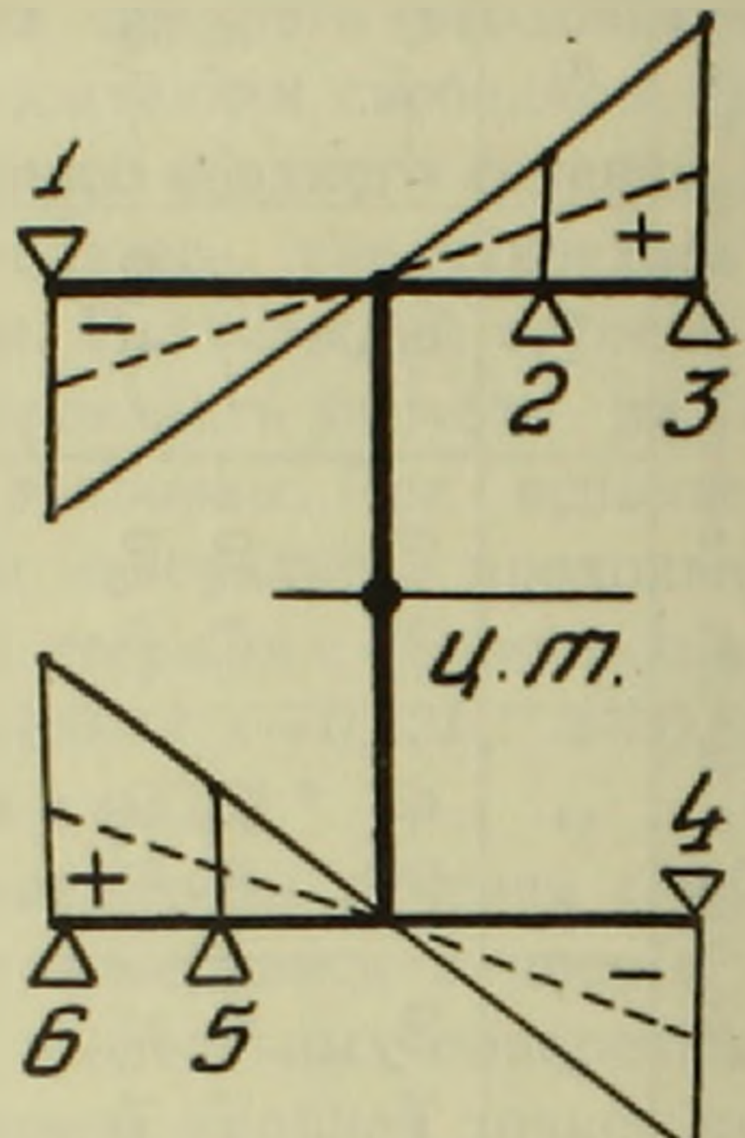
** Нагрузка при которой в сечении $z = 0{,}9 \cdot L$ имеют место упруго-пластические деформации.

ная отношению жесткости при чистом кручении $GI_к$ к секториальной жесткости сечения $EI_ω$.

В сечении $z = 0{,}9 \cdot L$ испытанных стержней при первой ступени нагружения имели место упругие деформации, а при второй и третьей ступенях нагружения—упруго пластические деформации. На фиг. 2 и 3 графически изображены деформации в шести точках стержня



Фиг. 2. Эпюра продольных деформаций точек сечения $z=0{,}9L$ образца I—2 ($h:\delta=19{,}2$). Штрих-линия — упругие деформации. Сплошная линия — упруго-пластические деформации.



Фиг. 3. Эпюра продольных деформаций точек сечения $z=0{,}9L$ образца I—5 ($h:\delta=16$). Штрих-линия — упругие деформации. Сплошная линия — упруго-пластические деформации.

в сечении $z = 0{,}9 \cdot L$. Штрих-линия соответствует упругой, а сплошная линия — упруго-пластической продольной деформации точек сечения.

Приведенные опытные данные показывают, что гипотеза В. З. Власова о депланации сечений тонкостенного стержня по закону секториальных площадей практически справедлива и для упруго-пластической стадии работы профиля Н-образного сечения.

Институт строительных материалов и сооружений
Академии наук Армянской ССР

Վ. Վ. ՓԻՆՋՅԱՆ

Ջողի կտրվածքի դեպլանացիայի փորձնական ուսումնասիրությունը պլաստիկ գոնայում, համատեղ ծռման և ոլորման դեֆորմացիաների առկայության դեպքում

Առաձգա-պլաստիկ ստադիայում բարակապատ ձողի կտրվածքի դեպլանացիայի բնույթի վերաբերյալ փորձնական տվյալներ մինչև այժմ չկան։

Հոդվածի հեղինակի փորձերը ցույց են տալիս, որ պլաստիկ գոնայում H տիպի պրոֆիլով ձողի ընդլայնական կտրվածքի դեպլանացիան տեղի է ունենում սեկտորիալ մակերեսների օրենքով։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *В. З. Власов*, Тонкостенные упругие стержни. М., 1940. [2] *А. А. Уманский*, Кручение и изгиб тонкостенных авиаконструкций. М., 1939.