

Николай Рангелов

**СТОМАНЕНИ КОНСТРУКЦИИ
ОТ ТЪНКОВИ
СТУДЕНОФОРМУВАНИ
ЕЛЕМЕНТИ**

**ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ
И ПРОЕКТИРАНЕ СЪГЛАСНО
БДС EN 1993-1-3
И БДС EN 1993-1-5**



КАМАРА НА ИНЖЕНЕРИТЕ В
ИНВЕСТИЦИОННОТО ПРОЕКТИРАНЕ
РЕГИОНАЛНА КОЛЕГИЯ СОФИЯ-ГРАД
www.kiip-sofia.com

Книгата разглежда един специфичен вид стоманени конструкции от студеноформувани тънкостенни елементи. Такива елементи се отличават с характерни особености и проявяват специфично поведение, поради което за тяхното проектиране е обособена отделна част на стандарта БДС EN 1993-1-3. В Глава 2 са разгледани теоретичните основи на методите за проектиране, залегнали в БДС EN 1993-1-3 и БДС EN 1993-1-5. Те следва да се схващат по-общо, тъй като някои от тях са валидни за стоманените конструкции изобщо. Изяснени са и специфични аспекти на поведението на тънкостенните елементи.

В Глава 3 се разглежда носимоспособността на напречните сечения на тънкостенните елементи при отчитане на местната и дисторсионната загуба на устойчивост чрез т.нар. изчислително напречно сечение. В Глава 4 се разглежда носимоспособността на устойчивост на елементи. Отделено е място за изясняване на теоретичните основи на базовите методи на БДС EN 1993-1-1 за случаите на центричен натиск, огъване и нецентричен натиск, които са валидни не само за тънкостенните елементи. Разгледани са особеностите при тънкостенните елементи, свързани с отчитането на взаимодействието между местна, дисторсионна и обща устойчивост.

Глава 5 е посветена на специфичните за конструкциите от студеноформувани профили и профилирани ламарини съединения: самонарязващи винтове, прострелващи пирони, слепи нитове, точкови заваръчни шевове.

Глава 6 включва някои специални приложения. Основно внимание е отделено на проектирането на столици с отчитане на укрепващата функция на покритието. Разгледано е и отчитането на диафрагмовото действие на покривните и стенните обшивки.

Авторът изказва благодарност на рецензентите доц. д-р инж. Георги Линков и инж. Стефан Маринов за внимателния и критичен прочит на книгата, както и за отправените забележки и препоръки, спомогнали за подобряването на текста.

Книгата е предназначена за строителни инженери-конструктори, които се занимават със стоманени конструкции. Тя представлява интерес и за студентите и докторантите по строително инженерство с афинитет към стоманените конструкции за по-задълбочено запознаване с някои общи теоретични постановки и със специфичните особености при тънкостенните елементи. Материалът е богат илюстриран с голям брой фигури и таблици, както и с подробно разработени примери.

© Николай Найденов Рангелов, автор, 2015

Предпечатна подготовка: авторът

© Издател: Камара на инженерите в инвестиционното проектиране (КИИП)

Регионална колегия София-град.

бул. „Ген. Тотлебен“ 28, София, тел.: +359-2-851.82.41, факс: +359-2-851.82.43

© Печат и графично оформление: «Дарита Дизайн Студио», 2015

www.darita-bg.com

ISBN: 978-619-90034-0-4

СЪДЪРЖАНИЕ

Предговор	7
Глава 1. Въведение	9
1.1 Студеноформувани профили. Основни понятия. Предимства	9
1.2 Методи за производство	11
1.3 Материали	13
1.3.1 Влияние на студено формуване	13
1.3.2 Конструкционна стомана. Анतिकорозионна защита	15
1.3.3 Изчислителна дебелина	16
1.4 Други характерни особености при студеноформуваните профили	16
1.4.1 Остатъчни напрежения	16
1.4.2 Сложно поведение при устойчивостта	17
1.4.3 Специфични съединения и съединителни средства	18
1.5 Характерни приложения	19
1.6 Основи на проектирането	21
Глава 2. Основни теоретични въпроси	23
2.1 Устойчивост и следкритично поведение на стени, натоварени в своята равнина	23
2.1.1 Следкритично поведение на плочи, натоварени в равнината си с нормални напрежения	23
2.1.2 Теоретични основи	25
2.1.3 Метод на ефективните широчини	27
2.1.4 Методика на EN 1993-1-5 за стени без вкоравители	30
2.1.5 Ефективна широчина за коравина. Експлоатационни гранични състояния	32
2.1.6 Следкритична носимоспособност на срязване	34
2.2 Дисторсионна загуба на устойчивост	36
2.2.1 Същност на проблема	36
2.2.2 Методика на EN 1993-1-3	38
2.3 Други явления, свързани с моделирането на напречните сечения	41
2.3.1 Вдлъбване на пояси (flange curling)	41
2.3.2 Задържане от хлъзгане (изоставане от срязване, shear lag)	43
2.4 Усукване	45
2.4.1 Общи положения	45
2.4.2 Чисто усукване	46
2.4.3 Усукване с възпрепятствана депланация (стеснено усукване)	47

Глава 3. Носимоспособност на напречни сечения	51
3.1 Моделиране на напречните сечения	51
3.1.1 Номинални и заместващи размери. Закръгления на ъглите	51
3.1.2 Нетно сечение при наличие на отвори	53
3.1.3 Ограничения в размерите и обхват на валидност	54
3.1.4 Моделиране на стените на напречното сечение	55
3.2 Отчитане на местна и дисторсионна загуба на устойчивост. Изчислително напречно сечение	56
3.2.1 Стени без вкоравители	56
<i>Пример 3.1: Елемент със стени без вкоравители</i>	56
3.2.2 Стени с крайни или междинни вкоравители	58
3.2.2.1 Общи положения	59
3.2.2.2 Стени с крайни вкоравители	60
3.2.2.3 Стени с междинни вкоравители	62
<i>Пример 3.2: Елемент със стени с крайни вкоравители</i>	64
3.3 Носимоспособност на напречни сечения	71
3.3.1 Общи положения	71
3.3.2 Центричен опън	72
<i>Пример 3.3: Изчислителна носимоспособност на центричен опън</i>	72
3.3.3 Центричен натиск	73
3.3.4 Носимоспособност на огъване	74
3.3.4.1 Еластична носимоспособност	74
3.3.4.2 Еластопластична носимоспособност с провлачане при натиснатия пояс	75
3.3.4.3 Еластопластична носимоспособност с провлачане само при опънатия пояс	75
<i>Пример 3.4: Носимоспособност на напречно сечение на огъване</i>	76
3.3.5 Носимоспособност на срязване	76
3.3.6 Усукване	77
3.3.7 Местно напречно натоварване	79
3.3.7.1 Общи положения	79
3.3.7.2 Напречни сечения с единично незакоравено стебло	80
3.3.7.3 Други случаи	82
3.3.8 Комбинирано действие на опън с огъване	83
3.3.9 Комбинирано действие на натиск с огъване	83
<i>Пример 3.5: Носимоспособност на напречно сечение, подложено на натиск и огъване</i>	84
3.3.10 Комбинирано действие на срязваща сила, осова сила и огъващ момент	84
3.3.11 Комбинирано действие на огъващ момент и местен напречен товар или опорна реакция	85
<i>Пример 3.6: Носимоспособност на двуотворна греда, укрепена срещу измятане</i>	86

Глава 4. Поведение и носимоспособност на устойчивост на елементи	89
4.1 Въведение. Общи положения	89
4.2 Центрично натиснати елементи	91
4.2.1 Теоретични основи на базовия подход на EN 1993-1-1	91
4.2.1.1 Поведение на натиснат прът с начални несъвършенства	91
4.2.1.2 Уравнение на Ayrton-Perry-Robertson	92
4.2.1.3 Стандартни европейски криви на изкълчване	93
4.2.2 Особености при тънкостенните елементи	95
4.2.2.1 Влияние на местната загуба на устойчивост	95
4.2.2.2 Усуквателна и огъвно-усуквателна форма на загуба на устойчивост	95
4.2.3 Носимоспособност на центрично натиснати елементи съгласно EN 1993-1-3	96
4.2.3.1 Общи положения	96
4.2.3.2 Равнинно изкълчване	96
4.2.3.3 Усуквателна и огъвно-усуквателна форма на загуба на устойчивост	97
<i>Пример 4.1: Носимоспособност на центрично натисната колона</i>	100
4.3 Елементи, подложени на огъване	103
4.3.1 Теоретични основи. Критичен огъващ момент	103
4.3.2 Носимоспособност на измятане на греди с постоянно сечение съгласно EN 1993-1-3 / EN 1993-1-1	107
4.3.3 Опростен метод за греди с укрепления	108
<i>Пример 4.2: Носимоспособност на гредата при измятане</i>	110
4.4 Елементи, подложени на огъване и осов натиск (нецентричен натиск)	112
4.4.1 Въведение. Теоретични основи	112
4.4.2 Проверка на елементи с постоянно напречно сечение, подложени на огъване и осов натиск, съгласно EN 1993-1-1	114
4.4.3 Алтернативно уравнение на взаимодействие съгласно EN 1993-1-3	118
<i>Пример 4.3: Носимоспособност на колона, подложена на натиск и огъване</i>	118
Глава 5. Съединения при конструкциите от студеноформувани елементи	121
5.1 Въведение	121
5.1.1 Общи положения	121
5.1.2 Класификация на съединителните средства	121
5.1.3 Поведение и механични характеристики	123
5.2 Видове съединителни средства. Описание и особености в поведението	124
5.2.1 Болтови съединения	124
5.2.2 Съединения с винтове	125
5.2.3 Слепи нитове	127
5.2.4 Прострелващи пирони	128
5.2.5 Заварени съединения	129

5.3	Носимоспособност и проектиране на съединения	130
5.3.1	Общи положения	130
5.3.2	Съединения с механични съединителни средства	132
5.3.2.1	Общи положения	132
5.3.2.2	Болтови съединения	134
5.3.2.3	Съединения със самонарязващи винтове	135
5.3.2.4	Съединения със слепи нитове	136
5.3.2.5	Съединения с прострелващи пирони	137
5.3.3	Заварени съединения	138
5.3.3.1	Общи указания	138
5.3.3.2	Точкови заваръчни шевове	139
5.3.3.3	Ъглови заваръчни шевове при съединения с припокриване	140
5.3.3.4	Електродъгови точкови и удължени заваръчни шевове	141
5.4	Възли в рамкови конструкции	143
5.4.1	Въведение	143
5.4.2	Характерни конструктивни решения	144
5.4.3	Едно изследване на рамкови възли	147
5.4.4	Заклучителни бележки и препоръки	150
Глава 6.	Специални приложения	151
6.1	Столици, укрепени от покритието	151
6.1.1	Напречни сечения, опорни детайли и статически схеми	151
6.1.2	Общи положения. Моделиране на укрепването	154
6.1.3	Проектни условия	155
6.1.3.1	Просто подпрени столици	156
6.1.3.2	Непрекъснати столици на два отвора	156
6.1.3.3	Непрекъснати столици с припокривания или снаждания	156
6.1.4	Изчислителна носимоспособност на напречните сечения	157
6.1.5	Устойчивост на свободния пояс	160
6.1.6	Коравина на укрепването, осигурено от покритието	162
	<i>Пример 6.1: Проектиране на просто подпряна столица</i>	166
6.1.7	Заклучителен коментар – едно допълнително изследване	172
6.2	Отчитане на съдействието на покривните и стенните диафрагми	173
6.2.1	Въведение. Диафрагмово действие	173
6.2.2	Условия, ограничения и основни изисквания	175
6.2.3	Диафрагми и дискове. Конструктивни решения	178
6.2.4	Носимоспособност на диафрагми от профилирана ламарина	184
6.2.5	Деформативност на дискове от профилирана ламарина	185
6.2.6	Заклучителен коментар	188
	Литература	189