

Г.А. Нехаев И.А. Захарова

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ



Г.А. Нехаев, И.А. Захарова

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
вузов РФ по образованию в области строительства
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению
270100 «Строительство»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва
2010

Рецензенты: заведующий кафедрой «Металлические конструкции» Московского государственного строительного университета, профессор, доктор технических наук *Ю.И. Кудышин*; заведующий кафедрой «Строительные конструкции» Пензенского государственного архитектурно-строительного университета, член-корреспондент РААСН, профессор, доктор технических наук *Т.И. Баранова*; кафедра «Металлические конструкции и сварка» ВГАСУ, профессор, кандидат технических наук, доцент *А.В. Панин*.

Нехаев Г.А., Захарова И.А.

Металлические конструкции в примерах и задачах: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 128 с.

ISBN 978-5-93093-716-9

Рассмотрены числовые примеры и поставлены задачи по расчету и конструированию основных видов соединений стальных элементов, подбору сечений центрально-сжатых и изгибаемых стержней, расчету узлов ферм из грунтозамкнутых сварных профилей.

Для студентов первого уровня подготовки (бакалавра) по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

ISBN 978-5-93093-716-9

© Нехаев Г.А.,
Захарова И.А., 2010
© Издательство АСВ,
2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. НЕКОТОРЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЙ	6
2. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ЗАГРУЖЕНИЯ ОДНОПРОЛЕТНОЙ И КОНСОЛЬНОЙ БАЛОК	11
3. ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ СТЕРЖНИ	16
3.1. Стержни сплошного сечения	16
3.2. Стержни сквозного сечения	39
4. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	44
4.1. Соединения со стыковыми швами	44
4.2. Соединения с угловыми швами	47
4.3. Угловые швы в тавровых соединениях	50
5. РАСЧЕТ УЗЛОВ ФЕРМ ИЗ ГНУТОЗАМКНУТЫХ СВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ	69
5.1. Расчет пояса фермы на вырывание (продавливание)	69
5.2. Расчет концевого сечения сжатого раскоса	73
5.3. Расчет стенки пояса на местную устойчивость	75
5.4. Расчет сварных швов для крепления раскоса к поясу фермы	76
6. БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	79
6.1. Соединения на обычных болтах	79
6.2. Соединения на высокопрочных болтах	81
7. БАЛКИ	98
7.1. Подбор и проверка сечений балок	98
7.1.1. Балки из прокатных двутавровых профилей	98
7.1.2. Балки в виде сварного двутавра с равными полками	99
7.1.3. Балки из гнутых или прокатных швеллеров	106
7.2. Усиление стальных прокатных балок	111
8. АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ	115
8.1. Краткая характеристика алюминиевых сплавов	115
8.2. Центральные сжатые стержни	115
8.3. Сварные соединения	119
8.4. Балки из двутавровых прессованных профилей	124
ПРИЛОЖЕНИЯ	130
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	139

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие написано в соответствии с учебной программой по дисциплине «Металлические конструкции, включая сварку», для подготовки бакалавра по направлению 270100 «Строительство». Материал учебного пособия рассчитан на получение практических навыков начального этапа освоения основ проектирования простейших элементов и их соединений; имеет целью способствовать проведению практических и самостоятельных занятий по металлическим конструкциям.

Начальные навыки по расчету и конструированию металлических конструкций прививаются студентам при решении конкретных задач. Понимание работы конструкции, а следовательно, сознательное и грамотное выполнение расчета их основывается на умении анализировать напряженное состояние соединения или элемента конструкции и применять знания, полученные при изучении курса «Механика деформируемого твердого тела».

Применение теоретических знаний в практических расчетах конструкций осложняется большим многообразием полученных студентом абстрактных теоретических знаний напряженного состояния объекта и неумением применять их для конкретных задач.

Важно на первом этапе практического изучения металлических конструкций повторить материал теоретических курсов по определению напряжений в сечениях элементов, вспомнить правила построения эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил на примерах простейших балок. Понимание напряженного состояния соединения или элемента конструкции позволит быстро и правильно подобрать нужную расчетную формулу, осознанно решить задачу. Следовательно, основным начальным этапом освоения практических методов расчета металлических конструкций является повторение материала из теоретических курсов по построению эпюр напряжений в сечениях балок и воспроизведению формул по вычислению геометрических характеристик сечений.

Все элементарные задачи по расчету металлических конструкций в зависимости от поставленной цели можно свести к трем типам:

- 1) прямой тип, суть которого заключается в определении размеров соединений (сварных швов, болтов) или сечения элемента при заданных значениях расчетного усилия, марки стали, условий работы, расчетной схемы;

2) обратный тип: определение несущей способности элементов при известных значениях их размеров (сечений, длины, условий закрепления по концам), марки стали, условий работы;

3) проверочный тип: известны все силовые и геометрические величины объекта, марка стали, условия работы, расчетная схема. Требуется определить напряжения и сравнить их с соответствующими расчетными сопротивлениями.

При решении задач по расчету соединений возможен комбинированный тип первого и второго.

Рекомендации по решению задач:

1) внимательно прочитать условие задачи (вникнуть в суть задачи) и уяснить:

- исходные данные;
- их размерности;
- искомые величины;
- установить тип задачи;
- понять рисунок (если он приводится);

2) установить по условию задачи и рисунку вид силового воздействия на рассматриваемый стержень (осевое растяжение, осевое сжатие – устойчивость, изгиб, срез, растяжение с изгибом, сжатие с изгибом);

3) применительно к установленному силовому воздействию и типу задачи подобрать расчетные формулы для определения напряжений (нормальных, касательных, приведенных) или деформаций;

4) выбрать размерности величин (рекомендуется вести расчеты в кН и см);

5) проанализировать расчетные формулы на предмет того, какие величины известны и какие надо определить;

6) выбрать из СНиП II-23-81* значения прочностных характеристик и приступить к определению необходимых величин в соответствии с условиями и типом задачи;

7) проанализировать полученные результаты.

Авторы выражают глубокую признательность завкафедрой «Металлические конструкции» МГСУ, профессору, доктору технических наук Ю.И. Кудишину, завкафедрой «Строительные конструкции» ПГАСУ, члену-корреспонденту РААСН, профессору, доктору технических наук Т.И. Барановой и профессору ВГАСУ А.В. Панину за нелегкий труд по рецензированию данной работы и ценные замечания.

1. НЕКОТОРЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЙ

Положение центра тяжести сечения (рис. 1) определяется по формуле

$$X_0(Y_0) = \frac{\sum S_{xi}(S_{yi})}{\sum A_i}, \quad (1)$$

где $\sum S_{xi}(S_{yi})$ – сумма статических моментов простых фигур относительно выбранной оси $X_1(Y_1)$.

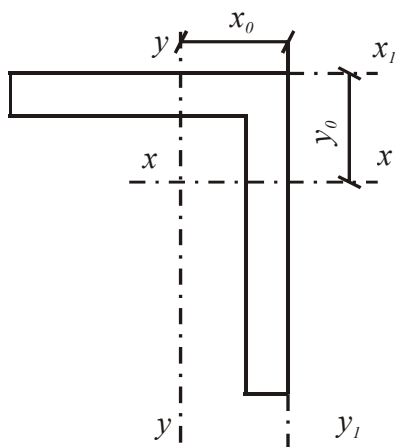


Рис. 1. К определению положения центра тяжести сечения

Статический момент фигуры относительно рассматриваемой оси равен произведению площади фигуры на расстояние от центра тяжести этой фигуры до рассматриваемой оси.

Оси координат, проходящие через центр тяжести фигуры, называются центральными осями.

Важной геометрической характеристикой сечения стержней, рассчитываемых на изгиб или устойчивость, является момент инерции. Момент инерции сложной фигуры равен сумме моментов инерций простых фигур (на которые разбивается сложная фигура) относительно собственных центральных осей и произведений площадей простых фигур на квадрат расстояния от центров тяжести простых фигур до рассматриваемой оси. Например (рис. 2),

$$J_x = J_{1,x} + J_{2,x} + J_{3,x} + A_1 \cdot y_1^2 + A_2 \cdot y_2^2 + A_3 \cdot y_3^2; \quad (2)$$

$$J_y = J_{1,y} + J_{2,y} + J_{3,y}.$$

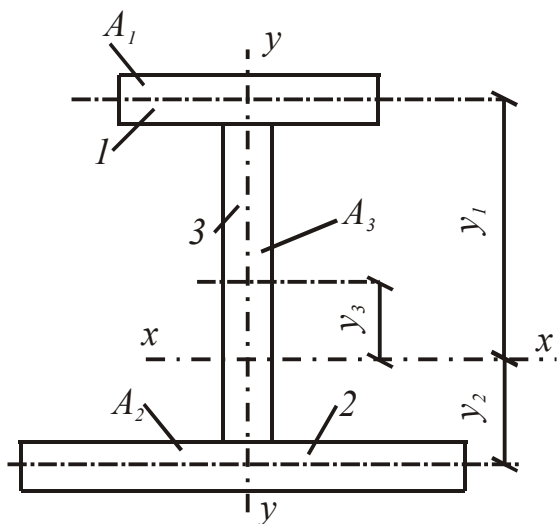


Рис. 2. К определению момента инерции сложной фигуры

При расчете тонкостенных стержней с несимметричными сечениями встречаются следующие новые геометрические характеристики:

1) секториальный статический момент (см^4)

$$S_\omega = \int_A \omega dA; \quad (3)$$

2) секториально-линейный статический момент (см^5)

$$S_{\omega,x} = \int_A \omega y dA; \quad (4)$$

3) секториальный момент инерции (см^6)

$$J_\omega = \int_A \omega^2 dA, \quad (5)$$

где ω – удвоенная площадь сектора, образованного при вращении радиус-вектора по ходу часовой стрелки вокруг полюса A . Конец радиус-вектора при образовании ω перемещается по профилю сече-

ния от начальной точки A_0 . Полус A называется центром изгиба (рис. 3).

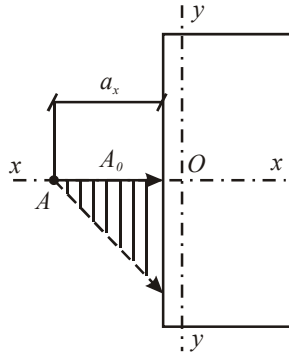


Рис. 3. К определению секториальных характеристик

Положение центра изгиба

$$a_x = -\frac{S_{\omega_0 y}}{J_x}, \tag{6}$$

где $S_{\omega_0 y}$ – секториально-линейный момент в точке A_0 .

$$S_{\omega_0 y} = \int \omega y dA.$$

Для швеллерного сечения центр изгиба располагается на оси симметрии сечения ($a_y = 0$).

Интегрирование эпюр (рис. 4, 5), как произведение $\omega_0 y$, производится по правилу Верещагина

$$S_{\omega_0 y} = \frac{b^2 h^2 t}{4}, \tag{7}$$

где t – толщина элементов сечения швеллера (предполагается постоянной).

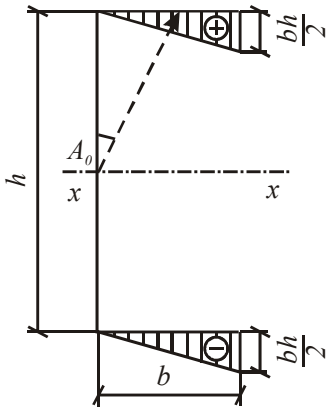


Рис. 4. Эпюра ω_0

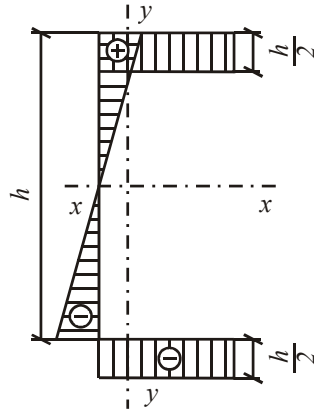


Рис. 5. Эпюра ω

Момент инерции относительно оси x

$$J_x = \frac{th^3}{12} + 2 \cdot b \cdot t \cdot \frac{h^2}{4}. \quad (8)$$

Подставляя (7) и (8) в (6), получим

$$a_x = -\frac{3b^2}{6b+h}. \quad (9)$$

Получив значение a_x , построим эпюру секториальных площадей относительно центра изгиба (рис. 6).

Секториальный момент инерции швеллера

$$J_\omega = \int_A \omega^2 dA = t \int_S \omega \cdot \omega \cdot dS. \quad (10)$$

По правилу Верещагина получим

$$J_\omega = t \left[\frac{h^3 a_x^2}{12} + \frac{h^2 a_x^3}{6} + \frac{h^2 (b - a_x)^3}{6} \right]. \quad (11)$$

Для двутавра секториальный момент инерции определяется по формуле

$$J_x = \frac{b^3 h^2 t}{24}, \quad (12)$$

а эпюра секториальных площадей показана на рис. 7.

2. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ЗАГРУЖЕНИЯ ОДНОПРОЛЕТНОЙ И КОНСОЛЬНОЙ БАЛОК

Пример 1. Построить эпюры моментов и поперечных сил; записать формулы для максимальных значений внутренних усилий и прогиба балки на двух опорах (рис. 8).

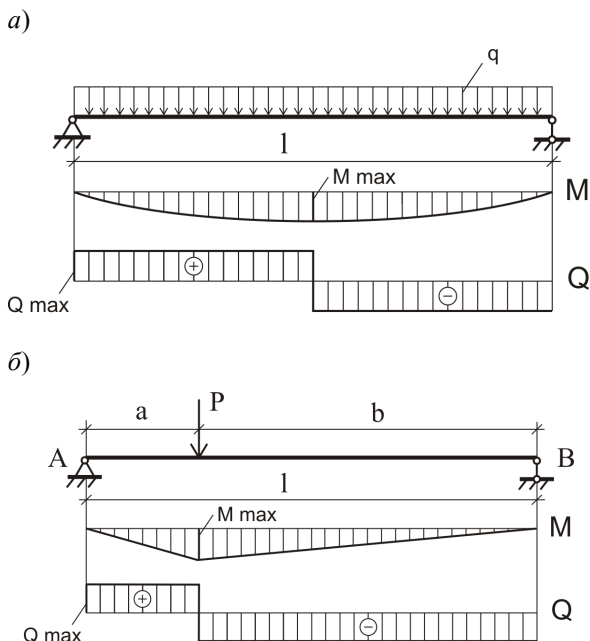


Рис. 8. Балка на двух опорах

$$a) \quad M_{\max} = \frac{q \cdot \ell^2}{8}; \quad Q_{\max} = \frac{q \cdot \ell}{2}; \quad f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot \ell^4}{E \cdot J_x}; \quad (13)$$

$$b) \quad M_{\max} = P \cdot \frac{a \cdot b}{\ell}; \quad Q_{\max} = P \cdot \frac{b}{\ell}; \quad f_{\max} = P \cdot \frac{a^2 \cdot b^2}{3 \cdot E \cdot J_x \cdot \ell}. \quad (14)$$

Задача 1. Построить эпюры M и Q ; записать формулы для M_{\max} , Q_{\max} и f_{\max} консольной балки для двух схем загрузки (рис. 9).

Пример 2. Определить геометрические характеристики двутаврового сечения 70Б1 и сравнить их с данными в сортаменте (рис. 10).

Площадь сечения:

$$A = 1,2 \cdot 66,0 + 2 \cdot 1,55 \cdot 26,0 = 159,8 \text{ см}^2$$

($A = 164,7 \text{ см}^2$ – по сортаменту;

разница $\frac{164,7 - 159,8}{164,7} \cdot 100\% \approx 3\%$).

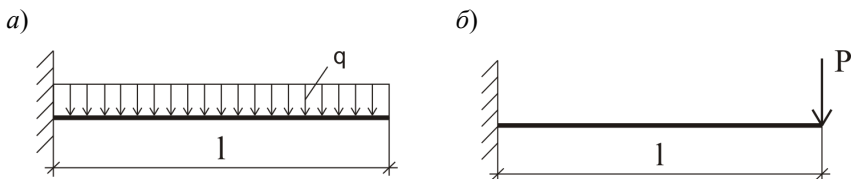


Рис. 9. Консольная балка

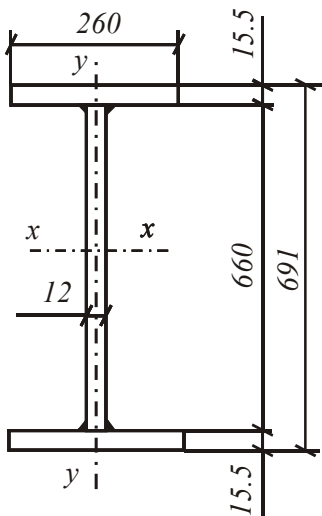


Рис. 10. Двутавровое сечение

Моменты инерций:

$$J_x = \frac{1,2 \cdot 66,0^3}{12} + 2 \cdot 1,55 \cdot 26,0 \cdot \left(\frac{66,0}{2} + \frac{1,55}{2} \right)^2 = 120694 \text{ см}^4$$

Учебное пособие

Геннадий Алексеевич **Нехаев**
Ирина Александровна **Захарова**

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ

Редактор: *Г.М. Мубаракшина*
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*
Компьютерная верстка: *О.В. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Подписано к печати 03.05.10. Формат 60x90/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 9 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>