

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра будівельної, теоретичної та прикладної механіки

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ З ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ
на тему «Розрахунок стаціонарного обладнання для обслуговування
автомобілів»**

для студентів спеціальності
274 Автомобільний транспорт

м. Дніпро
2016

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

1. Введение	3
2. Структура курсовой работы	3
3. Требования к оформлению и содержанию	3
4. Порядок защиты курсовой работы	5
5. Список рекомендуемой литературы	5
6. Приложения:	
<i>Приложение 1</i> Титульный лист.....	6
<i>Приложение 2</i> Задание к курсовой работе	7
<i>Приложение 3</i> Варианты численных значений.....	8
<i>Приложение 4</i> Варианты расчетных схем	9
<i>Приложение 5</i> Пример расчета.....	10
<i>Приложение 6</i> Контрольные вопросы.....	21
<i>Приложение 7</i> Таблицы сортамента прокатной стали	22

1. ВВЕДЕНИЕ

При изучении фундаментальных дисциплин для студентов наиболее сложным является применение полученных знаний в расчетах реальных конструкций. Для студентов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» курс «Сопротивление материалов» завершается выполнением курсовой работы, содержащей расчет на прочность элементов установки для обслуживания автомобилей. Выполняя курсовую работу, студенты должны использовать знания и умения по определению геометрических характеристик сечения, определения нагрузок по несущей способности, исследования функций на экстремум, расчета сварных соединений.

Целью курсовой работы является формирование у студентов навыков расчета на прочность элементов конструкции стационарной установки для обслуживания автомобилей при возможном критическом нагружении.

Индивидуальные задания на курсовую работу выдаются руководителем согласно базовым вариантам, приведенным в приложениях.

2. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа представляет собой расчетно-пояснительную записку с графической частью. Графическая часть включает в себя расчетные схемы и эпюры внутренних усилий, которые могут выполняться на листах формата А4 карандашом или на ПК при помощи различных прикладных программ КОМПАС, AutoCAD, SolidWorks и др.

Пояснительная записка общим объемом до 10 стр. машинописного текста выполняется на листах формата А4 с одной стороны. Допускается выполнение пояснительной записки рукописным текстом.

Пояснительная записка содержит:

- титульный лист;
- содержание
- задание на курсовую работу;
- введение;
- определение момента сопротивления сечения и максимального изгибающего момента, который балка может безопасно выдержать;
- нахождение наиболее невыгодного положения автомобиля;
- определение наибольшего веса автомобиля;
- расчет сварных швов;
- выводы;
- список использованных источников.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ

Титульный лист должен быть оформлен согласно примеру в Приложении 1.

Введение. Содержит формулировку цели расчетов, расчетную схему установки, вид поперечного сечения опорной балки и значения исходных данных.

Определение момента сопротивления сечения производится в следующей последовательности:

- 1) вычеркивается поперечное сечение балки в масштабе;
- 2) находится положение главных центральных осей сечения;
- 3) относительно главной горизонтальной оси определяется момент инерции и момент сопротивления сечения.

По полученному значению момента сопротивления сечения и допускаемому напряжению их условия прочности при изгибе по нормальным напряжениям находятся максимальный изгибающий момент, который может выдержать балка.

Наиболее невыгодное положение автомобиля находят исходя из того, что при этом изгибающий момент получает наибольшее значение. Для решения этой части работы составляется расчетная схема при произвольном положении автомобиля, по которой находятся функции изгибающего момента на участках и исследуются на экстремум. В результате исследования для координаты X определяющей наиболее невыгодное положение находим значение максимального изгибающего момента, выраженного в долях силы P (веса автомобиля) и приравнивая его к наибольшему изгибающему моменту. Из условия прочности находим предельный вес автомобиля.

Рассчитывая толщину сварных швов, скрепляющие элементы балки, учитываем, что расчетная сдвигающая сила не должна превышать допускаемую.

Расчетная сдвигающая сила определяется по формуле [1, 2]

$$T_{расч} = \frac{Q_{max} S_{омс}}{J_x}$$

где Q_{max} - максимальная по модулю поперечная сила в наиболее невыгодном положении автомобиля;

$S_{омс}$ - статический момент части поперечного сечения, расположенного над сварным швом относительно оси X ;

J_x - осевой момент инерции сечения.

Максимально допускаемая сдвигающая сила T_{max} равна

$$[T_{max}] = n \cdot 0,7k [\tau_s],$$

где n - число сварных швов в соединении;

k - катет шва;

$[\tau_s]$ - допускаемое касательное напряжение для сварных швов.

Выводы должны содержать краткое обоснование полученных значений максимального веса машины, которая может обслуживаться на данной стационарной установке, и минимального катета соединительных сварных швов.

Список литературы оформляется в соответствии ДОСТУ ГОСТ 7.1-2006.

Пример:

1. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник/ Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Є.С. Уманський: За ред.. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.

4. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

К защите допускаются работы, выполненные в соответствии с заданием и методическими рекомендациями к курсовой работе, проверенные и допущенные к защите руководителем.

Работа должна быть подписана студентом и руководителем.

Защита происходит в виде публичного доклада перед комиссией и студентами.

По результатам представленных материалов и защиты, комиссия выносит соответствующую оценку курсовой работе.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник/ Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Є.С. Уманський: За ред.. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.
2. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. Изд 3-е. М. «Высшая школа», 1969 г. – 734 с.
3. Тарг С.М. «Краткий курс теоретической механики» М.: Высшая школа, 1986г. с.416

**Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий
університет»**

кафедра будівельної, теоретичної та прикладної механіки

КУРСОВА РОБОТА

3 _____
(назва дисципліни)

на тему: _____

Студента (ки) ____ курсу _____ групи
напряму підготовки _____
спеціальності _____

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ESTS _____

Члени комісії

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

м. _____ 20__ рік

Задание
к курсовой работе
по сопротивлению материалов
ст. гр. _____
Вариант _____

Выполнить расчет стационарной установки для обслуживания автомобилей, несущими элементами которой являются две балки. На них устанавливается автомобиль для проведения необходимых работ

Рис. 1. Расчетная схема опорной балки

Рис. 2. Схема поперечного сечения балки

Общий вес автомобиля с грузом составляет $2P$, причем на одну ось (на два колеса) передается давление $\frac{n-1}{n} \cdot 2P$, а на другую $\frac{2P}{n}$, где коэффициент n характеризует распределение общей загрузки между осями. Стальная балка пролетом l имеет сечение, вид которого и исходные данные выбираются согласно номеру индивидуального плана студента.

Требуется:

- 1) вычислить наибольший изгибающий момент, который балка может безопасно выдержать;
- 2) определить наиболее невыгодное положение автомобиля на балках;
- 3) найти максимальное значение силы P из условия прочности;
- 4) рассчитать сварные швы по наибольшей поперечной силе.

При расчетах учесть, что $\delta = 0,04h$, $t = 0,03h$, допускаемые напряжения $[\sigma] = 160$ МПа, $[\tau_s] = 110$ МПа.

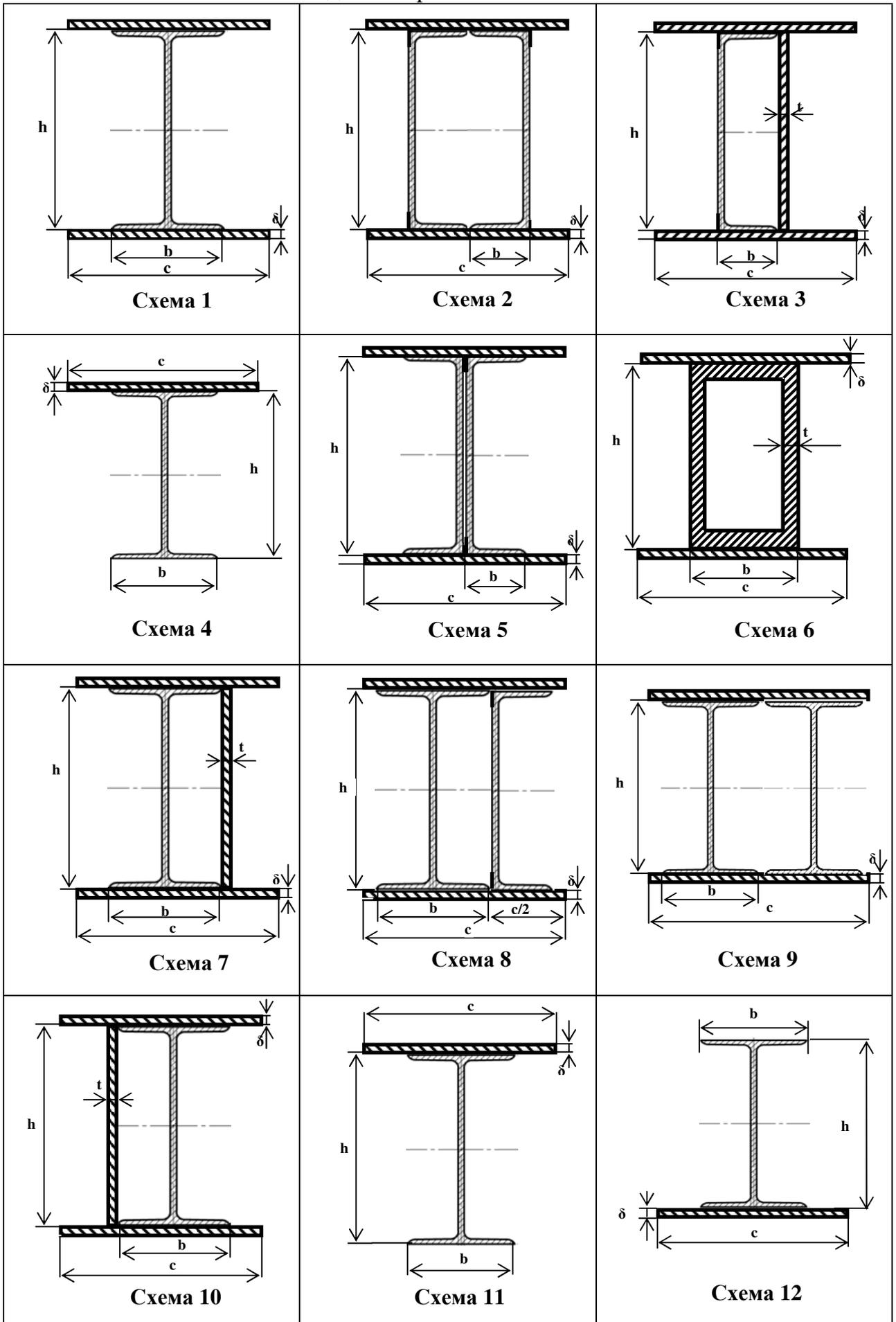
Дата

Подпись преподавателя

Варианты численных значений

№ варианта	№ схемы	№ профиля (двутавр / швеллер)	c	n	$l, (м)$	$a, (м)$
1	11	12	1,2·h	3	5,3	1,5
2	1	14	1,25·h	2,75	5,8	1,8
3	7	16	2,4·h	3	6,45	1,5
4	4	18	2·h	3,5	6,25	1,8
5	12	12	2,25·h	3	5,9	1,75
6	4	14	2,5·h	3,5	6,8	1,8
7	9	16	2·h	3	7,75	1,8
8	1	18	2,5·h	2,75	7,6	1,6
9	3	20	1,5·h	3	8,75	2,5
10	10	22	1,5·h	3	14,0	3,6
11	3	24	1,5·h	3,5	13,5	3,5
12	7	20	1,75·h	3	10,6	3,2
13	9	22	1,5·h	3	9,75	3,2
14	2	24	2,5·h	3,5	11,75	3,75
15	10	22a	1,75·h	4	9,5	2,75
16	5	24a	3,5·h	4,5	10,5	3,3
17	7	22a	2,25·h	4	9,0	2,5
18	3	27	5,65·h	4,5	13,5	4,0
19	5	30	4,35·h	4	12,75	4,25
20	2	40	4,5·h	4	14,5	4,75
21	8	27	2,25·h	4,5	13,0	4,5
22	10	30	3,8·h	4	15,5	4,75
23	8	33	4,25·h	3,5	12,5	2,7
24	2	36	5,5·h	2,75	14,2	3,3
25	5	40	5,25·h	3	16,8	4,2
26	1	45	6,25·h	3,5	13,5	3,5
27	6	50	6,5·h	2,75	15,75	4,2
28	11	55	7,25·h	4	18,2	5,2
29	12	60	8,5·h	3,5	15,5	4,2
30	9	30	3,5·h	3	12,8	3,5

Виды поперечных сечений балки



Государственное высшее учебное заведение
«Национальный горный университет»
кафедра строительной, теоретической и прикладной механики

Курсовая работа

по сопротивлению материалов

на тему «Расчет стационарной установки для обслуживания автомобилей»

Студента(ки) _____ курса _____ группы
направление подготовки:
6.070106 Автомобильный транспорт
специальность:
6.07010601 Автомобили и автомобильное
хозяйство

(фамилия и инициалы)

Руководитель: _____

(должность, ученое звание, научная степень, фамилия и инициалы)

Национальная шкала _____

Кол-во баллов _____ Оценка: ESTS _____

Члены комиссии

(подпись)

(фамилия и инициалы)

(подпись)

(фамилия и инициалы)

Днепропетровск, 20 ____ г.

Содержание

1. Задание на курсовую работу
2. Введение
3. Определение наибольшего изгибающего момента
4. Нахождение наибольшего веса автомобиля
5. Расчет сварных швов
6. Выводы
7. Список использованных источников

2. Введение

Для заданной установки согласно исходным данным для варианта № 3 длина пролета $l=9$ м, расстояние между осями автомобиля $a=1,7$ м. Общий вес автомобиля с грузом составит $2P$, при этом на одну ось передается давление $P_1 = \frac{n-1}{n} 2P$, а на другую $P_2 = \frac{2P}{n}$, где n - коэффициент распределения общей загрузки между осями $n=1,2$. Вид поперечного сечения балки показан на рис. 2

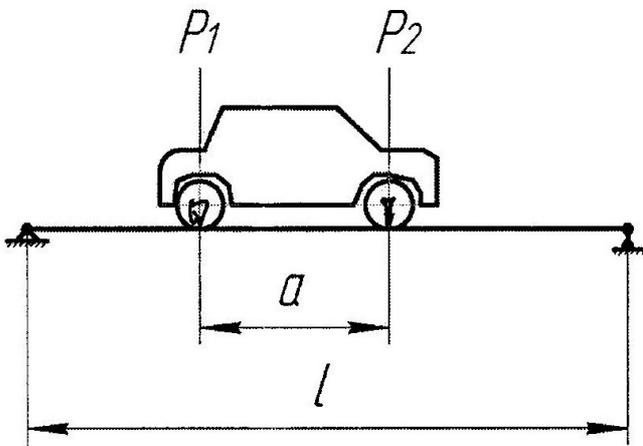


Рис. 1. Расчетная схема опорной балки

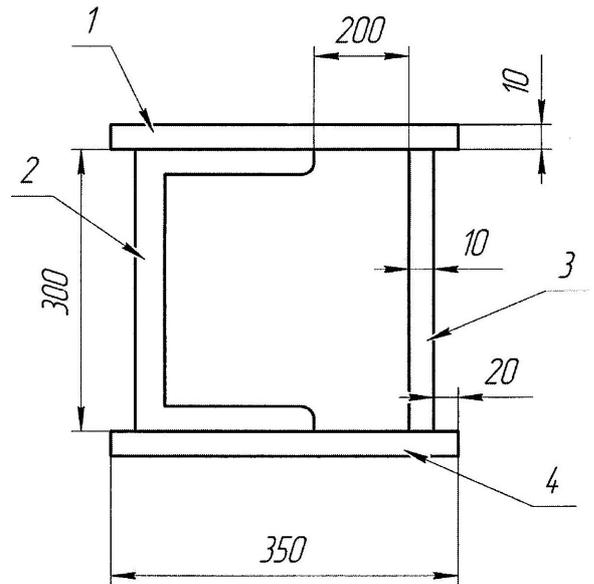


Рис. 2. Схема поперечного сечения балки

3. Определение наибольшего изгибающего момента

Величину наибольшего изгибающего момента определяем из условия прочности балки при изгибе [1]

$$\frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (1)$$

для чего не обходимо найти момент сопротивления сечения W_x , вид которого с указанием размеров показан на рис. 3. Размеры указаны в мм.

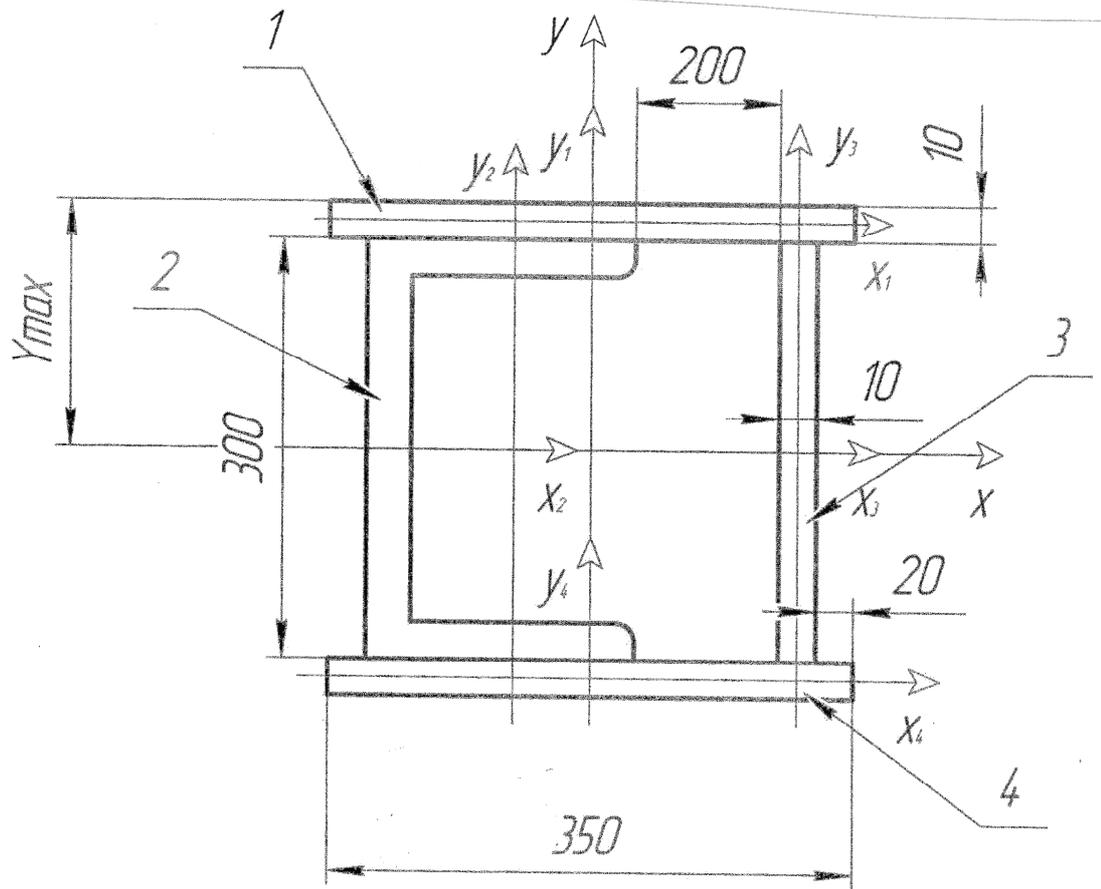


Рис. 3. Поперечное сечение балки

Момент сопротивления сечения W_x определяется по формуле []

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}}, \quad (2)$$

где I_x - главный момент инерции всего сечения относительно оси x ;
 y_x - максимальное расстояние от оси x до поверхности балки.

С учетом симметрии сечения ось x является главной осью. Осевой момент инерции будет равен сумме осевых моментов инерции отдельных элементов сечения относительно той же оси

$$I_x = I_x^{(1)} + I_x^{(2)} + I_x^{(3)} + I_x^{(4)} \quad (3)$$

Осевой момент инерции листа 1 относительно оси x будет равен []

$$I_x^{(1)} = I_{x_1}^{(1)} + a_1^2 \cdot F_1, \quad (4)$$

где $I_{x_1}^{(1)}$ - момент инерции листа 1 относительно главной оси x_1 , параллельной оси x ; a_1 - расстояние между осями x_1 и x ; F_1 - площадь листа.

Для прямоугольного поперечного сечения момент инерции определяем по формуле

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad (5)$$

где b - сторона прямоугольника параллельная оси x ; h - вторая его сторона.
 Подставляя исходные данные, получим

$$I_{x_1}^{(1)} = \frac{35 \cdot 1^3}{12} = 2,917 \text{ см}^4$$

$$a_1 = 15 + 0,5 = 15,5 \text{ см}$$

$$F_1 = 35 \cdot 1 = 35 \text{ см}^2$$

Подставляя в (4) получим

$$I_x^{(1)} = 2,917 + 15,5^2 \cdot 35 = 8412 \text{ см}^4.$$

Так как листы 1 и 4 имеют одинаковые размеры и расположены симметрично оси x , то $I_x^{(4)} = I_x^{(1)} = 8412 \text{ см}^4$.

Осевой момент инерции швеллера № 30 берем из таблицы сортамента

$$I_x^{(2)} = 5810 \text{ см}^4.$$

Осевой момент инерции листа 3 определяем по формуле (5) с учетом соответствующих размеров

$$I_x^{(3)} = \frac{1 \cdot 30^3}{12} = 2250 \text{ см}^4$$

Полный осевой момент инерции сечения равен

$$I_x = 2 \cdot 8412 + 5810 + 2250 = 24884 \text{ см}^4$$

Из рисунка 3 определяем $y_{\max} = 16 \text{ см}$. Находим по формуле (2) момент сопротивления сечения

$$W_x = \frac{24884}{16} = 1555,25 \text{ см}^3 = 1555,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Следовательно, из условия прочности (1) максимальный изгибающий момент не должен превосходить

$$M_{\max} = [\sigma] \cdot W_x,$$

подставляя полученные значения момента сопротивления, определим

$$M_{\max} = 160 \cdot 10^6 \cdot 1555,25 \cdot 10^{-6} = 248 \text{ кНм}.$$

4. Нахождение наибольшего веса автомобиля

Вес автомобиля необходимо определить, учитывая возможное наиболее невыгодное положение автомобиля, при котором изгибающий момент на несущей балке достигнет наибольшего значения.

Составляем расчетную схему (рис. 4) для определения наиболее невыгодного положения автомобиля.

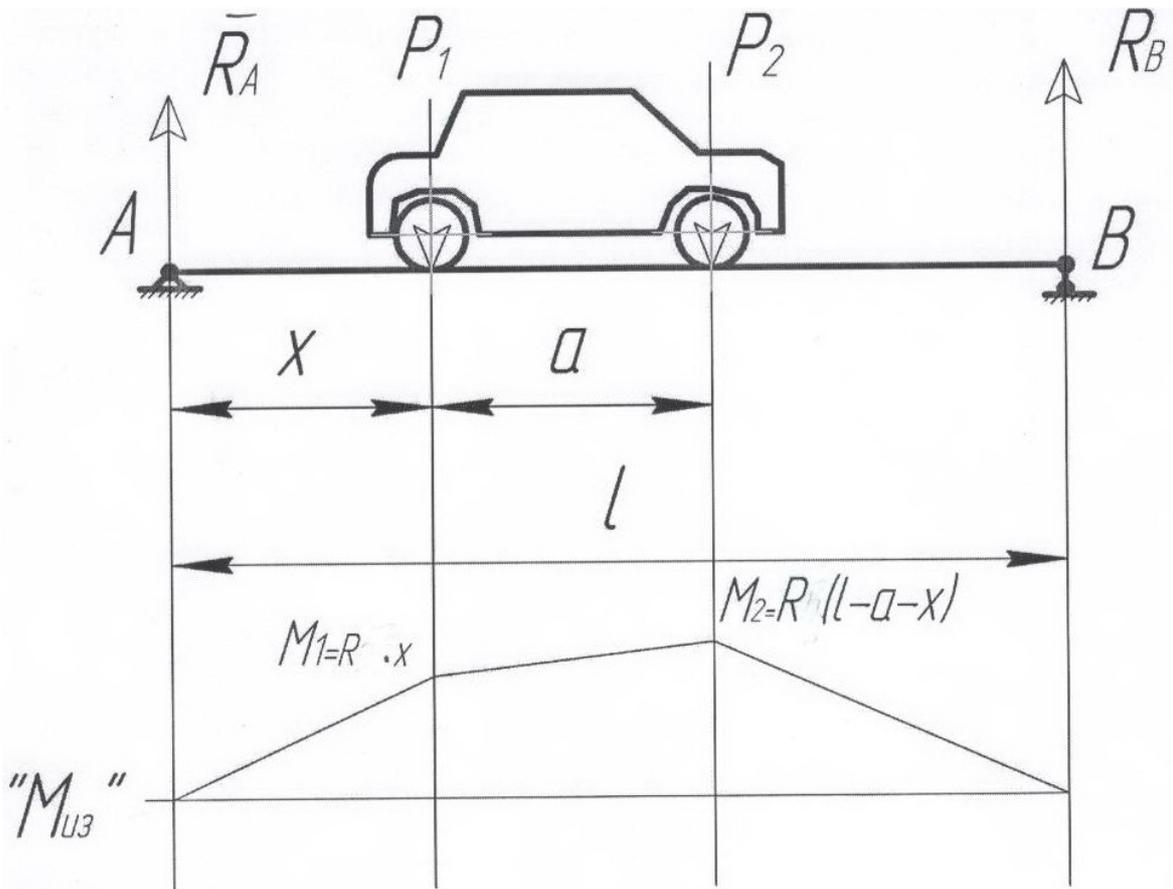


Рис. 4. Схема для исследования положения автомобиля

На расчетной схеме x - текущая координата положения автомобиля; на рис. 4 б показан вид возможной эпюры изгибающих моментов. Для этого случая расположения автомобиля находим реакции опор R_A и R_B из условий равновесия

$$\sum M_A = 0, \quad -P_1 x - P_2(x+a) + R_B l = 0$$

отсюда

$$R_B = \frac{1}{2}(P_1 x + P_2(x+a)). \quad (6)$$

$$\sum M_B = 0, \quad -R_A l + P_1(l-x) + P_2(l-x-a) = 0$$

отсюда

$$R_A = \frac{1}{2}(P_1(l-x) + P_2(l-x-a)). \quad (7)$$

Составим выражение для изгибающего момента M_1 на границе первого участка

$$M_1 = R_A \cdot x = \frac{x}{l}(P_1(l-x) + P_2(l-x-a)).$$

Найдем экстремум функции M_1

$$\frac{dM_1}{dx} = 0$$

$$P_1 l - 2P_1 x + P_2(l - a) - 2P_2 x = 0$$

отсюда

$$x = \frac{(P_1 + P_2)l - P_2 a}{2(P_1 + P_2)} \quad (8)$$

Находим значение P_1 и P_2 согласно исходным данным

$$P_1 = \frac{1,2 - 1}{1,2} 2P = 0,33P \quad P_2 = \frac{2P}{1,2} = 1,67P$$

и подставляем в выражение (8)

$$x = \frac{(0,33P + 1,67P) \cdot 9 - 1,67P \cdot 1,7}{2(0,33P + 1,67P)} = 3,79 \text{ м}$$

Находим по формулам (6) и (7) значение R_B и R_A

$$R_B = \frac{1}{9}(0,33P \cdot 3,79 + 1,67P \cdot (3,79 + 1,7)) = 1,16P$$

$$R_A = \frac{1}{9}(0,33(9 - 3,79) + 1,67(9 - 3,79 - 1,7)) = 0,84P$$

В этом случае на границах участков значение изгибающих моментов M_1 и M_2 будут равны

$$M_1 = R_A \cdot x = 0,84P \cdot 3,79 = 3,18P$$

$$M_2 = R_B(l - a - x) = 1,16P(9 - 1,7 - 3,79) = 4,07P. \quad (9)$$

Найдем значение x , при котором изгибающий момент M_2 принимает экстремальное значение

$$M_2 = R_B(l - a - x) = \frac{1}{l}(P_1 x + P_2(x + a)(l - a - x))$$

$$\frac{dM_2}{dx} = 0, \quad (P_1 + P_2)(l - a) - 2(P_1 + P_2)x - P_2 a = 0$$

$$x = \frac{(P_1 + P_2)(l - a) - P_2 a}{2(P_1 + P_2)} = \frac{(0,33P + 1,67P)(9 - 1,7) - 1,67 \cdot 1,7}{2(0,33P + 1,67P)} = 2,94 \text{ м.}$$

Находим для такого расположения автомобиля реакции R_B и R_A , а также значение моментов M_1 и M_2

$$R_A = \frac{1}{9}(0,33P(9 - 2,94) + 1,67P(9 - 2,94 - 1,7)) = 1,03P$$

$$R_B = \frac{1}{9}(0,33P \cdot 2,94 + 1,67P(2,94 + 1,7)) = 0,97$$

$$M_1 = R_A \cdot x = 1,03P \cdot 2,94 = 3,03P$$

$$M_2 = R_B(l - a - x) = 0,97P(9 - 1,7 - 2,94) = 4,22P \quad (10)$$

Сравнивая полученные значения (9) и (10) приходим к выводу, что наиболее невыгодным является положение автомобиля при $x = 2,94$ м. Исходя из полученного значения максимального изгибающего момента $4,22P$ и

найденного ранее из условия прочности его значения равного 248 кНм, находим, что сила P не должна превосходить значение

$$P = \frac{428}{4,22} = 58,76 \text{ кН.}$$

Принимаем наибольшее значение силы $P = 58 \text{ кН}$. Исходя из этого, строим окончательные эпюры поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 5)

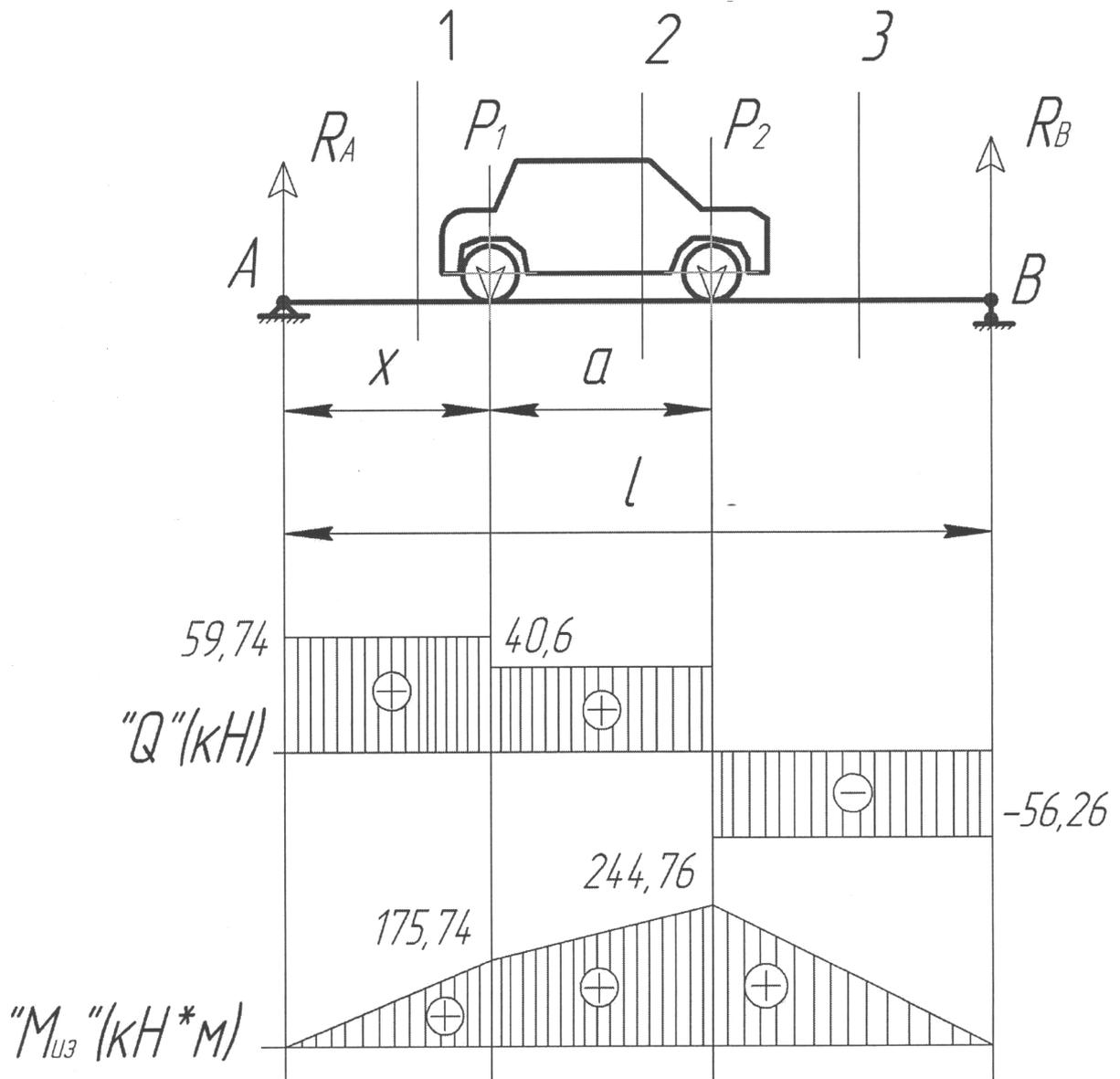


Рис. 5. Эпюры внутренних усилий для наиболее невыгодного положения автомобиля.

Составляем выражение для поперечных сил и изгибающих моментов по участкам

$$I \quad 0 \leq x_1 < 2,94$$

$$Q = R_A = 1,03 \cdot P = 1,03 \cdot 58 = 59,74 \text{ кН}$$

$$M_{из} = R_A \cdot x,$$

$$M_{из}(0) = 0$$

$$M_{из}(2,94) = 1,03 \cdot 58 \cdot 2,94 = 175,79 \text{ кНм.}$$

$$II \quad 2,94 \leq x_2 < 4,64$$

$$Q = R_A - P_1 = 1,03P - 0,33P = 0,7P = 0,7 \cdot 58 = 40,6 \text{ кН}$$

$$M_{из} = R_A \cdot x_2 - P(x_2 - 2,94)$$

$$M_{из}(2,94) = 59,94 \cdot 2,94 = 175,74 \text{ кН}$$

$$M_{из}(4,64) = 59,94 \cdot 4,64 - 0,33 \cdot 58(4,64 - 2,94) = 244,76 \text{ кНм.}$$

$$III \quad 0 \leq x_3 < 4,36$$

$$Q = -R_B = -0,97P = -0,97 \cdot 58 = -56,26 \text{ кН}$$

$$M_{из} = R_B \cdot x_3$$

$$M_{из}(0) = 0$$

$$M_{из}(4,36) = 56,26 \cdot 4,36 = 244,76 \text{ кНм.}$$

5. Расчет сварных швов

Схема расположения сварных швов показана на рис. 6 специальными обозначениями «А».

Из эпюры поперечных сил «Q» на рис. 5 находим максимальное по модулю значение поперечной силы $|Q_{\max}| = 59,74 \text{ кН}$.

Расчетная сдвигающая сила в месте расположения верхних швов на единицу длины

$$T_{расч} = \frac{Q_{\max} S_{омс}}{I_x}$$

где $S_{омс}$ - статический момент части сечения расположенной выше швов.

$$S_{омс} = F_1 \cdot h_1 = 1 \cdot 35 \cdot 15,5 = 542,9 \text{ см}^3$$

$$I_x = 8412 \text{ см}^4$$

Отсюда

$$T_{расч} = \frac{59,74 \cdot 542,9}{8412} = 3,85 \text{ кН/см} = 3,85 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$$

Допускаемая сдвигающая сила

$$[T] = n \cdot 0,7k [T_s]$$

Учитывая, что должно выполняться условие

$$T_{рас} \leq [\tau]$$

получим

$$k \geq \frac{T_{рас}}{n \cdot 0,7[\tau_s]}$$

При ручной сварке (электроды с $[\tau_s] = 80$ МПа).

$$k \geq \frac{3,85 \cdot 10^5}{2 \cdot 0,7 \cdot 80 \cdot 10^6} = 0,34 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 3,4 \text{ мм}$$

Выбираем катет шва $k = 4$ мм.

Выводы.

Для стационарной установки, имеющей пролет 9 м и сложное поперечное сечение балок заданного размера (рис. 2) вес обслуживаемого автомобиля не может превышать 58 кН. Толщина сварных швов в соединениях должна быть больше либо равна 4 мм.

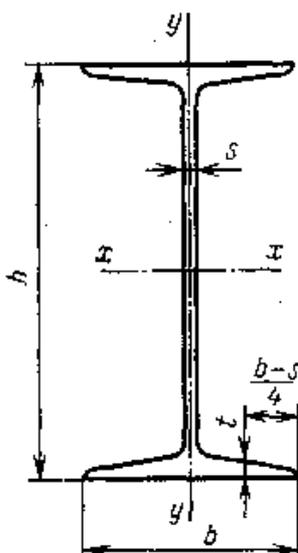
Список использованных источников

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. «Сопротивление материалов» М.: Высшая школа;
2. Александров А.В. «Сопротивление материалов» М.: Высшая школа, 2003 г.;
3. Феодосьев В.И. «Сопротивление материалов» изд. МГУ им. Баумана для ВТУЗов, 1999 г.;
4. Писаренко Г.С. и др. «Сопротивление материалов». Учебник для вузов. Киев: Вища школа, 1979 г.
5. Тарг С.М. «Краткий курс теоретической механики» М.: Высшая школа, 1986г. с.416

Контрольные вопросы

1. Чему равен момент инерции сложного сечения?
2. Что такое момент сопротивления сечения и чему он равен?
3. В каких единицах измеряется момент инерции сечения?
4. Запишите условие прочности при изгибе.
5. Чему равен момент силы относительно точки?
6. Запишите условие равновесия произвольной плоской системы сил.
7. Каковы реакции подвижного и неподвижного шарниров?
8. Как исследуется функция на экстремум?
9. В каких сечениях на эпюре поперечных сил скачки при изгибе балки?
10. Как определяются касательные напряжения при изгибе балки?
11. Какие оси называются главными?
12. Какие оси называются центральными?

Таблица сортамента
Двутавры стальные горячекатаные
(по ГОСТ 8239—89)

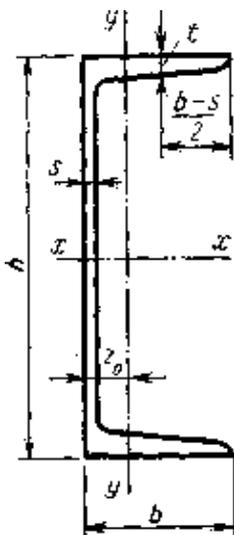


h — высота двутавра; J — момент инерции;
b — ширина полки; W — момент сопротивления;
d — толщина стенки; S_x — статический момент полусечения;
t — средняя толщина полки; i — радиус инерции.
A — площадь поперечного сечения;

Номер двутавра	Масса 1 м, кг	Размеры, мм				A, см ²	J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
		h	b	d	t								
10	9,46	100	55	4,5	7,2	12	198	39,7	4,06	23	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7
18	18,4	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	21	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	24	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	33,9	270	135	6	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	57	400	155	8,3	13	72,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03

Номер двугра	Масса 1 м, кг	Размеры, мм				A, см ²	J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
		h	b	d	t								
45	66,5	450	160	9	14,2	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	78,5	500	170	10	15,2	100	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	92,6	550	180	11	16,5	118	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	108	600	190	12	17,8	138	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240—89)

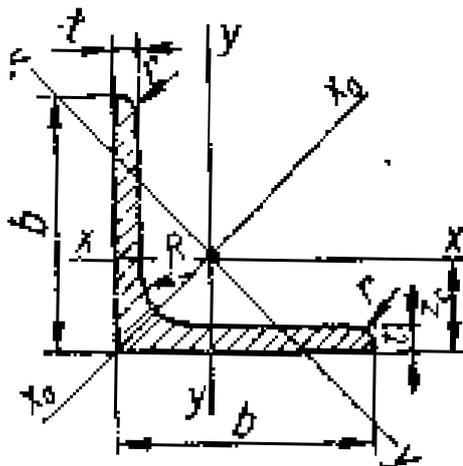


- h — высота швеллера;
 b — ширина полки;
 s — толщина стенки;
 t — средняя толщина полки
 A — площадь поперечного сечения; .
- J — момент инерции;
 W — момент сопротивления;
 S — статический момент полусечения;
 i — радиус инерции;

Номер швеллера	Масса 1 м, кг	Размеры, мм				A, см ²	J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	z ₀ , см
		h	b	s	t									
5	4,84	50	32	4,4	7	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	17,0	545	77,8	5,66	45	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	15,3	160	68	5	9	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2
18	16,3	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13

Номер швеллера	Масса 1 м, кг	Размеры, мм				A_x , см ²	J_x , см ⁴	W_{x3} , см ³	i_x , см	S_{x3} , см ³	J_y , см ⁴	W_{y3} , см ³	i_y , см	z_0 , см
		h	b	s	t									
20	18,4	200	76	5,2	9	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24	24	240	90	5,6	10	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	40,5	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68
40	48,3	400	115	8	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Уголки стальные горячекатаные равнополочные (по ГОСТ 8509—86)



- b — ширина полки;
 t — толщина полки;
 R — радиус внутреннего закругления;
 r — радиус закругления полок;
 J — момент инерции;
 i — радиус инерции;
 J_{xy} — центробежный момент инерции
 z_0 — расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;

Номер уголка	Размеры, мм				Площадь см ²	Справочные величины для осей										
						x-x			x_0-x_0		y_0-y_0			J_{xy} , см ⁴	z_0 , см	масса 1 м, кг
	J_x , см ⁴	W_{x3} , см ³	i_x , см	J_{x0max} , см ⁴		i_{x0max} , см	J_{y0min} , см ⁴	W_{y0min} , см ³	i_{y0min} , см							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,20	0,39	0,23	0,60	0,89
		4			1,46	0,50	0,37	0,58	0,73	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,15
2,5	25	3			1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,12
		4			1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,46
		5			2,27	1,22	0,72	0,73	1,91	0,92	0,53	0,47	0,48	0,69	0,80	1,78
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85	1,84	1,07	0,48	0,42	0,55	0,68	0,80	1,27
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85	0,85	1,36

Номер уголка	Размеры, мм				Пло- щадь см ²	Справочные величины для осей										
						x-x			x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀			J _{xy} см ⁴	z ₀ см	масса lм, кг
	J _x см ⁴	W _x см ³	i _x см	J _{x0max} см ⁴		i _{x0max} см	J _{y0min} см ⁴	W _{y0min} см ³	i _{y0min} см							
		4			2,27	1,84	0,87	0,90	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,78
		5			2,78	2,20	1,06	0,89	3,47	1,12	0,94	0,71	0,58	1,27	0,93	2,18
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,59	0,63	1,03	0,89	1,46
		4			2,43	2,26	1,00	0,96	3,58	1,21	0,94	0,71	0,62	1,32	0,94	1,91
3,5	35	3			2,04	2,35	0,93	1,07	3,72	1,35	0,97	0,71	0,69	1,37	0,97	1,60
		4			2,67	3,01	1,21	1,06	4,76	1,33	1,25	0,88	0,68	1,75	1,01	2,10
		5			3,28	3,61	1,47	1,05	5,71	1,32	1,52	1,02	0,68	2,10	1,05	2,58
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	2,08	1,09	1,85
		4			3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13	2,42
		5			3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	3,22	1,17	2,98
		6			4,48	6,41	2,30	1,20	10,13	1,50	2,70	1,58	0,78	3,72	1,21	3,52
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	3,00	1,21	2,08
		4			3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26	2,73
		5			4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	4,71	1,30	3,37
		6			5,08	9,35	2,95	1,36	14,80	1,71	3,90	2,06	0,88	5,45	1,34	3,99
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4			3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
		5			4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6			5,69	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
		7			6,56	14,84	4,23	1,50	23,47	1,89	6,21	2,93	0,97	8,63	1,50	5,15
		8			7,41	16,51	4,76	1,49	26,03	1,87	6,98	3,22	0,97	9,52	1,53	5,82
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,10	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	7,69	1,52	3,4
		5			5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	9,41	1,57	4,25
6	60	4	7,0	2,3	4,72	16,21	3,70	1,85	25,69	2,33	6,72	2,93	1,19	9,48	1,62	3,71
		5			5,83	19,79	4,56	1,84	31,40	2,32	8,18	3,49	1,18	11,61	1,66	4,58
		6			6,92	23,21	5,40	1,83	36,81	2,31	9,60	3,99	1,18	13,60	1,70	5,43
		8			9,04	29,55	7,00	1,81	46,77	2,27	12,34	4,90	1,17	17,22	1,78	7,10
		10			11,08	35,32	8,52	1,79	55,64	2,24	15,00	5,70	1,16	20,32	1,85	8,70
6,3	63	4			4,96	18,86	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,00	1,69	3,90
		5			6,13	23,10	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,70	1,74	4,81

Номер уголка а	Размеры, мм				Площадь см ²	Справочные величины для осей										масса lм, кг
						x-x			x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀			J _{xy} см ⁴	z ₀ см	
	J _x см ⁴	W _x см ³	i _x см	J _{x0max} см ⁴		i _{x0max} см	J _{y0min} см ⁴	W _{y0min} см ³	i _{y0min} см							
7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	5,67	2,16	46,03	2,72	12,04	4,53	1,39	17,00	1,88	4,87
		5			6,86	31,94	6,27	2,16	50,67	2,72	13,22	4,92	1,39	18,70	1,90	5,38
		6			8,15	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	22,10	1,94	6,39
		7			9,42	42,98	8,57	2,14	68,19	2,69	17,77	6,31	1,37	25,20	1,99	7,39
		8			10,67	48,16	9,68	2,12	76,35	2,68	19,97	6,99	1,37	28,20	2,02	8,37
		10			13,11	57,90	11,82	2,10	91,52	2,64	24,27	8,17	1,36	33,60	2,10	10,29
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	39,53	7,21	2,31	62,65	2,91	16,41	5,74	1,49	23,10	2,02	5,80
		6			8,78	46,57	8,57	2,30	73,87	2,90	19,28	6,62	1,48	27,30	2,06	6,89
		7			10,15	53,34	9,89	2,29	84,61	2,89	22,07	7,43	1,47	31,20	2,10	7,96
		8			11,50	59,84	11,18	2,28	94,89	2,87	24,80	8,16	1,47	35,00	2,15	9,02
		9			12,83	66,10	12,43	2,27	104,72	2,86	27,48	8,91	1,46	38,60	2,18	10,07
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	9,03	2,47	83,56	3,11	21,80	7,10	1,59	30,90	2,17	6,78
		6			9,38	56,97	9,80	2,47	90,40	3,11	23,54	7,60	1,58	33,40	2,19	7,36
		7			10,85	65,31	11,32	2,45	103,66	3,09	26,97	8,55	1,58	38,30	2,23	8,51
		8			12,30	73,36	12,80	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	43,00	2,27	9,65
		10			15,14	88,58	15,67	2,42	140,31	3,04	36,85	11,09	1,56	56,70	2,35	11,88
		12			17,90	102,74	18,42	2,40	162,27	3,01	43,21	12,62	1,55	59,50	2,42	14,05
9	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78	130,00	3,50	33,97	9,88	1,79	48,10	2,43	8,33
		7			12,28	94,30	14,45	2,77	149,67	3,49	38,94	11,15	1,78	55,40	2,47	9,64
		8			13,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,80	12,34	1,77	62,30	2,51	10,93
		9			15,60	118,00	18,29	2,75	136,00	3,46	48,60	13,48	1,77	68,00	2,55	12,20
		10			17,17	128,60	20,07	2,74	203,93	3,45	53,27	14,54	1,76	75,30	2,59	13,48
		12			20,33	149,67	23,85	2,71	235,88	3,41	62,40	16,53	1,75	86,20	2,67	15,96
10	100	6,5	12,0	4,0	12,82	122,10	16,69	3,09	193,46	3,89	50,73	13,38	1,99	71,40	2,68	10,06
		7			13,75	130,59	17,90	3,08	207,01	3,88	54,16	14,13	1,98	76,40	2,71	10,79
		8			15,60	147,19	20,30	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	86,30	2,75	12,25
		10			19,24	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	110,0	2,83	15,10
		12			22,80	208,90	29,47	3,03	330,95	3,81	86,84	21,10	1,95	122,0	2,91	17,90
		14			26,28	237,15	33,83	3,00	374,98	3,78	99,32	23,49	1,94	138,0	2,99	20,63
		15			27,99	250,68	35,95	2,99	395,87	3,76	105,43	24,62	1,94	145,0	3,03	21,97

Номер уголка	Размеры, мм				Пло- щадь см ²	Справочные величины для осей										
						x-x			x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀			J _{xy} см ⁴	z ₀ см	масса l _м , кг
	J _x см ⁴	W _x ³ см ³	i _x см	J _{x0max} см ⁴		i _{x0max} см	J _{y0min} см ⁴	W _{y0min} ³ см ³	i _{y0min} см							
		16			29,68	263,82	38,04	2,98	416,04	3,74	111,61	25,79	1,94	152,0	3,06	23,30
11	110	7			15,15	175,61	21,83	3,40	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	106,00	2,96	11,89
		8			17,20	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	116,00	3,00	13,50
12	120	8			18,80	259,75	29,68	3,72	412,45	4,68	107,04	23,29	2,39	153,00	3,25	14,76
		10			23,24	317,16	36,59	4,69	503,79	4,66	130,54	27,72	2,37	187,00	3,33	18,24
		12			27,60	371,80	43,30	3,67	590,28	4,62	153,33	31,79	2,36	218,00	3,41	21,67
		15			33,99	448,90	52,96	3,63	711,32	4,57	186,48	37,35	2,34	262,00	3,53	26,68
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87	466,76	4,87	121,96	25,67	2,49	172,00	3,36	15,46
		9			22,0	327,48	36,00	3,86	520,00	4,86	135,88	28,26	2,48	192,00	3,40	17,30
		10			24,33	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	211,00	3,45	19,10
		12			28,89	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	248,00	3,53	22,68
		14			33,37	481,76	54,17	3,80	763,90	4,78	199,62	39,10	2,45	282,00	3,61	26,20
		16			37,77	538,56	61,09	3,78	852,84	4,75	224,29	43,10	2,44	315,00	3,68	29,65
14	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,92	2,79	274,00	3,78	19,41
		10			27,33	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	301,00	3,82	21,45
		12			32,49	602,49	59,66	4,31	956,98	5,43	248,01	44,97	2,76	354,00	3,90	25,50
15	150	10			29,33	634,76	58,07	4,65	1008,56	5,86	260,97	45,34	2,98	374,00	4,07	23,02
		12			34,89	747,48	68,90	4,63	1187,86	5,83	307,09	52,32	2,97	440,00	4,15	27,39
		15			43,08	908,38	84,66	4,59	1442,60	5,79	374,17	61,96	2,95	534,00	4,27	33,82
		18			51,09	1060,08	99,86	4,56	1680,92	5,74	439,24	70,91	2,93	621,00	4,38	40,11
16	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,38	52,52	3,19	455,00	4,30	24,67
		11			34,42	844,21	72,44	4,95	1340,66	6,24	317,77	56,53	3,18	496,00	4,35	27,02
		12			37,39	912,89	78,62	4,94	1450,00	6,23	375,78	60,53	3,17	537,00	4,39	29,35
		14			43,57	1046,47	90,77	4,92	1662,13	6,20	430,81	68,15	3,16	615,00	4,47	33,97
		16			49,07	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	690,00	4,55	38,52
		18			54,79	1290,24	114,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	82,08	3,13	771,00	4,63	43,01
		20			60,40	1418,85	125,60	4,85	2248,26	6,10	589,43	90,02	3,12	830,00	4,70	47,44
18	180	11	16,0	5,3	38,80	1216,44	92,47	5,60	1933,10	7,06	499,78	72,86	3,59	716,00	4,85	30,47
		12			42,19	1316,62	100,41	5,59	2092,78	7,04	540,45	78,15	3,58	776,00	4,89	33,12
		15			52,18	1607,36	123,74	5,55	2554,99	7,00	659,73	93,11	3,56	948,00	5,01	40,96

Номер уголка	Размеры, мм				Пло- щадь см ²	Справочные величины для осей										
						x-x			x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀			J _{xy} см ⁴	z ₀ см	масса lм, кг
	J _x см ⁴	W _x см ³	i _x см	J _{x0max} см ⁴		i _{x0max} см	J _{y0min} см ⁴	W _{y0min} см ³	i _{y0min} см							
		18			61,99	1884,07	146,36	5,51	2992,69	6,95	775,44	106,88	3,54	1108,0 0	5,13	48,66
		20			68,43	206) , 11	161,07	5,49	3271,31	6,91	850,92	115,71	3,53	1210,0 0	5,20	53,72
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	124,61	6,22	2896,16	7,84	749,40	98,68	3,99	1073,0 0	5,37	36,97
		13			50,85	1960,77	134,44	6,21	3116,18	7,83	805,35	105,07	3,98	1156,0 0	5,42	39,92
		14			54,6	2097,00	144,17	6,20	3333,00	7,81	861,00	111,50	3,97	1236,0 0	5,46	42,80
		16			61,98	2362,57	163,37	6,17	3755,39	7,78	969,74	123,77	3,96	1393,0 0	5,54	48,65
		18			69,30	2620,64	182,22	6,15	4164,54	7,75	1076,74	135,48	3,94	1544,0 0	5,62	54,40
		20			76,54	2871,47	200,73	6,12	4560,42	7,72	1181,92	146,62	3,93	1689,0 0	5,70	60,08
		24			90,78	3350,66	236,77	6,08	5313,59	7,65	1387,73	167,74	3,91	1963,0 0	5,85	71,26
		25			94,29	3466,21	245,59	6,06	5494,04	7,63	1438,38	172,68	3,91	2028,0 0	5,89	74,02
		30			111,54	4019,60	288,57	6,00	6351,05	7,55	1698,16	193,06	3,89	2332,0 0	6,07	87,56