

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

Кафедра промышленного и гражданского строительства

**КОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ:
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**

Методические указания к лабораторным работам

Факультет инженерно-строительный

Направление подготовки: 08.03.01 – СТРОИТЕЛЬСТВО

Профиль подготовки: Городское строительство и хозяйство

Вологда
2014

УДК 624.014

Конструкции городских зданий и сооружений: металлические конструкции: методические указания к лабораторным работам. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 29 с.

В методических указаниях приводится порядок выполнения лабораторных работ, краткое изложение теоретического материала, имеются необходимые схемы и рисунки, приведены вопросы для самоконтроля, список литературы.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составители: И.С. Казакова, канд. техн. наук, доцент кафедры ПГС
Д.А. Погодин, канд. техн. наук, доцент кафедры ПГС

Рецензент: Старишко И.Н., канд. техн. наук, доцент
кафедры «Автомобильные дороги»

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом по дисциплине “Конструкции городских зданий и сооружений: Металлические конструкции” направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль подготовки “Городское строительство и хозяйство” предусмотрены лабораторные работы в объеме 16 часов. В методических указаниях рассмотрено 5 лабораторных работ. В них кратко сформулированы цели и задачи работы, изложен теоретический материал, приведен порядок выполнения работ и вопросы для самоконтроля. Прежде чем выполнять работу, студент самостоятельно знакомится с ней по методическим указаниям, изучает теоретический материал, используя приведенный в конце каждой работы список литературы, делает в тетради необходимые заготовки таблиц для внесения в них результатов измерений при выполнении работы. Все лабораторные работы выполняются бригадой студентов (5-6 человек). Делается один отчет по работе для каждой бригады студентов. Ответы на контрольные вопросы по работе приводятся в письменном виде в конце отчета каждым студентом индивидуально.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование потери устойчивости центрально-сжатых стержней

1. Цели и задачи работы:

- 1.1. Исследование потери устойчивости стержней при осевом сжатии
- 1.2. Определение критической силы потери устойчивости.

2. Приборы и оборудование

Схема испытательной установки приведена на рис. 1.1.

Испытания проводятся на стержне трубчатого сечения. Стержень имеет шарнирное опирание по концам.

Нагрузка осуществляется с помощью винта пресса. Определение нагрузки производится по шкале.

Геометрические размеры образца (длину, диаметр и толщину) определяют с помощью линейки, штангенциркуля или ультразвукового толщиномера. Изгиб стержня определяется с помощью индикатора часового типа ИЧ10МН с

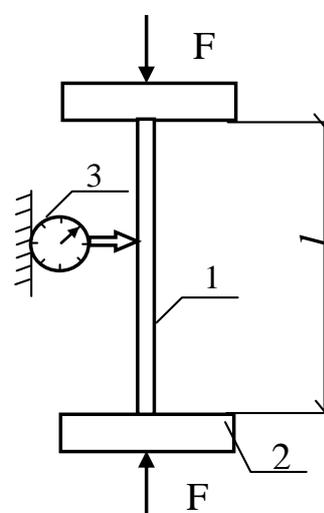


Рис. 1.1. Схема испытательной установки:
1 – испытываемый образец,

ценой деления 0,01мм. Индикаторы устанавливаются по периметру сечения стержня с четырех сторон.

3. Теоретическая часть

Прямой стержень при сжатии его осевой силой имеет прямолинейную форму до критического состояния.

При достижении силой критического значения F_{cr} стержень изгибается в плоскости меньшей жесткости.

Критической называется сила, при которой происходит потеря устойчивости стержня. Значение критической силы определяется по формуле:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{ef}^2}, \quad (1.1)$$

где $\pi = 3,14$;

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости стали;

J - момент инерции сечения стержня; для трубчатого сечения

$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ (здесь D и d наружный и внутренний диаметр трубы);

$l_{ef} = \mu l$ - расчетная длина стержня, здесь l - геометрическая длина,

μ - коэффициент приведения, который зависит от условий закрепления концов стержня ($\mu = 1$ - при шарнирном опирании концов стержня).

4. Порядок выполнения работы

4.1. Определите геометрическую длину и размеры поперечного сечения стержня.

4.2. Установите образец с захватами между нижней и верхней опорами прессы.

4.3. Установите индикатор в середине длины стержня и снимите показания f_1 при отсутствии нагрузки. Результаты занесите в таблицу 1.1.

4.4. Нагрузите образец и снимите показания f_2 . Результаты занесите в таблицу 1.1.

4.5. Определите отклонение (изгиб) образца $f = f_2 - f_1$. Результаты занесите в таблицу 1.1.

4.6. Нагружайте образец до тех пор, пока индикатор не зафиксирует отклонение образца $f = 1$ мм, что соответствует критическому значению нагрузки $F = F_{cr}$. Результаты занесите в таблицу 1.1.

Опыт повторите не менее 5 раз.

4.7. Проведите статистическую обработку результатов испытаний (см. приложение 1)

Результаты испытаний занесите в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Результаты испытаний

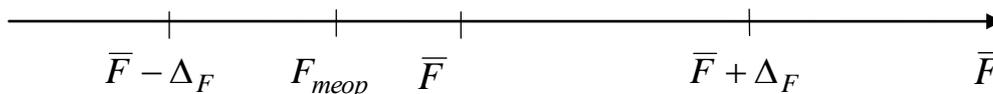
№ опыта	Размеры образца, мм			Нагрузка F, Н	Показания индикатора		Изгиб Образца $f = f_2 - f_1$, мм
	длина l	диаметр D	толщина стенки t		до нагруже- ния f_1 , мм	после на- гружения f_2 , мм	

Таблица 1.2

Статистические характеристики результатов испытаний

Параметр	Среднее \bar{F} , Н	Среднеквад- ратическое откло- нение, S_F , Н	Коэффициент вариации, ν_F	Точность сред- него арифмети- ческого S_F , Н	Доверитель- ный интервал Δ_F
Критическая нагрузка F_{cr}					

4.8. Определите критическую силу потери устойчивости стержней по формуле (2.1) и сравните с экспериментальным значением.



5. Выводы

6. Вопросы для самоконтроля

1. Что называется потерей устойчивости стержней, сжатых осевой силой?
2. Что такое критическая сила потери устойчивости?
3. От каких параметров зависит критическая сила потери устойчивости?

Литература

1. Металлические конструкции. В 3-х т. Т.1.Элементы конструкций: учеб. для вузов/ В.В. Горев, Б.Ю.Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. - М.:ВШ, 2004 – 551 с. (стр. 330- 344).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование работы балки

1. Цели и задачи работы

- 1.1. Знакомство с конструкцией балки.
- 1.2. Изучение работы балки.
- 1.3. Определение деформаций и напряжений в балке.

2. Приборы и оборудование

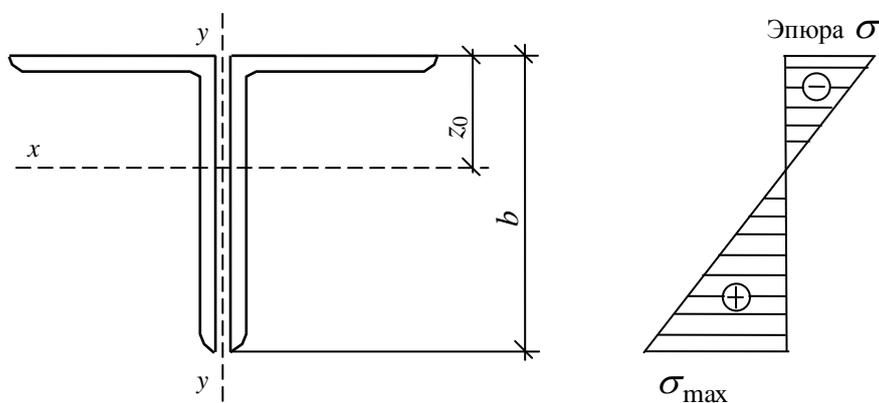
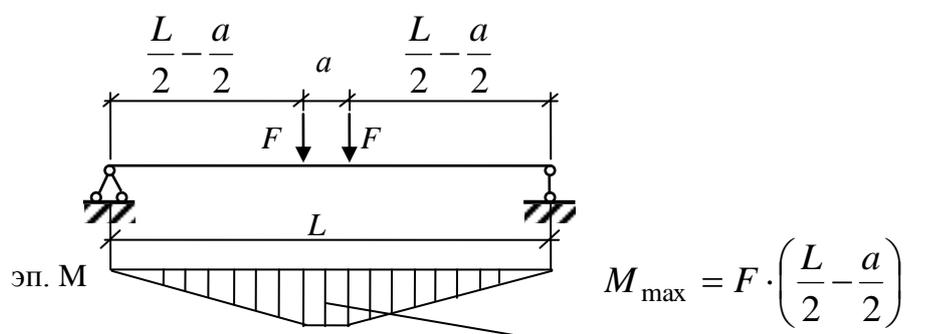


Рис. 2.1 Расчетная схема балки

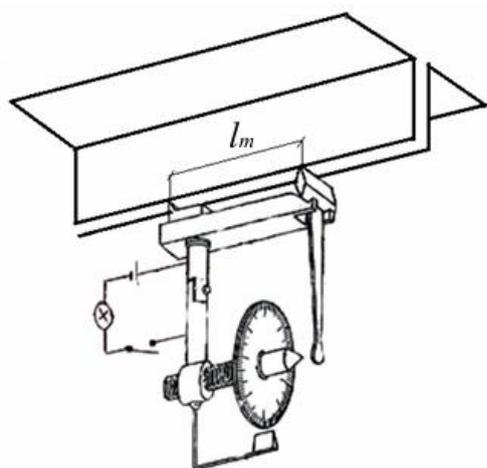


Рис.2.2 Тензометр Аистова

В работе исследуется балка составного сечения из двух равнополочных уголков, соединенных в тавр.

Нагрузка на балку передается через колёса тележки с грузами. Нагрузка $F = mg \cdot n$, где n - количество подвешиваемых грузов с массой m .

Геометрические размеры сечения балки определяются штангенциркулем, пролёт с помощью рулетки.

Определение деформаций в балке осуществляется с помощью тензомера Аи-

стова, который устанавливается на нижнюю кромку вертикальной полки уголка в середине пролёта балки.

3. Теоретическая часть

Теоретическое определение максимальных напряжений в балке:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}(b - z_0)}{2J_x}, \quad (2.1)$$

где M_{\max} - максимальный момент в балке от внешней нагрузки, определяется по эпюре изгибающих моментов в балке (см. рис. 2.1);

b - размер полки равнополочного уголка (по ГОСТ 8509-93);

z_0 - расстояние от наружной грани уголка до центра тяжести сечения (по ГОСТ 8509-93);

J_x - момент инерции сечения прокатного уголка (по ГОСТ 8509-93).

Теоретически максимальная нагрузка на балку из условий прочности определяется:

$$F = 2R_y J_x \cdot \frac{L - a}{b - z_0}, \quad (2.2)$$

где R_y - расчётное сопротивление материала балки (сталь С245).

4. Порядок выполнения работы

4.1. Определите размер полки и толщину прокатного уголка. Установите номер уголка по ГОСТ 8509-93 и определите геометрические характеристики его (расстояние z_0 и момент инерции сечения J_x).

4.2. Определите геометрические характеристики балки (пролет) и расстояние между колесами тележки a .

4.3. Установите тензомер Аистова в середине пролёта балки.

4.4. Снимите показания A_1 с тензомера Аистова при отсутствии внешней нагрузки F на балку. Результаты измерений занесите в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты измерений при испытании балки

№ п/п	Внешняя нагрузка на ферму F , Н	Тензомер на верхнем поясе		
		A_1 , мкм	A_2 , мкм	ΔA , мкм
1	0 F	A_1	A_2	$A_2 - A_1$
2	0	A_1		
...	F		A_2	$A_2 - A_1$

4.5. Приложите к балке нагрузку F и снимите показания A_2 с тензомера Аистова при внешней нагрузке F .

5. Где в разрезной балке по длине пролета и по высоте сечения возникают наибольшие нормальные и касательные напряжения?

6. Привести эпюры нормальных и касательных напряжений по сечению балки.

Литература

1. Металлические конструкции. В 3-х т. Т.1. Элементы конструкций: учеб. для вузов/ В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. - М.: ВШ, 2004 – 551 с. (стр.198-259).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Анализ форм потери местной устойчивости стенки балки

1. Цели и задачи работы

1.1. Изучение форм потери местной устойчивости стенки балки.

1.2. Определение критической нагрузки потери местной устойчивости стенки балки.

2. Приборы и оборудование

Исследования проводятся на балке составного сечения. Расчетная схема балки приведена на рис. 3.1. Балка загружается равномерно – распределенной нагрузкой снизу.

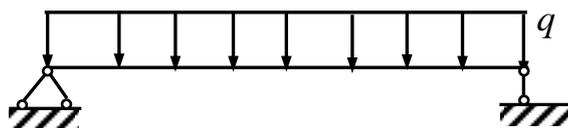


Рис. 3.1. Расчетная схема балки

Равномерно распределенная нагрузка q на балку создается с помощью домкрата и траверсы. Ее значение определяется по формуле:

$$q = \frac{F}{l}, \quad (3.1)$$

где F - сила, которая прикладывается к балке с помощью домкрата;

$F = A_n p$ (здесь A_n - площадь поршня домкрата, p - давление масла в домкрате).

Образование полуволн выпучивания стенки балки выявляется линейкой, приставленной к стенке на ребро, а значение выгиба – приспособлением с индикатором часового типа или штангенциркулем (рис. 3.2).

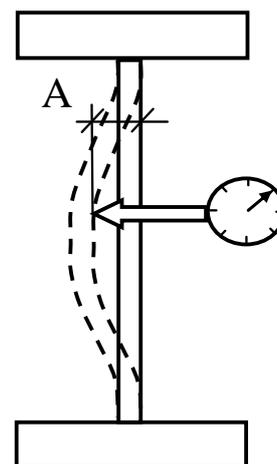


Рис. 3.2. Определение величины выгибы стенки балки

В стенке балки с шагом 100 мм по длине ее сделаны отверстия для крепления ребер жесткости. Ребра жесткости крепятся к стенке балки на болтах.

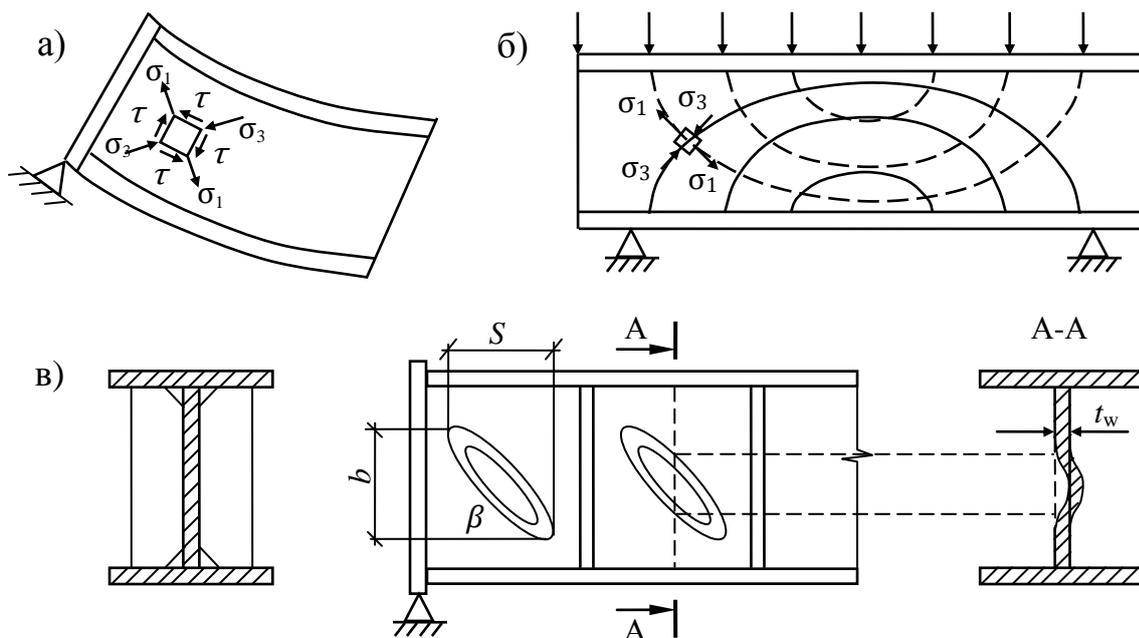


Рис. 3.3. Потеря местной устойчивости стенки балки:

- а) действие касательных напряжений; б) действие главных напряжений, траектории главных напряжений; в) укрепление стенки ребрами жесткости от потери устойчивости, полуволны выпучивания

3. Теоретическая часть

Вблизи опор стенка балки подвергается действию значительных касательных напряжений, под влиянием которых она перекашивается и по направлению траекторий главных сжимающих напряжений сжимается. Под влиянием сжатия стенка выпучивается, образуя полуволны (хлопуны), наклоненные к оси балки под углом, близким к 45° (см. рис. 2.3).

Выпучивание стенки происходит по изогнутой поверхности, которая приближенно описывается выражением:

$$A_{x,y} = A \sin \frac{\pi y}{b} \sin \frac{\pi x}{S}, \quad (3.2)$$

где $A_{x,y}$ - выгиб стенки балки для точки с координатами X и Y ;

A - максимальный выгиб стенки;

b, S - ширина и длина полуволны выпучивания стенки (см. рис. 3.3, в).

Условие обеспечения местной устойчивости стенки балки запишется:

$$\tau_{\max} \leq \tau_{cr}, \quad (3.3)$$

где τ_{\max} - максимальные касательные напряжения в стенке;

τ_{cr} - критические касательные напряжения по условию устойчивости.

При изгибе лабораторной двутавровой балки можно принять:

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{Q}{h_w t_w}, \quad (3.4)$$

где Q - поперечная сила на опоре балки. При равномерно распределенной критической нагрузке q

$$Q = \frac{ql}{2},$$

h_w, t_w - высота и толщина стенки балки.

Критические касательные напряжения в балке определяются по формуле:

$$\tau_{cr} = K \frac{\pi^2 D}{b^2 t_w}, \quad (3.5)$$

где $D = \frac{Et_w^3}{12(1-\mu^2)}$ - цилиндрическая жесткость стенки при изгибе (здесь

$\mu = 0,3$ - коэффициент Пуассона);

b - ширина полуволны выпучивания, принять $b = h_w$;

K - коэффициент, зависящий от отношения $\frac{a}{h_w}$ (где a - ширина пласти-

ны (отсека). Числовые значения K представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Числовые значения коэффициента K

a/h_w	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
K	9,4	8,0	7,3	7,1	7,0	6,8	6,6	6,3	6,1

4. Порядок выполнения работы

- 4.1. Определите геометрические характеристики балки (длину и размеры поперечного сечения).
- 4.2. Загрузите балку нагрузкой q до появления в стенке волн выпучивания. Определите критическую равномерно распределенную нагрузку q_{cr} по формуле (2.1).
- 4.3. Проанализируйте форму потери местной устойчивости стенки. Определите направление и угол наклона полуволны, выявите, от каких напряжений произошла потеря местной устойчивости стенки балки.
- 4.4. Определите размеры полуволны b , S стрелу наибольшего выгиба стенки

A и выгиб стенки $A_{x,y}$ в т. 1 $\left(\frac{1}{4}S, \frac{3}{4}b\right)$ и т. 2 $\left(\frac{3}{4}S, \frac{1}{4}b\right)$.

Здесь размеры b и S принять равными размерам отсека балки между ребрами жесткости и поясами балки, соответственно. Результаты занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Результаты испытаний балки

№ п/п	Балка	Диаметр поршня, d , м	Давление масла в домкрате p , Н/м ²	Критическая сила F_{cr} , Н	Критическая равномерно распределенная нагрузка q_{cr} , Н/м	Размеры полуволн, м		Выгиб стенки A , мм		
						b	S	max	т.1	т.2

4.5. Постройте теоретическую и экспериментальную кривые выпучивания стенки балки в трех координатных осях (см. рис. 3.4). Теоретическое значение выгиба стенки балки в т. 1 и в т. 2 определите по формуле (3.2).

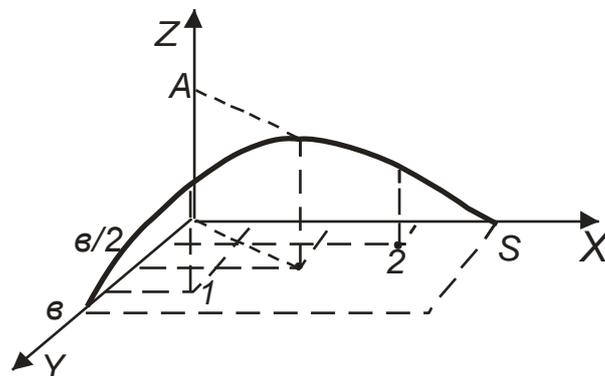


Рис. 3.4. Приближенный вид кривой выпучивания стенки балки

- 4.6. Определите максимальные касательные напряжения в балке по формуле (3.4).
- 4.7. Определите критические касательные напряжения в балке по формуле (3.5).
- 4.8. Загружение балки, не укрепленной ребрами жесткости, проведите не менее 5 раз.
- 4.9. Разгрузите балку, укрепите ребрами жесткости с шагом $a = 400$ мм (300 мм, 200 мм, 100 мм).
Повторите пункты 4.2 ÷ 4.7. Загружение балки с одним шагом ребер жесткости повторите не менее 5 раз.
- 4.10. Проведите статистическую обработку результатов испытаний (см. приложение 1). Результаты занесите в таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Статистические характеристики результатов испытаний

Параметр	Среднее		Среднеквадратическое отклонение		Коэффициент вариации		Точность среднего арифметического		Доверительный интервал	
	\bar{F}_{cr} , Н	\bar{A} , мм	$S_{F_{cr}}$, Н	S_A , мм	$v_{F_{cr}}$	v_A	$S_{\bar{F}_{cr}}$	$S_{\bar{A}}$	$\Delta_{F_{cr}}$, Н	Δ_A , мм
q_{cr} при отсутствии РЖ										
q_{cr} при шаге РЖ $a = 400$ мм										
то же, при $a = 300$ мм										
то же, при $a = 200$ мм										
то же, при $a = 100$ мм										

4.11. Постройте экспериментальную и теоретическую зависимости $\tau_{cr} = f\left(\frac{a}{h_w}\right)$.

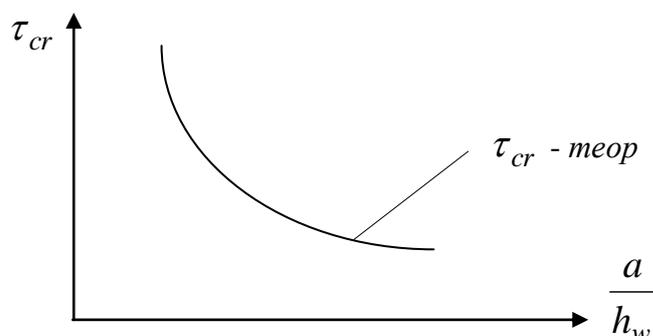


Рис. 3.5. К обработке результатов испытаний балки

τ_{cr} - теор - строится с использованием формулы (3.5);

τ_{cr} - экс - строится из условия $\tau_{cr} = \tau_{\max}$ (здесь τ_{\max} определяется по экспериментальным данным по формуле (3.4) при шаге ребер жесткости $a=200$ мм (300 мм, 400 мм)).

5. Выводы

6. Вопросы для самоконтроля

1. В чем проявляется потеря местной устойчивости стенки балки?
2. В каком месте стенки (по длине и высоте балки) ее можно обнаружить?
3. Какими конструктивными способами можно повысить местную устойчивость стенки и полки балки?

4. Где по длине балки следует чаще поставить ребра жесткости при равномерной нагрузке по ее длине?

Литература

1. Металлические конструкции. В 3-х т. Т.1.Элементы конструкций: учеб. для вузов/ В.В. Горев, Б.Ю.Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. - М.:ВШ, 2004 – 551 с. (стр. 213- 221, 240-244).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Исследование работы фермы

1. Цели и задачи работы

- 1.1. Знакомство с конструкцией фермы.
- 1.2. Изучение работы стержней на растяжение и сжатие.
- 1.3. Определение деформаций и усилий в стержнях фермы.

2. Приборы и оборудование

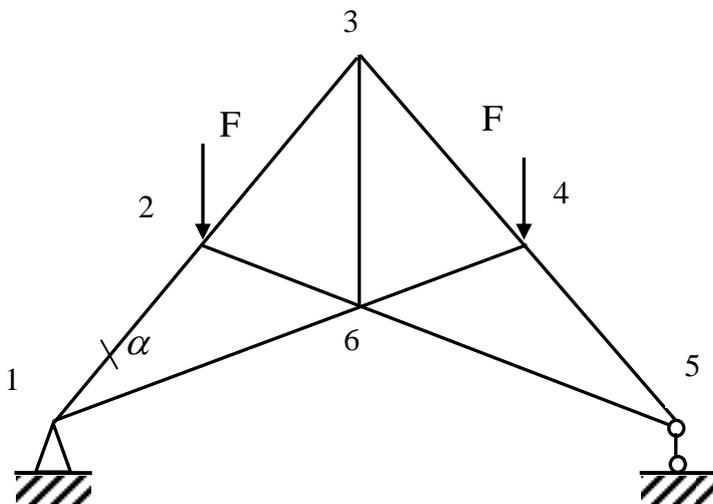


Рис. 4.1. Геометрическая схема фермы

В работе исследуется треугольная ферма со вспарушенным нижним поясом. Верхний пояс фермы выполнен из парных уголков, соединенных в тавр, нижний пояс и решетка - из полосовой стали.

Нагрузка на ферму передается в узлы 2 и 4 с помощью специального приспособления в виде скобы. К скобе подвешиваются на жестком стержне грузы одинаковой массы “ m ”. Нагрузка на узел $F = mg \cdot n$, где n - количество грузов.

Определение деформаций в стержнях фермы осуществляется с помощью тензометров Аистова, которые устанавливаются в середине длины стержней 1-6 и 1-2.

3 Теоретическая часть

Теоретические усилия в стержнях фермы 1-6 и 1-2 определяются аналитическими методами (метод вырезания узлов, метод проекций) или с помощью ПК «SCAD».

Напряжение в растянутом стержне 1-6:

$$\sigma_{1-6} = \frac{N_{1-6}}{A_{1-6}}, \quad (4.1)$$

где N_{1-6} - усилие в стержне 1-6, вычисленное теоретически;

A_{1-6} - площадь поперечного сечения стержня 1-6.

Напряжение в сжатом стержне 1-2:

$$\sigma_{1-2} = \frac{N_{1-2}}{\varphi \cdot A_{1-2}}, \quad (4.2)$$

где N_{1-2} - усилие в стержне 1-2, вычисленное теоретически;

A_{1-2} - площадь поперечного сечения стержня 1-2;

φ - коэффициент продольного изгиба. Определяется по таблице 4.1 в зависимости от условной гибкости $\bar{\lambda}_{1-2}$:

$$\bar{\lambda}_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{i_{1-2}} \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

где l_{1-2} - длина стержня 1-2,

i_{1-2} - радиус инерции сечения.

Таблица 4.1

Значение коэффициента φ для стали расчетным сопротивлением $R_y = 240$ Мпа

$\bar{\lambda}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
φ	0,562	0,526	0,492	0,460	0,430	0,401	0,375	0,351	0,328

4. Порядок выполнения работы

4.1. Определите геометрические характеристики элементов фермы.

Таблица 4.2

Стержень	Длина, мм	Сечение($b \times t$), мм
1-2		
2-3		
1-6		
2-6		
3-6		

4.2. Установите тензометры Аистова в середине длины стержня 1-2 верхнего пояса и стержня 1-6 нижнего пояса фермы.

4.3. Снимите показания A_1 с тензометра Аистова при отсутствии внешней нагрузки F на ферму. Результаты измерений занесите в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Результаты измерений при испытании фермы

	Внешняя нагрузка на ферму F , Н	Тензометр на верхнем поясе			Тензометр на нижнем поясе		
		A_1 , мкм	A_2 , мкм	ΔA , мкм	A_1 , мкм	A_2 , мкм	ΔA , мкм
1	0 F	A_1	A_2	$A_2 - A_1$	A_1	A_2	$A_2 - A_1$
2	0 F	A_1	A_2	$A_2 - A_1$	A_1	A_2	$A_2 - A_1$
...							

4.4. Приложите к узлам 2 и 4 фермы нагрузку F и снимите показания A_2 при внешней нагрузке F .

4.5. Определите значения деформаций $\Delta A = A_2 - A_1$.

Нагружение фермы нагрузкой F и определение A_1 и A_2 произведите не менее 5 раз.

4.6. Проведите статистическую обработку результатов испытаний (см. Приложение 1). Результаты занесите в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Статистические характеристики результатов испытаний

Параметр	Среднее $\overline{\Delta A}$	Среднеквадратическое отклонение S_A	Коэффициент вариации ν_A	Точность среднего арифметического S_A	Доверительный интервал $\Delta_{\Delta A}$
ΔA для верхнего пояса					
ΔA для нижнего пояса					

4.7. Определите значение деформаций

$$\varepsilon = \frac{1}{l_m} (\overline{\Delta A} \pm \Delta_{\Delta A}) = \frac{\overline{\Delta A}}{l_m} \pm \frac{\Delta_{\Delta A}}{l_m},$$

где $\overline{\Delta A}$ - среднее значение разности показаний тензометра Аистова;

l_m - база тензометра Аистова;

$\Delta_{\Delta A}$ - половина ширины доверительного интервала.

4.8. Определите напряжения в стержнях 1-2 и 1-6:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = \bar{\sigma} \pm \Delta_{\sigma},$$

где $\bar{\sigma} = E \cdot \frac{\Delta \bar{A}}{l_m}$; $\Delta_{\bar{\sigma}} = E \cdot \frac{\Delta_{\Delta A}}{l_m}$,

где $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

4.9. Сравните экспериментальные и теоретические значения напряжений в стержнях 1-6 и 1-2.

Изобразите полученные результаты графически (см. рис. 4.2.)

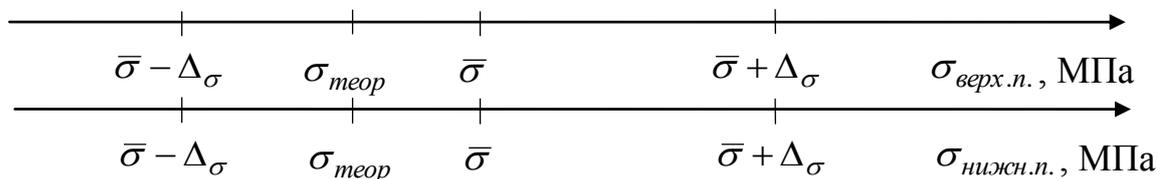


Рис. 4.2. Сравнение экспериментальных напряжений с теоретическими

4. Выводы

5. Вопросы для самоконтроля

1. Какая конструкция называется фермой? Когда она экономически целесообразна по сравнению с балкой?
2. Перечислите основные элементы фермы.
3. Какие геометрические схемы ферм Вы могли бы еще привести?
4. Какие деформации возникают в стержнях ферм?
5. Какие типы профилей можно использовать при проектировании ферм?
6. Какими методами определяются усилия в стержнях ферм?
7. Чем отличается расчет растянутых и сжатых стержней?
8. Что такое гибкость стержня?
9. Какая ферма более экономична: с большим или меньшим количеством стержней, работающих на сжатие.
10. Изобразите узлы фермы (опорный, промежуточный, монтажный). Рассмотрите фермы с параллельными поясами, трапецидальные, треугольные с сечением элементов из тавров, уголков, труб, гнутых профилей.

Литература

1. Металлические конструкции. В 3-х т. Т.1. Элементы конструкций: учеб. для вузов/ В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. - М.: ВШ, 2004 – 551 с. (стр. 415- 469).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Изучение элементов стального каркаса бескранового здания павильонного типа

1. Цели и задачи работы

1.1. Изучить основные элементы стального каркаса бескранового здания по чертежам КМ и КМД.

1.2. Составить спецификацию металла на основные элементы каркаса (ферму, колонну).

2. Приборы и оборудование

Изучение основных элементов стального каркаса производится по чертежам КМ и КМД. Геометрические размеры элементов определяются по чертежам. Чертежи в электронном виде выдаются преподавателем (см. приложение 2).

3. Теоретическая часть

1. Компоновка поперечных рам.

Комплекс несущих конструкций, воспринимающих нагрузки от массы ограждающих конструкций и атмосферных нагрузок, называется каркасом здания.

Основой каркаса является плоская поперечная рама (рис 5.1).

В состав поперечной рамы входят колонны, жестко защемленные в фундаменте, и ригели (стропильные фермы или балки), жестко или шарнирно соединенные с колоннами.

Расстояние между осями колонн в поперечном направлении здания называется пролетом L . Расстояние между рамами называется шагом рам B . В продольном направлении на рамы опираются элементы покрытия. При шаге рам 6 м на верхние пояса ферм укладываются сплошные прогоны из швеллеров (прокатных или гнутых) или из прокатных двутавров, при шаге рам 12 м – сквозные прогоны. На прогоны опираются ограждающие конструкции покрытия.

Геометрическая схема фермы принимается в зависимости от типа кровли (плоская, малоуклонная, скатная). Используют фермы с параллельными поясами, треугольные, трапециевидные, полигональные.

При прогонном решении кровли размер панели верхнего пояса назначается в пределах 2-3 м.

Жесткость и устойчивость каркаса и его отдельных элементов обеспечивается системой связей:

- вертикальными связями по колоннам, воспринимающими продольные усилия от действия ветра на торец здания;
- горизонтальными и вертикальными связями по покрытию, обеспечивающими устойчивость конструкций покрытия.

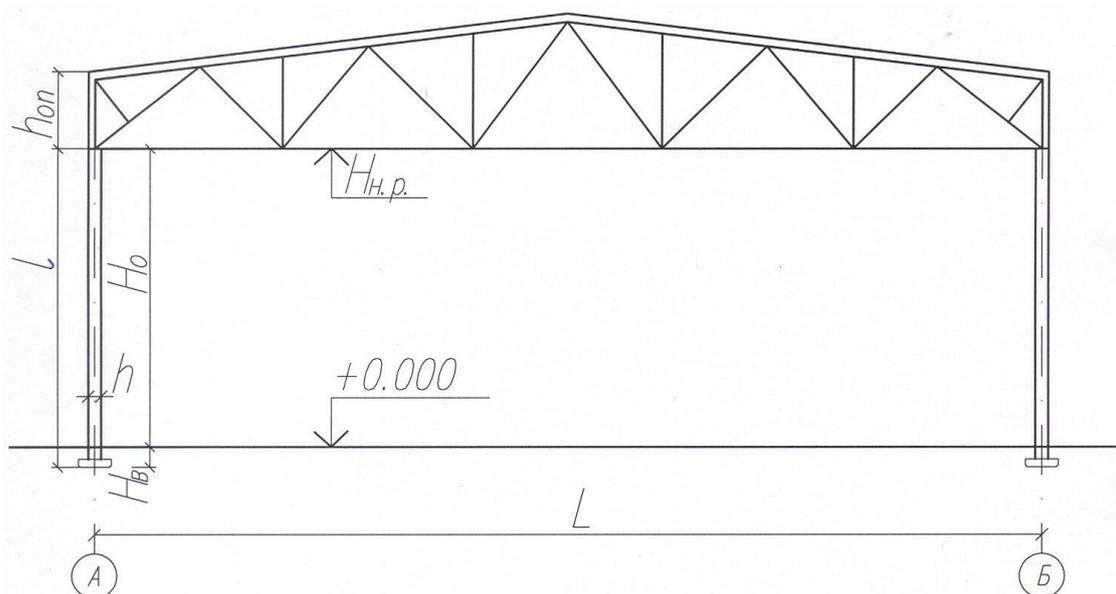


Рис. 5.1. Конструктивная схема поперечной рамы

1.1. Размеры по вертикали

Длина колонны от низа базы до нижнего пояса фермы:

$$l = H = H_0 + H_B, \quad (5.1)$$

где H_0 - отметка низа ригеля;

H_B - заглубление опорной базы колонны ниже нулевой отметки.

Участок в пределах высоты опорной части ригеля при шарнирном сопряжении его с колонной обычно оформляют в виде отдельного отправочного элемента – опорной стойки. Длину стойки h_0 - принимают равной высоте фермы на опоре (см. рис. 5.1)

1.2. Размеры по горизонтали.

Привязка наружной грани к оси колонны a в зависимости от высоты и шага колонн принимается 0 или 250 мм.

Высоту сечения сплошных колонн бескрановых зданий из условия необходимой жесткости назначают:

$$h \geq \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{30} \right) \cdot l,$$

где l - длина колонны (см. формулу 5.1).

Колонны обычно проектируют сплошной двутаврового сечения, а при большой ширине ее экономичнее делать сквозной.

2. Связи производственного здания.

Различают связи по колоннам и связи по покрытию.

Связи по колоннам по высоте каркаса условно подразделяют на 2 яруса:

- нижние связи, размещаемые в пределах высоты нижней части колонны;
- верхние, размещаемые в пределах высоты сквозного ригеля на опорах.

Связи по покрытию подразделяются на:

- горизонтальные в плоскости верхних поясов стропильных ферм (состоят из поперечных связевых ферм и распорок, расположенных вдоль здания между фермами);
- горизонтальные в плоскости нижних поясов стропильных ферм (состоят из поперечных связевых ферм и растяжек, расположенных вдоль здания между фермами);
- вертикальные связи между стропильными фермами (в плоскости опорных, средних или ближайших к средним стоек).

При применении профилированного кровельного настила поперечные связевые фермы в плоскости верхних поясов ферм не устанавливают, а предусматривают более частое размещение вертикальных связей между фермами.

Более подробно основные элементы каркаса изучить по учебнику [1, 2].

3. Порядок выполнения работы

3.1. Определите геометрические характеристики элементов фермы покрытия (верхний пояс, нижний пояс, решетка) по чертежам КМ и КМД. Данные занесите в спецификацию. Форма спецификации приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Форма спецификации металла на отправочную марку

Спецификация на отправочный элемент										
Мар-ка	Поз.	Кол., шт.		Сечение	Длина, мм	Масса, кг			Марка или наименование стали	Примечание
		т	н			шт.	общ.	элемент.		
Ф-1										
К-1										
15	10	10	10	30	20	15	15	15	25	20

3.2. Определите номер прокатного двутавра сечения колонны (по ГОСТ или СТО) и длину колонны. Данные занесите в спецификацию. ГОСТ или СТО укажите в графе «Примечание».

3.3. Определите геометрические характеристики элементов базы колонны. Данные занесите в спецификацию.

3.4. Составьте спецификацию металла на поперечную раму.

5. Выводы

6. Вопросы для самоконтроля

1. Что называется каркасом здания?
2. Что составляет основу каркаса здания?
3. Какие элементы входят в состав поперечной рамы?
4. Что такое пролет и шаг рам?
5. В чем состоит назначение связей каркасного здания?
6. Что представляют собой вертикальные связи между колоннами?
7. Что представляют собой связи по покрытию? Показать схемы связей.
8. В чем состоят особенности проектирования связей при применении профилированного кровельного настила?
9. Какие типы колонн применяются в каркасных зданиях?
10. Какие типы ригелей применяются в каркасных зданиях?
11. Что такое фахверк?
12. Какие типы прогонов используются в покрытии каркасных зданий?

Литература

1. Металлические конструкции. В 3-х т. Т.1.Элементы конструкций: учеб. для вузов/ В.В. Горев, Б.Ю.Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. - М.:ВШ, 2004 – 551 с. (стр.374-394, 402-414).
- 2.Металлические конструкции. В 3-х т. Т.2. Конструкции зданий: учеб. для вузов/ В.В. Горев, Б.Ю.Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. - М.:ВШ, 2004 – 528 с. (стр. 9-54,66- 81,113-125,127-130,135-136).

Статистическая обработка результатов измерений

Первоначально из вычисленных значений физической величины исключаются “выбросы”. Делается проверка на выброс минимального и максимального значений из полученных результатов. Для оценки на выброс минимального значения результаты измерений располагаются в порядке возрастания и каждому из них присваивается индекс: $X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_n$. Несколько одинаковых значений X при расчете на выброс принимаются как одно. В зависимости от числа средних n , делается расчет по формулам, приведенным в табл. 1.1. Полученные значения r сравниваются с критическими значениями r_{cr} для выбранного уровня значимости (в лабораторной работе принять уровень значимости $\alpha = 0,05$).

Критические значения для проверки “выбросов”, приведенные в таблице 1.1. для нормального закона распределения случайных величин, а также пример, приведенный ниже, заимствованы из источника [1].

Таблица П.1

Критические значения для проверки выбросов (нормальное распределение)

Статистика	Число средних n	Критические значения r_{cr}	
		Уровень значимости	
		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
$r = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$	3	0,941	0,988
	4	0,765	0,889
	5	0,642	0,780
	6	0,560	0,698
	7	0,507	0,637
$r = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	8	0,554	0,683
	9	0,512	0,635
	10	0,477	0,597
$r = \frac{X_3 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	11	0,576	0,679
	12	0,546	0,642
	13	0,521	0,615
$r = \frac{X_3 - X_1}{X_{n-2} - X_1}$	14	0,546	0,641
	15	0,525	0,616
	16	0,507	0,595
	17	0,490	0,577
	18	0,475	0,561
	19	0,462	0,547
	20	0,376	0,457

X_1 - экспериментальные значения, т.е. или X_{\min} или X_{\max}

$X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_n$.

Например, при $n=10$ и $X = 1340, 1430, 1450, 1460, 1460, 1470, 1480, 1500, 1520, 1520$ проверим значения 1340:

$$C_{11} = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1} = \frac{1430 - 1340}{1520 - 1340} = \frac{90}{180} = 0,500.$$

При $\alpha = 0,05$ и $n = 10$ из табл. 1.1. $C_{11} = 0,477 < 0,500$. Следовательно, имеются достаточные основания, чтобы исключить значение 1340.

Если значения r превышают критическое значение r_{cr} , то минимальное значение исключают из дальнейших расчетов. При выбросе одного из результатов, операцию по выявлению новых выбросов повторяют, но при меньшем на единицу значении n . Аналогично проверяется на выброс максимальное из результатов испытаний значение. При этом результаты испытаний располагаются в порядке убывания и каждому из них присваивается индекс: $X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_n$.

Для оставшихся значений физической величины определяются статистические характеристики:

- среднее арифметическое \bar{X} :

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n X_i}{n}; \quad (\text{П.1})$$

- среднее квадратическое отклонение S_x :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}; \quad (\text{П.2})$$

- точность среднего квадратического отклонения S_S :

$$S_S = \frac{S_x}{\sqrt{2(n-1)}}; \quad (\text{П.3})$$

- коэффициент вариации ν_x :

$$\nu_x = \frac{S_x}{\bar{X}}; \quad (\text{П.4})$$

- точность среднего арифметического S_X :

$$S_X = \frac{S_x}{\sqrt{n}}; \quad (\text{П.5})$$

- половина ширины доверительного интервала среднего арифметического

$$\Delta_X = t_\beta S_X; \quad (\text{П.6})$$

где t_β - коэффициент, зависящий от закона распределения переменной величины X , доверительной вероятности β и числа степеней свободы $n_0 = n - 1$ (здесь n - количество измерений).

Значение t_β находится по специальным таблицам.

Для нормального закона распределения значения t_β приведены в таблице П.2.

половина ширины доверительного интервала среднего квадратического отклонения ε_S :

$$\varepsilon_S = t_\beta S_S. \quad (\text{П.7})$$

Таблица П.2

Значения t_β в зависимости от β и n_0

$n_0 = n - 1$	При β равном				
	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
1	3,08	6,31	12,71	31,8	63,7
2	1,886	2,92	4,3	6,36	9,92
3	1,638	2,35	3,18	4,54	5,84
4	1,533	2,13	2,77	3,75	4,6
5	1,476	2,02	2,57	3,36	4,03
6	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71
7	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50
8	1,397	1,86	2,31	2,9	3,36
9	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25
10	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17
11	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11
12	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06
13	1,35	1,771	2,16	2,65	3,01
14	1,345	1,761	2,14	2,62	2,98
15	1,341	1,753	2,13	2,60	2,95
16	1,337	1,746	2,12	2,58	2,92
17	1,333	1,74	2,11	2,57	2,90

Вопросы для самоконтроля

1. Как производится проверка случайной величины на “выброс”.
2. Дайте определение среднего арифметического значения физической величины, среднего квадратического отклонения результатов измерения, точности среднего арифметического, доверительного интервала.

Литература

1. Джонсон И. Статика и планирование эксперимента в технике и науке. / И. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
2. Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания по метрологии для самостоятельной работы студентов. – Вологда: ВоГТУ, 2001. – 36 с.

Схема поперечной рамы здания

Приложение 2

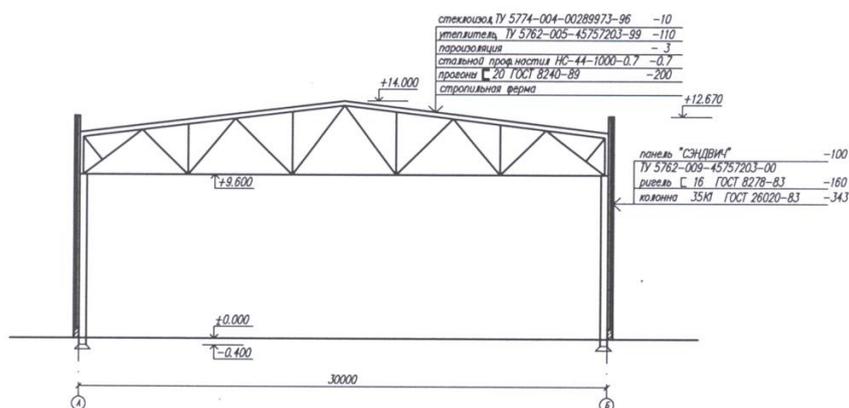


Схема связей по верхним поясам ферм

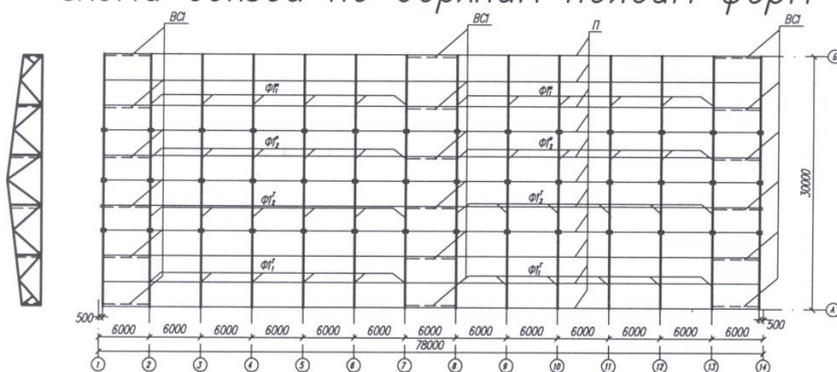


Схема связей по нижним поясам ферм

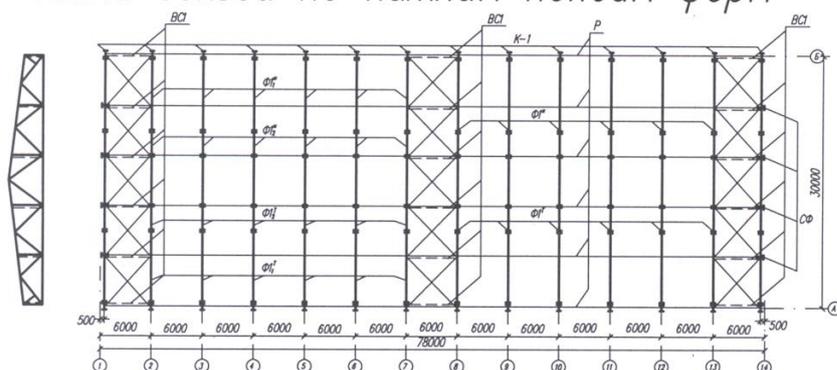
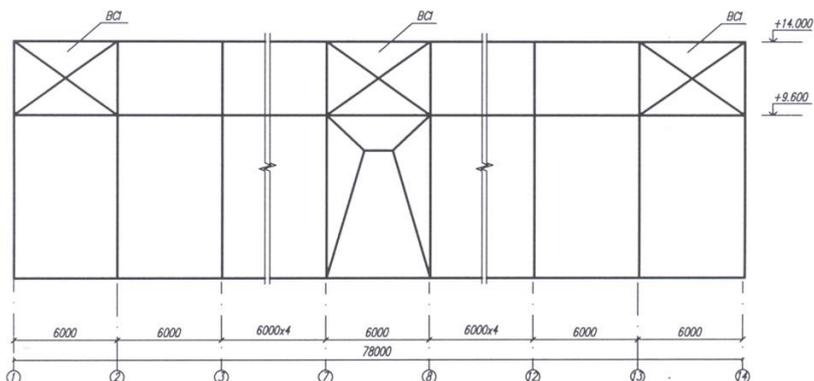
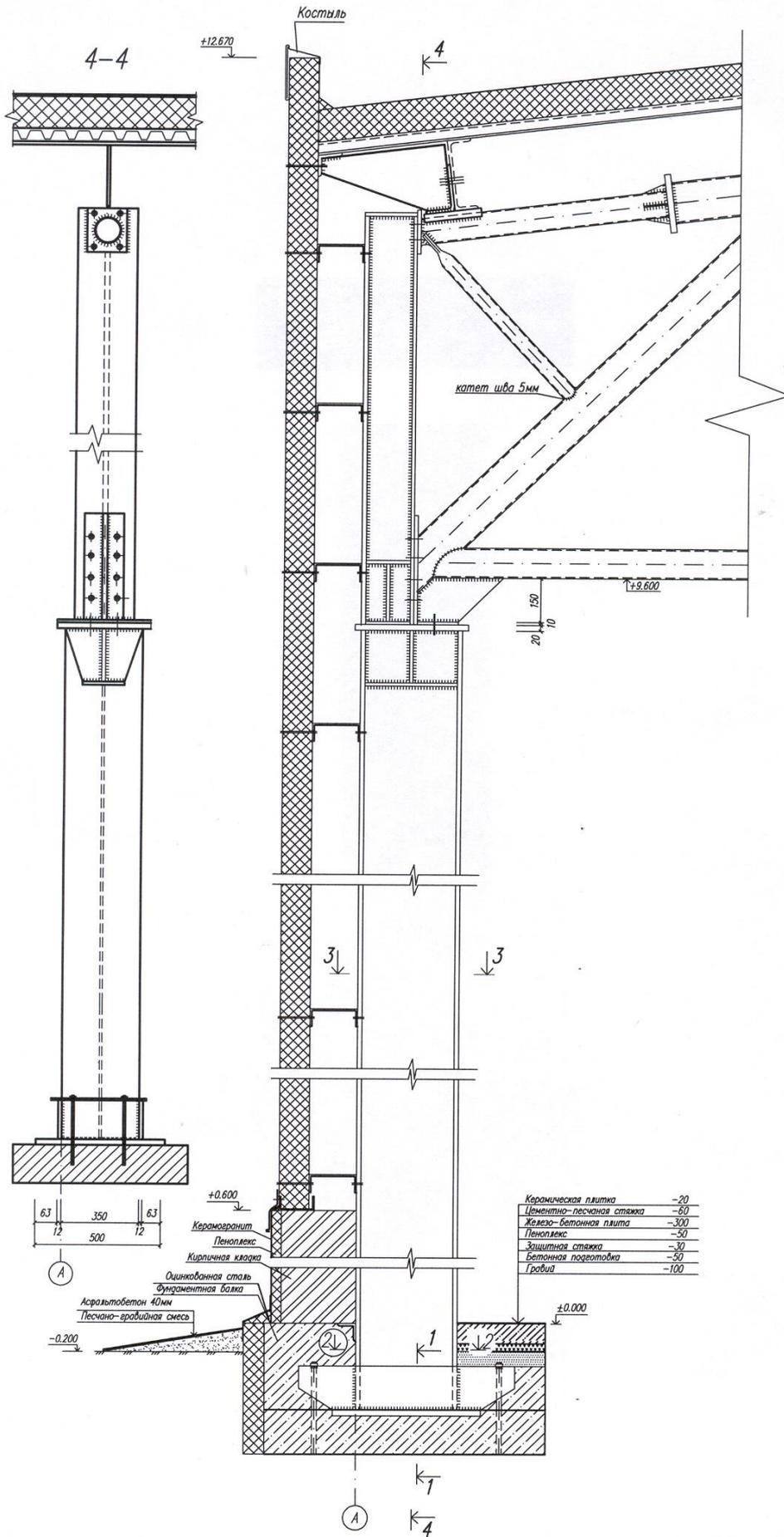
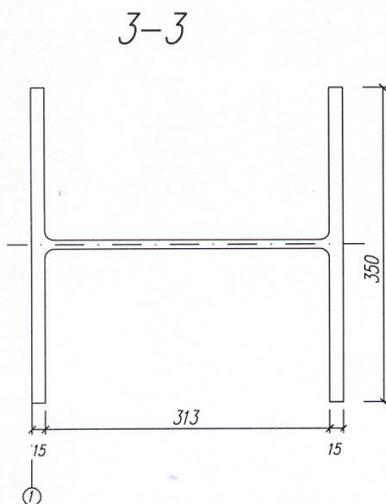
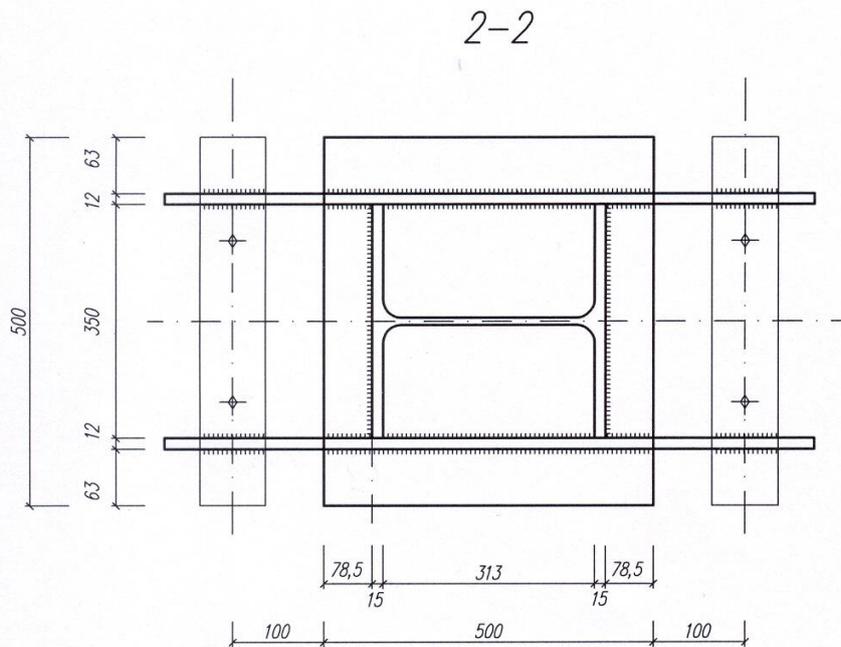
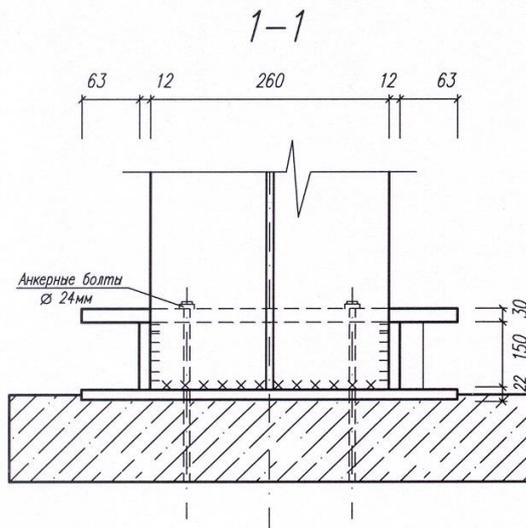


Схема связей по колоннам



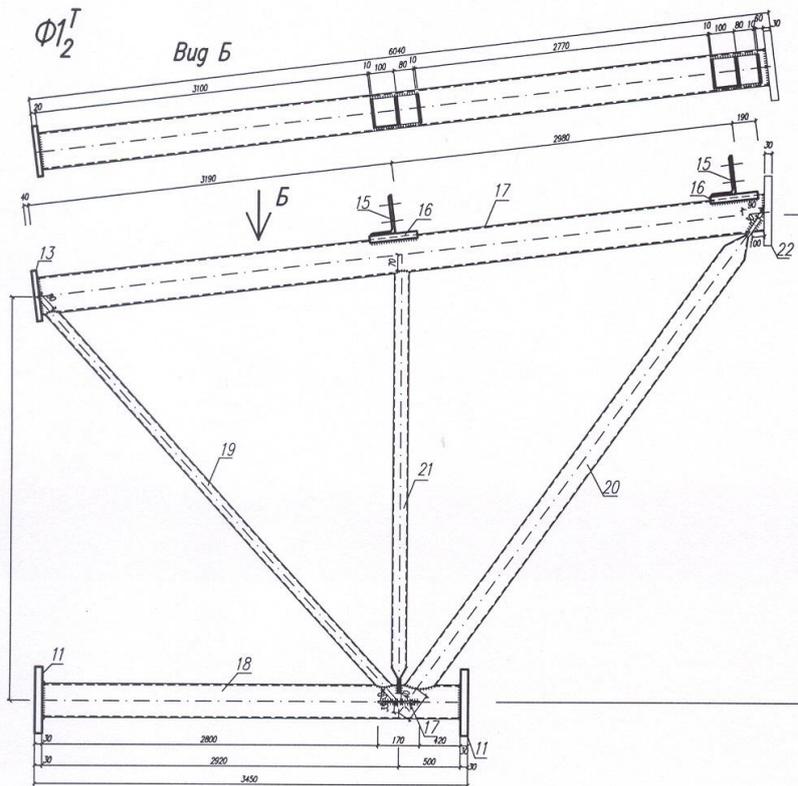




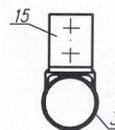
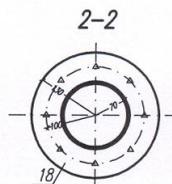
1. Материал конструкций:
колонна С255
ферма С275
2. Все катеты швов $k_f=4$ мм, кроме отмеченных
3. Сварка полуавтоматическая проволокой Ø 2мм
4. Сварка ручная электродом Э46
5. Анкерные болты Ø 24мм
6. Монтажные болты Ø 20мм

Условные обозначения

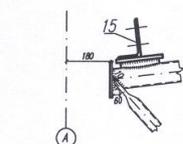
- ⊕ болт нормальной точности
- ◆ отверстие
- ≡ заводской сварной шов
- xxx монтажный сварной шов



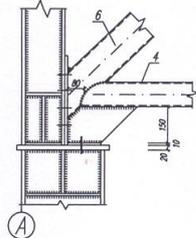
1. Материал конструкций С 275
2. Все катеты швов $k_r=4$ мм, кроме оговоренных
3. Сварка полуавтоматическая проволокой $\varnothing 2$ мм
4. Монтажные болты $\varnothing 24$ мм



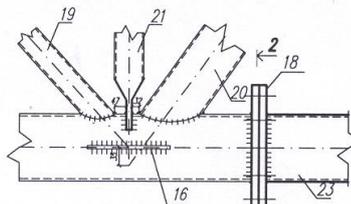
Верхний опорный узел



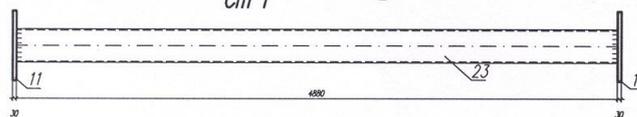
Нижний опорный узел



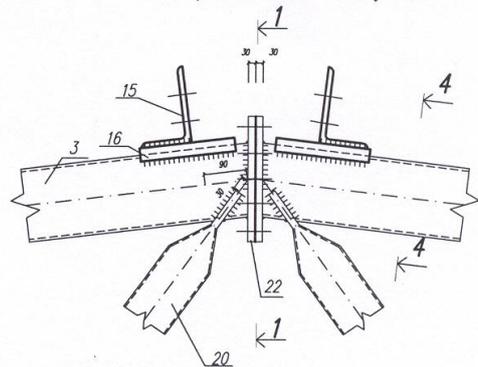
Нижний монтажный узел



Ст 1



Верхний монтажный узел



Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	18
ЛИТЕРАТУРА	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	25

Подписано в печать 15.05.2014.	Усл. печ. л. 1,94	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ №	_____.

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15