

**В.И. Драган, Н.Н. Борсук, З.М. Заика**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*для иностранных студентов*

**РУССКИЙ ЯЗЫК. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ РЕЧИ:**

*технический профиль*

**(на материале текстов по дисциплине**

**«Металлические конструкции»)**



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА БЕЛОРУССКОГО И РУССКОГО ЯЗЫКОВ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*для иностранных студентов*

**РУССКИЙ ЯЗЫК. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ РЕЧИ:**

*технический профиль*

**(на материале текстов по дисциплине**

**«Металлические конструкции»)**

Брест, 2015

УДК 811.161.1(072)

Данное издание адресовано иностранным студентам технических специальностей.

Цель – подготовить студентов к чтению учебной литературы, к участию в практических занятиях по специальности, научить их слушать и записывать лекции. Предтекстовые и послетекстовые задания, представленные в издании, будут способствовать накоплению определённого объёма терминологической лексики и синтаксических конструкций по специальности, а также развитию навыков чтения, работы со словарём, диалогической и монологической речи; овладению приёмами извлечения основной информации текста и умений ориентироваться в языковом материале. Издаётся в 2-х частях. Часть 2.

**Составители:** В.И. Драган, к.т.н., профессор кафедры строительных конструкций;  
Н.Н. Борсук, к.ф.н., зав. кафедрой белорусского и русского языков;  
З.М. Заика, к.ф.н., доцент кафедры белорусского и русского языков

**Рецензент:** Олехнович Н.Н., к.ф.н., доцент кафедры белорусского языкознания и диалектологии УО «БрГУ им. А.С. Пушкина»

## СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ.....	4
ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОМПОНОВКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ.....	7
2.1. РАМНЫЕ СИСТЕМЫ.....	7
2.2. СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ.....	12
2.3. РАМНО-СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ.....	14
2.4. СТВОЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.....	17
ТЕМА 3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	19
3.1. КОЛОННЫ.....	19
3.2. РИГЕЛИ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ.....	21
3.3. ЭЛЕМЕНТЫ СВЯЗЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	22
3.4. СТЫКИ КОЛОНН.....	23
3.5. БАЗЫ КОЛОН.....	27
3.6. УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЯ РИГЕЛЕЙ С КОЛОННАМИ.....	29
ТЕМА 4. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ.....	34
4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	34
4.2. ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА.....	35
ТЕМА 5. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУР.....	41
ТЕМА 6. СТЕРЖНЕВЫЕ СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УЗЛОВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ.....	51
ТЕМА 7. ПРИНЦИПЫ РАСЧЁТА СТЕРЖНЕВЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	71
ТЕМА 8. ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СОСТАВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	78

# ТЕМА 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

## Части речи

*Словарь занятия. Прочитайте вслух слова и словосочетания. Значения неизвестных слов уточните по словарю. Поставьте ударение.*

Интенсивность (ж.)	целесообразность (ж.)
многоэтажность (ж.)	высокоиндустриальный
рациональность (ж.)	низколегированная сталь
эксплуатация (ж.)	облицовка (ж.)
использование (ср.)	коррозия (ж.)
обслуживание (ср.)	вертикальный
конструкции	горизонтальный
несущие	колонна (ж.)
ограждающие	балка (ж.)
теплоизоляция (ж.)	связка (ж.)

*Задание 1. Образуйте при помощи суффиксов (-н-, -ни-, -ени-, -они-, -ск-, -ев-, -ов-) от имен существительных имена прилагательные.*

*Образец: бетон (что?) – бетонный (какой?)*

Вертикаль –	город –
конструкция –	общество –
эксплуатация –	стена –
колонна –	сталь –
горизонталь –	база –
коррозия –	ветер –
природа –	снег –
коммуникация –	связь –

*Задание 2. Объясните образование сложных слов. Скажите, от каких слов они образованы. Обозначьте корни в сложных словах.*

Многоэтажный –
высокопрочный –
теплоизоляционный –
высокоиндустриальный –
железобетонный –
низколегированная (сталь) –

*Задание 3. Образуйте от прилагательных имена существительные с суффиксами (-ость-, -и-).*

Интенсивный –
рациональный –
многоэтажный –
теплоизоляционный –
целесообразный –

**Задание 4. Прочитайте текст. В абзацах 1–3, поставив слова в начальную форму, назовите части речи.**

### **Область применения и основные особенности многоэтажных зданий**

Строительство многоэтажных зданий связано с интенсивным ростом городского населения и стремлением к более рациональному использованию земли и сохранению природных зон вокруг городов, а также к сохранению затрат на строительство и эксплуатацию инженерных коммуникаций, транспортных и других систем городского обслуживания.

Основная область применения многоэтажных зданий – жилые дома и общественные здания различного назначения.

Для многоэтажных зданий рациональное распределение конструкций на несущие и ограждающие. Функция несущих конструкций выполняет каркас из высокопрочных материалов, а ограждающие – легкие стеновые панели с эффективными теплоизоляционными материалами. Такие конструкции высокоиндустриальны, что позволяет существенно сократить сроки возведения зданий и уменьшает размеры строительных площадок.

Материалы для каркасов многоэтажных зданий выбирают на основе технико-экономического анализа с учетом конкретных условий строительства. Каркасы могут быть железобетонными, стальными и смешанными, причем с повышением этажности здания целесообразность применения стального каркаса увеличивается.

Главным преимуществом стального каркаса является высокая прочность материала, позволяющая принимать минимальными размеры сечений колонн и тем самым увеличивать полезную площадь помещений. В этой связи колонны нижних этажей многоэтажных зданий целесообразно проектировать из низколегированных сталей. Для защиты стального каркаса от пожара и коррозии его элементы покрываются защитными составами, бетонируются, облицовываются керамическими блоками или специальными плитами.

Каркасы многоэтажных зданий воспринимают значительные нагрузки:

- вертикальные – собственная масса здания, снег, полезные нагрузки помещений;
- горизонтальные – ветровые и сейсмические;
- температурные воздействия.

Основными конструктивными элементами каркаса здания являются колонны, балки и связи.

**Задание 5. Выпишите из текста соответствующие части речи в начальной форме. Заполните таблицу.**

№	Часть речи	Вопрос	Примеры
1	Имя существительное	кто? что	
2	Имя прилагательное: полное краткое	какой? какое?	

Продолжение таблицы

№	Часть речи	Вопрос	Примеры
3	Глагол: несовершенного вида совершенного вида	что делать? что сделать?	
4	Причастие: активное пассивное	какой? каков?	
5	Деепричастие	как?	
6	Наречие	как? где? когда? куда? почему? в какой степени?	
7	Слова категории состояния (предикаты)		хорошо, необходимо
8	Местоимение		
9	Числительное: порядковос количественное	какой? сколько?	
10	Предлог		
11	Союз/союзное слово		
12	Частица		

**Задание 6. Составьте словосочетание данных существительных с местоимениями *весь (м.р.), вся (ж.р.), всё (с.р.), все (мн. ч.)*.**

- 1) рост, дом, срок, размер, каркас;
- 2) система, зона, земля, эксплуатация, конструкция, теплоизоляция, целесообразность;
- 3) строительство, здание, использование, распределение, ограждение, воздействие, помещение;
- 4) коммуникации, конструкции, функции.

**Задание 7. Назовите слова и словосочетания с антонимичным значением.**

- Интенсивный (рост) –
- сохранение (природных ресурсов) –
- высокопрочный (материал) –
- сократить (сроки) –
- уменьшить (размеры) –

**Задание 8. Составьте простой план к тексту (зад. 4), используя назывные предложения.**

**Задание 9. Выпишите из текста ключевые слова. Перескажите текст по плану, используя выписанные Вами лексемы.**

## ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОМПОНОВКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ

Грамматика: Лексика и словообразование. Части речи

*Словарь занятия. Прочитайте вслух слова и словосочетания. Значения неизвестных слов уточните по словарю.*

Жесткость(ж.)	рамный
устойчивость (ж.)	связевой
температурные воздействия	рамно-связевой
каркас (м.)	ствольный

*Задание 1. Прочитайте текст. Назовите начальную форму каждого слова, определите части речи.*

### Классификация и компоновка конструктивных схем

Стальные каркасы многоэтажных зданий в зависимости от распределения функций в системе обеспечения пространственной жесткости и устойчивости, а также от способа восприятия основными элементами вертикальных и горизонтальных нагрузок и температурных воздействий подразделяются на каркасы следующих типов:

- рамного;
- связевого;
- рамно-связевого;
- ствольного (с подвешенными перекрытиями или консольными этажами).

*Задание 2. Ответьте письменно на вопросы, опираясь на материал текста (зад. 1).*

1. На какие типы подразделяются каркасы многоэтажных зданий?
2. От каких условий зависит подразделение стальных каркасов многоэтажных зданий на различные типы?

### 2.1. РАМНЫЕ СИСТЕМЫ

Грамматика: Словообразование.

Разновидность моделей простого предложения

*Словарь занятия. Прочитайте вслух слова и словосочетания. Значения неизвестных слов уточните по словарю.*

Рама (ж.)	нагрузка (ж.)
ригали (мн.)	передача (ж.)
перекрытие (ср.)	фундамент (м.)
жесткость (ж.)	узел (м.)
воспринимающий	унификация (ж.)



каркас (м.)  
регулярно  
шаг (м.)  
расход (м.)  
прогиб (м.)  
сдвиг (м.)  
смещение (ср.)

контур (м.)  
инерция (ж.)  
кручение (ср.)  
наружный  
плоский  
грань (ж.)  
изгиб (м.)

**Задание 1. Образуйте при помощи суффиксов (-н-, -енн-, -ев-, -ов-) от имен существительных имена прилагательные.**

Рама —

нагрузка —

жесткость —

каркас —

шаг —

расход —

прогиб —

контур —

изгиб —

пространство —

вертикаль —

горизонталь —

плоскость —

конструкция —

**Задание 2. Выделите общую часть в словах:**

нагрузка

погрузить

загрузить

грузный

расход

подход

исходить

поход

кручение

подкрученный

крутить

закрутить

**Задание 3. Образуйте существительные от данных прилагательных с помощью суффикса -ость. Какое значение имеют эти существительные: предмет или свойство?**

Образец: легкий — легкость

точный — надежный —

прочный — твердый —

устойчивый — плоский —

экономичный — жесткий —

эффективный —

**Задание 4. Прочитайте текст «Рамные системы»; глаголы в скобках поставьте в нужной форме. Назовите основные рамные системы.**

**Рамные системы**

Рамные системы (рис.1) (состоят) из жестко соединенных между собой колонн и ригелей, образующих плоские и пространственные рамы, объединенные междуэтажными перекрытиями.

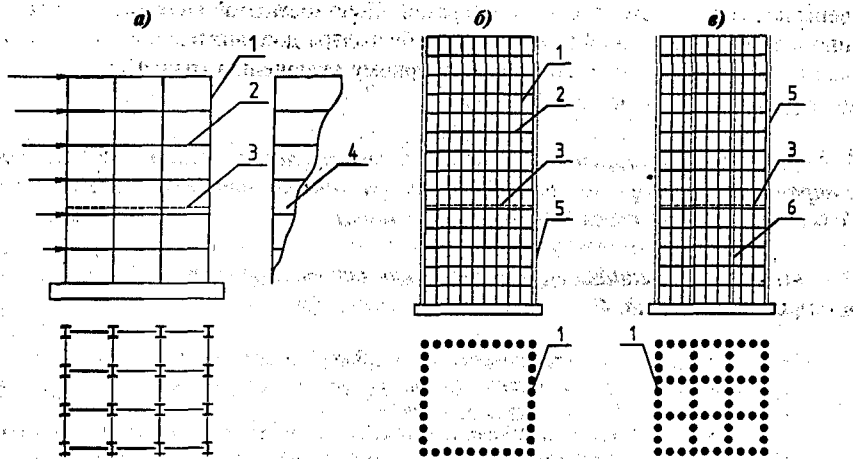


Рисунок 1. Основные рамные системы:

- а) обычная; б) с внешней пространственной рамой; в) секционно-рамная;  
 1 – колонна; 2 – ригель; 3 – плоскость одного из перекрытий;  
 4 – горизонтальные перемещения рамы; 5 – плоскость внешней рамы;  
 6 – плоскость внутренней рамы.

Жесткость рамной системы (*определяется*) сопротивлением всех элементов, воспринимающих вертикальные и горизонтальные нагрузки. Рамная система (*обеспечивает*) равномерную передачу нагрузок на фундамент, однако ее элементы и узлы трудно поддаются унифицированию из-за значительного изменения внутренних усилий по высоте каркаса.

В обычной рамной системе (рис.1, а) колонны (*располагаются*) регулярно по всему плану здания с шагом 4–9 м. В такой системе учет горизонтальных нагрузок (*приводит*) к заметному увеличению расхода стали, поэтому применение этой системы (*ограничивается*) высотой 30 этажей. В горизонтальном прогибе верха рамы сдвиговые смещения (*составляют*) 70–90%.

В высотных зданиях (высотой 300–400 м) колонны (*размещаются*) только по контуру здания и (*образовывают*) внешнюю пространственную раму. Преимущество этой системы (*состоят*) в повышении ее общей изгибной жесткости, так как (*увеличивается*) момент инерции горизонтального сечения каркаса и (*снижается*) до 30–40% относительная доля сдвиговых смещений в общем прогибе каркаса. Система (*обладает*) повышенной жесткостью при кручении. Конструктивные элементы внешней рамы могут выполнять функции наружной стены, для устройства которой не нужен дополнительный каркас.

Дальнейшим развитием рамных систем (*являются*) секционно-рамная система (многосекционная коробчатая оболочка), структура которой в плане (*напоминает*) обычную рамную систему, а составляющие ее плоские рамы ре-

плены как грани системы с внешней рамой. Жесткость этой системы по сравнению с рамной оболочкой (*повышаться*) благодаря дополнительному сопротивлению внутренних рам и более равномерному включению граней внешней рамы в работу каркаса на общий изгиб.

**Задание 5.** Сформулируйте вопросы к каждому предложению текста. Попробуйте в вопросах использовать различные вопросительные слова (как? где? почему? когда? какие? какой? и др.)

**Задание 6.** Подчеркните грамматические основы предложений в 1-м и 2-м абзацах текста (зад. 4).

Главные члены предложения – это субъект S и предикат P, которые образуют различные модели предложения. Например: *каркас – структура*. Каркас стальной. Каркас смешан. Каркасы конструируются.

Обратите внимание! Если предикат выражен кратким, полным прилагательным или кратким причастием, он стоит в постпозиции по отношению к субъекту.

При этом главные члены предложения в целом могут быть распространенными. Например: Надежный каркас – стальной. Каркасы чаще конструируются смешанными.

**Задание 7.** Читайте предложения, определите их модель (укажите субъект и предикат). Назовите часть речи, к которой относится предикат. Объясните форму предиката (род, число).

1. Конструкция надежна.
2. Задания сложные.
3. Каркасы жесткие.
4. Сталь прочна.
5. Жесткость рамной системы повышена.
6. Результаты хорошие.
7. Структура экономична.

**Задание 8.** Модифицируйте предложение, заменив предикат, выраженный глаголом, на краткое причастие.

Образец: Рамные системы жестко соединяют между собой колонны и ригеля. Колонны и ригеля жестко соединены между собой.

1. Плоские и пространственные рамы объединяют междуэтажными перекрытиями.
2. Рамная система обеспечивает равномерную нагрузку на фундамент.
3. В обычной рамной системе колонны располагают по всему плану здания с шагом 4-9 м.
4. Эта система применяется в зданиях; высотой до 30этажей.
5. В высотных зданиях колонны размещаются только по контуру здания.
6. Система характеризуется повышенной жесткостью при кручении.

**Задание 9. Выпишите из текста служебные части речи:**

а) предлоги:

б) союзы:

в) частицы:

**Задание 10. Передайте информацию предложений с причастиями другим способом, используя слово который в нужной форме.**

**Образец:** Рамные системы, состоящие из жестко соединенных между собой колонн и ригелей, образуют плоские и пространственные рамы. – Рамные системы, которые состоят из жестко соединенных между собой колонн и ригелей, образуют плоские и пространственные рамы.

1. Жесткость рамной системы определяется сопротивлением всех элементов, воспринимающих вертикальные и горизонтальные нагрузки.

2. Учет горизонтальных нагрузок в колоннах, расположенных регулярно по всему плану здания с шагом 4–9 м., приводит к заметному увеличению расхода стали.

**Обратите внимание!**

Если мы заменяем причастный оборот сложноподчиненным определительным предложением со словом который, причастие заменяется глаголом соответствующего вида.

**Задание 11. Образуйте от данных глаголов все возможные формы активных и пассивных причастий.**

**Обратите внимание!**

От глаголов несовершенного вида образуются причастия несовершенного вида, а от глаголов совершенного вида – причастия совершенного вида, например: соединять (НСВ) – соединяющий, соединявший, соединяемый; соединить (СВ) – соединивший, соединенный.

соединять –

образовать –

воспринимать –

поддаваться –

ограничиваться –

снижаться –

сдвигаться –

обладать –

**Задание 12. Используя рис. 1, расскажите, из чего состоят основные рамные соединения.**

**Задание 13. Составьте номинативный план текста. Перескажите текст по составленному Вами плану, используя рис. 1 «Основные рамные системы».**

## 2.2. СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ

**Задание 1. Прочитайте текст. Уточните значение незнакомых слов по словарю. Продолжите составление словаря занятия.**

Связевые системы	ограждение
- с диафрагмами,	диафрагма
- с внутренним стволом,	унифицировать
- с внешним стволом;	внешний ствол
лифтовая шахта	внутренний ствол

### Связевые системы

Связевые системы проектируют в виде вертикальных связей, расположенных на некотором расстоянии одна от другой и соединенных между собой горизонтальными жесткими дисками (рис.2). Горизонтальная жесткость каркаса обеспечивается системой вертикальных и горизонтальных дисков, принимающих на себя всю ветровую нагрузку. Остальные элементы каркаса: колонны и балки, не входящие в систему дисков, — конструируются с шарнирным сопряжением в узлах и воспринимают лишь вертикальную нагрузку.

Перемещение связевой системы от горизонтальных нагрузок определяется деформациями связевой конструкции и в основном носят изгибный характер.

Связевая система работает на горизонтальную нагрузку эффективнее рамной, так как большая часть колонн, освобожденная от работы на изгиб, требует меньшего расхода стали. Связевая система отвечает принципу концентрации материала; в ней проще унифицировать элементы и узлы, не входящие в связевую конструкцию.

Связевые системы подразделяют на системы:

- с диафрагмами (рис.2, а);
- с внутренним стволом (рис.2, б);
- с внешним стволом (рис.2, в).

Диафрагмы выполняют в виде плоских ферм, стенок жесткости (как правило, железобетонных), а также рам жесткости.

Внутренний ствол может иметь открытое или замкнутое поперечное сечение. Как правило, в стволе совмещают функции жесткости системы и ограждения лифтовых и коммуникационных шахт. Стенки ствола выполняют железобетонными или в виде стальной пространственной фермы. Внешний ствол наилучшим образом обеспечивает жесткость системы при восприятии горизонтальных нагрузок.

Развитием связевых систем является система, состоящая из внутреннего и внешнего стволов (рис. 2, г), в котором можно увеличить пролет перекрытия и обойтись без дополнительных внутренних колонн. В этой системе внешний ствол частично выполняет функции наружной стены, а внутренний ствол служит ограждением лифтовой шахты.

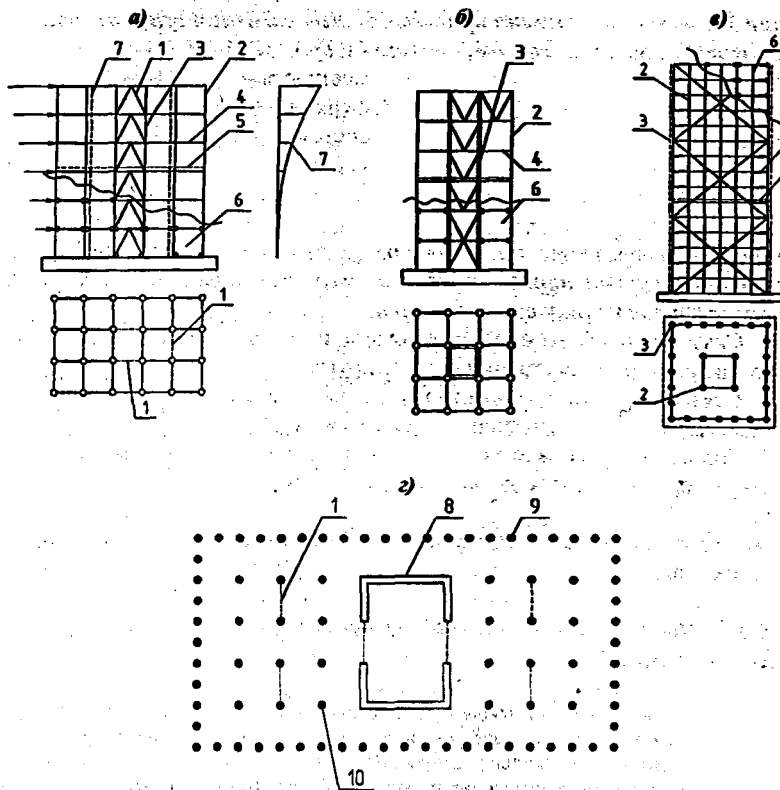


Рисунок 2. Основные связевые системы:

а) с диафрагмами; б) с внутренним стилом; в) с внешним стилом;

г) сочетание основных связевых систем (планы)

с диафрагмами и с внутренними и внешними стилом;

1 – диафрагмы; 2 – колонны; 3 – колонны пояса диафрагм; 4 – ригели; 5 – плоскость одного из перекрытий; 6 – фрагмент расчетной схемы по внутреннему ряду колонн;

7 – горизонтальные перемещения диафрагмы; 8 – внутренний ствол; 9 – внешний ствол;

10 – колонны, воспринимающие внешние нагрузки.

### Задание 2. Подберите синонимы к словам.

Проектировать –  
 горизонтальный –  
 соединенный –  
 каркас –  
 эффективный –  
 восприятие –

- Слова для справки: продольный, конструировать, закрепленный, связанный, структура, полезный, экономный, удобный, понимание, зрение, умозаключение.

**Задание 3. Соотнесите имена прилагательные с именем существительным (используйте суффиксы -ев/-ов-, -н-, -онн- и др.).**

Каркас –	жесткость –
связь –	функция –
диафрагма –	система –
лифт –	ветер –
ствол –	

**Задание 4. Преобразуйте простые предложения причастным оборотом вложноподчиненные определительные сословом которых. Запишите их, поставьте вопрос к придаточной части.**

1. Связевые системы проектируют в виде вертикальных связей, расположенных на некотором расстоянии одна от другой.
2. Связевые системы проектируют в виде вертикальных связей, соединенных между собой горизонтальными жесткими дисками.
3. Горизонтальная жесткость каркаса обеспечивается системой вертикальных и горизонтальных дисков, принимающих на себя всю ветровую нагрузку.
4. Развитием связевых систем является система, состоящая из внутренних и внешних стволов.

**Задание 5. Найдите в тексте (зад. 1) предложение с вводным словом. На что оно указывает?**

Вводные слова вводятся в предложения, чтобы показать отношение говорящего к высказываемой мысли. Они не являются членами предложения, в нем нельзя поставить вопрос. Вводные слова могут стоять в начале, середине, конце предложения и выделяются запятыми. *Связевая система, безусловно, отвечает принципу концентрации материала.*

**Задание 6. Используя рис. 2, расскажите о конструкциях основных связевых систем. Где возможно, употребите вводные слова или словосочетания.**

### 2.3. РАМНО-СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ

**Задание 1. Прочитайте текст. Уточните значение незнакомых слов по словарю и запишите их перевод на родной язык.**

#### Рамно-связевые системы

Рамно-связевые системы аналогичны по своей схеме связевым, но отличаются от них жесткими соединениями колонн и ригелей, не входящих в связевую конструкцию. Соотношение жесткостей в системе таково, что ее связевая часть воспринимает 70-90% горизонтальных нагрузок.

Рамно-связевые системы подразделяются на:

– системы с жесткими включениями (рис.3) в виде сплошных панелей или связевых ячеек;

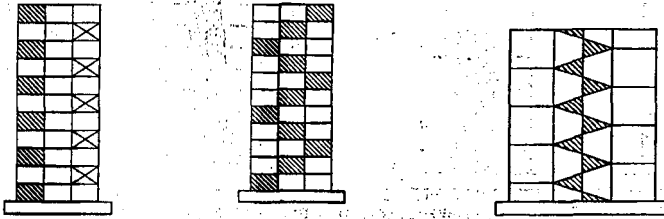


Рисунок 3. Рамно-связевые системы с жесткими включениями

– системы с горизонтальными поясами жесткости в виде связевых рам (рис.4);

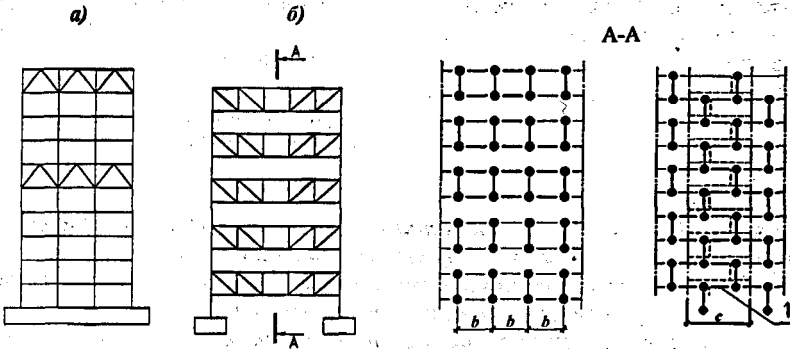


Рисунок 4. Рамно-связевые системы с горизонтальными поясами жесткости:

а) пояса жесткости в обычной рамной системе; б) фермы-ригели через этаж;

1 – системы с одинаковым расположением связей в соседних рамах.

– и системы с пространственными ростверками из решетчатых или сплошных элементов (рис.5).

Следует отметить, что отдельные жесткие включения (рис.3) слабо влияют на общий характер работы системы, но снижают эффект сдвиговых смещений.

Пояса жесткости (рис.4), дополняющие обычную рамную систему, снижают ее горизонтальные перемещения в результате повышения сопротивления относительно сдвигу смежных колонн и перекосу ячеек рам.

Особенность систем, состоящих из поясов жесткости и ростверков, объединенных с вертикальными несущими конструкциями связевых систем (см. рис.5), заключается в том, что колонны, обычно не участвующие в работе связевой системы на горизонтальные нагрузки, с помощью пояса или ростверка включаются в работу всей системы. При этом уменьшаются на 30-40% горизонтальные перемещения системы и резко снижаются перекосы ячеек в верхней части здания (рис.5, г), которые неблагоприятно влияют на ограждающие конструкции здания.



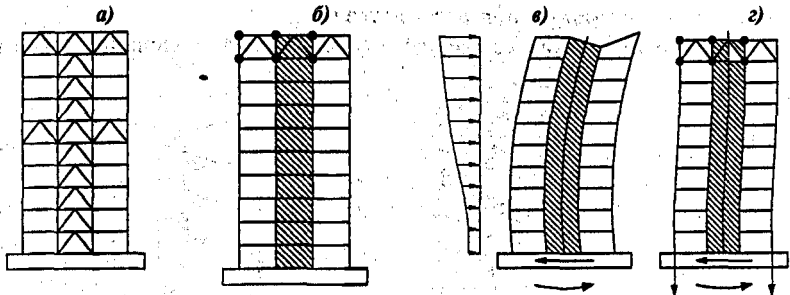


Рисунок 5. Рамно-связевые системы с поясами жесткости и ростверками:

- а) сочетание поясов жесткости с вертикальной диафрагмой;  
 б) сочетание пространственного ростверка со стилом;  
 в) и г) схемы деформирования системы без ростверка и с ростверком.

**Задание 2. Определите, от каких глаголов образовались причастия.**

Образец: *продлевающий* – *продлевать*

входящий –  
 дополняющий –  
 состоящий –  
 участвующий –  
 включающий –

ограждающий –  
 растянутый –  
 выполненный –  
 сжимающий –

**Задание 3. Замените в предложениях причастные обороты синонимическими придаточными частями предложения со словом *который*.**

1. Рамно-связевые системы отличаются от связевых жесткими соединениями колонн и ригелей, *не входящих в связевую конструкцию*.
2. Пояса жесткости, *дополняющие обычную рамную систему*, снижают ее горизонтальные перемещения.
3. Колонны, *обычно не участвующие в работе связевой системы на горизонтальные нагрузки*, включаются в работу всей системы.
4. В системах, *с подвешенными перекрытиями*, часть вертикальных нагрузок передается на ствол поэтажно.

**Задание 4. Используя материал текста, ответьте на вопросы.**

1. Чем отличаются рамно-связевые системы от связевых?
2. Каково соотношение жесткостей в рамно-связевой системе?
3. На какие типы подразделяются рамно-связевые системы?
4. Какова функция пояса жесткости?
5. В чем заключается особенность систем, состоящих из поясов жесткости и ростверков, объединенных с вертикальными несущими конструкциями связевых систем?

**Задание 5. Просклоняйте словосочетания.**

Рамно-связевые системы; жесткие соединения; горизонтальные нагрузки; сплошная панель; сдвиговые смещения; смежные колонны.

**Задание 6. Образуйте видовые пары глаголов.**

Образец: воспринимать (н.в.) – воспринять (с.в.)

Соотносить –	отмечать –
соединять –	влиять –
воспринимать –	снижать –
подразделять –	дополнять –
включать –	

**Задание 7. Используя рисунки, расскажите о рамно-связевых системах:**

- 1) рамно-связевые системы с жёсткими включениями (рис.3);
- 2) рамно-связевые системы с горизонтальными поясами жёсткости (рис. 4);
- 3) рамно-связевые системы с поясами жёсткости и ростверками.

## 2.4. СТВОЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

**Задание 1. Прочитайте текст. Уточните значение незнакомых слов по словарю.**

### Ствольные системы

В ствольных системах (рис.6) главные опоры-стволы опираются на фундамент, а остальные конструкции (кроме предварительно напряженных вант в схемах, представленных на рис.6) прерываются.

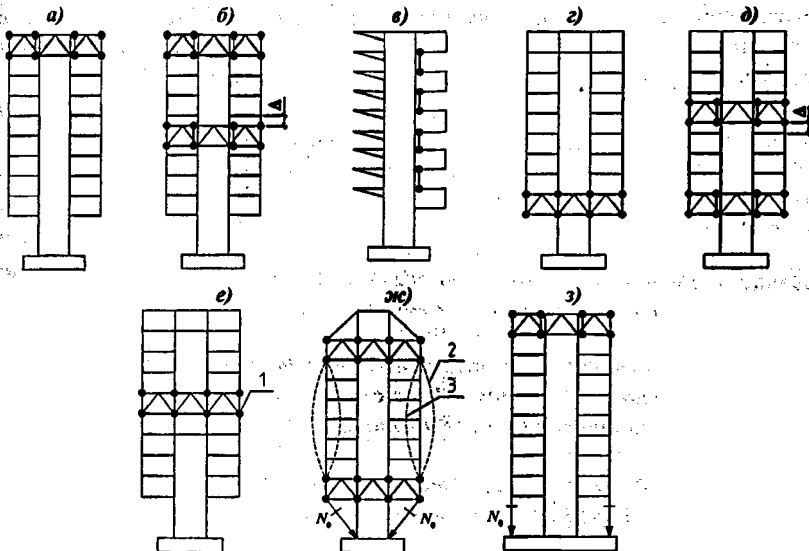


Рисунок 6. Ствольные системы:

- а), б) с подвешенными перекрытиями; в) д) с консольными этажами;  
 е) ж) комбинированные системы; ж) з) с предварительным напряжением;  
 1 – вариант с попарным объединением смежных перекрытий  
 в одну консольную конструкцию; 2, 3 – вариант очертания вант.

В системах с подвешенными перекрытиями часть вертикальных нагрузок передается на ствол поэтажно через подвески и ростверки, создавая в стволе значительные усилия по высоте. Эффективность такой системы достигается заменой сжатых колонн растянутыми подвесками, выполненными из высокопрочных марок стали, и устройством железобетонного ствола.

В системе с консольными этажами (схемы на рис.6, в, г и д) продольные силы в стволе меньше, но повышается расход стали на консольные балки.

Схемы а-е являются разновидностью связевых систем, а схемы на рис. 6, ж-з подобны рамно-связевым системам с ростверком (см. рис.5), в которых вместо колонн используют гибкие элементы (ванты). Последние благодаря предварительному натяжению способны воспринимать сжимающие усилия от вертикальных и горизонтальных нагрузок и повышать жесткость системы в целом.

**Задание 2.** В первом предложении 2-го абзаца назовите самостоятельные части речи, которыми выражены главные и второстепенные члены предложения. Назовите служебные части речи в этом предложении, на что они указывают.

**Задание 3.** Подберите однокоренные слова. Корень обозначьте.

Образец: нарисованный – рисовать, пририсовать; рисую, рисунок

Подвешенный –

растянутый –

нагрузки –

сжимающий –

перекрытия –

опираются –

представленные –

прерываются –

**Задание 4.** Выпишите из текста глаголы, поставьте в начальной форме, определите вид и подберите к ним видовые пары.

**Задание 5.** Определите структуру 1-го предложения текста (зад. 1). Определите грамматические основы. Что связывает союз а: однородные члены предложения или предикативные части предложения?

**Задание 6.** Найдите в тексте (зад. 1) конструкции, которые усложняют предложения (2-3 предл.).

**Задание 7.** Используя рис. 5 и 6, расскажите, чем отличаются рамно-связевые системы с поясами жесткости и ростверками от ствольных систем.

## ТЕМА 3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

### 3.1. КОЛОННЫ

*Задание 1. Прочитайте текст. Уточните значения неизвестных слов по словарю. Составьте словарик из ключевых слов текста.*

#### Колонны

Колонны являются основными конструктивными элементами каркаса многоэтажного здания и воспринимают преимущественно сжимающие усилия с изгибом в одной или двух плоскостях. В ствольных системах вместо колонн применяют испытывающие растягивающие усилия подвески из стальных канатов (ванты) или полосовой стали.

В современном строительстве многоэтажных зданий сквозные колонны почти не используются, так как они менее компактны и более трудоемки в изготовлении, чем сплошные.

Применяемые типы сечений сплошных колонн показаны на рис.7. Большинство сечений – составные и образуются автоматической или полуавтоматической сваркой. Выбор типа сечения зависит от вида и соотношения внутренних усилий (продольная сила, изгибающие моменты), значений и соотношений расчетных длин ( $l_x, l_y$ ) и способов присоединения ригелей междуэтажных перекрытий к колоннам.

Наибольшие сжимающие усилия могут быть восприняты сечениями на рис.7, *г, о*, меньшие – сечениями на рис.7, *а, д*.

Если изгибающие моменты в колоннах малы или вообще отсутствуют, а расчетные длины не превышают высоты этажа (3–4м), то применяют компактные сечения на рис.7, *з, д*, получая при этом сравнительно небольшие гибкости (30–60).

Наиболее технологичны в изготовлении колонны из прокатных двутавров с параллельными гранями полок (нормальный двутавр Б, широкополочный Ш, колонный К), а также колонны с сечениями на рис.7, *б, в и д* (с применением не более четырех уголков), на рис.7, *з, и, м*, которые допускают сравнительно простую сборку с помощью сварки.

Некоторые сечения (рис.7, *в, з и л*) позволяют иметь одинаковые конструктивные решения примыкания к колоннам ригелей разного направления в плане, однако колонны крестового сечения имеют относительно низкое сопротивление кручению, а трубы дороги и дефицитны. Более эффективно применение труб, заполненных бетоном.

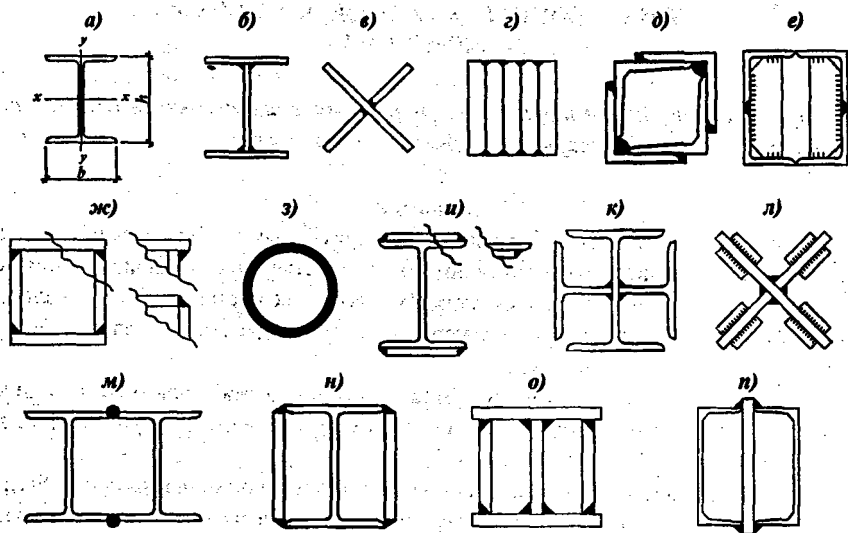


Рисунок 7. Типы сечений колонн:

а) и м) из прокатных двутавров; б) составной двутавр; в), к) и л) крестовые сечения; з) сплошное сечение; д) и е) из прокатных уголков; ж) и з) трубчатые сечения; и), н), о) и п) комбинированные сечения.

Наиболее целесообразно применение сечений, изображенных на рис.7, а, б, и (с учетом изгиба в плоскости наибольшей жесткости), рис.7, з – при больших усилиях и относительно малых расчетных длинах, рис.7, ж – при значительных усилиях и расчетных длинах. Отношение габаритов сечения к расчетным длинам  $h/l_x$ ,  $h/l$ , должно быть не менее  $1/15$ , чему соответствует гибкость 40-60 (в зависимости от типа сечения).

**Задание 2. Подберите однокоренные слова.**

Воспринимают –	сжимающий –
испытывающий –	допускать –
изгибающий –	примыкать –

**Задание 3. Обозначьте приставки в словах. Что обозначают приставки в выделенных словах?**

Направление, сопротивление, *примыкание*, применение, присоединение, *превышение*, растяжение, допускают.

**Помните!**

Чтобы выделить приставку в слове, необходимо подобрать к нему однокоренные слова с различными суффиксами.

**Задание 4. Подберите синонимы или синонимичные выражения к словам:**

Компактный –  
изгибающий –  
соотношение –  
превышают –  
позволяют –  
габариты –

**Задание 5. Поставьте вопросы к каждому предложению текста «Колонны». Устно ответьте на вопросы, поставленные вами.**

**Задание 6. Расскажите о типах сечений колонн, используя рис. 7.**

### **3.2. РИГЕЛИ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ**

**Задание 1. Прочитайте текст. Значение неизвестных или забытых слов уточните по словарю.**

#### **Ригели междуэтажных перекрытий**

Такие ригели работают преимущественно на изгиб. Продольные силы в ригелях, как правило, незначительны и появляются от горизонтальных (ветровых и сейсмических) нагрузок.

При пролетах до 12м ригели проектируют сплошными из обычных или широкополочных двутавров (рис.8, а) либо из сварных двутавров (рис.8, б и в).

Сплошные ригели коробчатого сечения (рис.8, д) применяются при больших поперечных силах или при необходимости увеличения их боковой жесткости.

При необходимости размещения различных коммуникаций в пределах высоты междуэтажного перекрытия применяют балки-ригели из широкополочных двутавров с перфорированной стенкой (рис.8, е), а при пролетах более 12м – фермы (рис.8, ж, з). Тяжелые фермы (рис.8, и, к, л) используются для перекрытий над залами и большими холлами.

Обычно отношение высоты сечения балки-ригеля или фермы к их пролету  $h/l \approx 1/10 \dots 1/15$ .

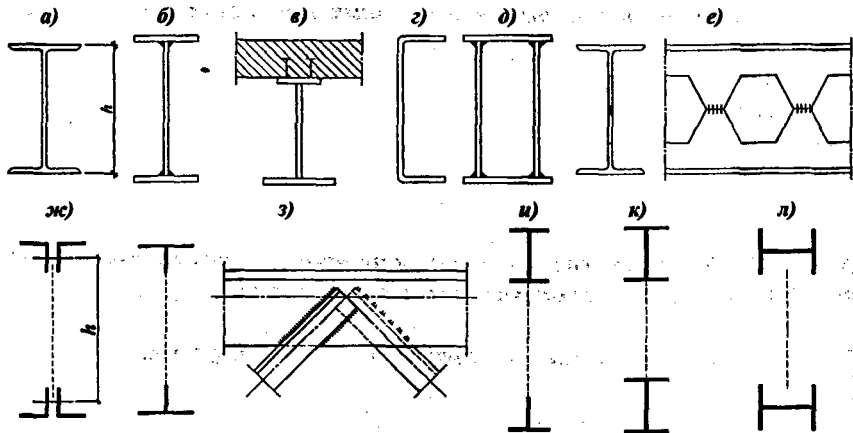


Рисунок 8. Типы сечений ригелей, балок и ферм перекрытия:

а) из прокатного двутавра; б) сварного двутавра; в) сталежелезобетонное сечение; г) гнутое; д) коробчатое; е) двутавр с перфорированной стенкой; ж), з), и), к) и л) фермы с различными прокатными сечениями.

**Задание 2.** Найдите в тексте предлоги. С каким падежом существительных они употреблены?

**Задание 3.** Является ли конструкция как правило членом предложения? На что она указывает?

**Задание 4.** Ответьте на вопросы письменно.

1. Какие ригели работают преимущественно на изгиб?
2. Из чего проектируют ригели при пролетах до 12 м?
3. Где применяются сплошные ригели коробчатого сечения?
4. Где используют тяжелые фермы?

**Задание 5.** Какие бывают типы сечений ригелей, балок и ферм перекрытий? Отвечая на вопрос, используйте рис. 8.

### 3.3. ЭЛЕМЕНТЫ СВЯЗЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Задание 1.** Прочитайте текст. Из чего проектируют элементы связевых конструкций?

#### Элементы связевых конструкций

Элементы связевых конструкций проектируются из парных уголков, проугольных и круглых труб, а при больших продольных усилиях – двутаврового коробчатого сечения (рис. 9).



Рисунок 9. Типы сечений раскосов связевых ферм:

а), б) и в) трубчатые, соответственно прокатное, гнutosварное и из уголков;  
 г) тавровое из уголков.

**Задание 2. Назовите в предложении однородные члены предложения. Какие знаки препинания ставятся между ними?**

Однородные члены предложения отвечают на один и тот же вопрос и относятся к одному и тому же члену предложения.

**Задание 3. Объясните знаки препинания между однородными членами предложения. Приведите примеры.**

- О и О
- О, О, О
- О, О, О и О
- О и О, О и О
- и О, и О, и О
- О: О, О, О
- О, О, О – О

**Задание 4. Расскажите о типах сечений раскосов связевых ферм, используя рис. 9, при этом употребите в тексте предложения с однородными членами.**

### 3.4. СТЫКИ КОЛОНН

**Задание 1. Прочитайте вслух слова и словосочетания. Значения неизвестных или забытых слов уточните по словарю.**

стык колонн	ядровое расстояние
эксцентриситета (ж.)	фрезерование (ср.)
комбинация (ж.)	торец (м.)
стяжные болты	монтаж (м.)
фланцевые стыки	коротыш (м.)
универсальный	



**Задание 2. Прочитайте слова, найдите в них корень, определите грамматическую форму подчеркнутых слов и уточните их значение.**

- а) сжимать, сжимает, сжимающий, сжимая;
- б) фрезеровать, фрезерование, фрезерующий, фрезеровщик;
- в) эксцентриситета, эксцентриситеты, эксцентриситетский;
- г) универсальный, универсально, университет.

**Задание 3. Выберите из правого столбика прилагательные, антонимичные прилагательным из левого столбика. С какими из приводимых ниже существительных они сочетаются?**

Трудоемкий	нерегулярный
большой	приближенный
удаленный	малый
растянутый	сжатый
плотный	редкий
постоянный	легкий

• Слова для справки: проект, монтаж, сварка, болт, стык, контакт, напряжение

**Задание 4. От данных ниже прилагательных и причастий образуйте:**

- а) краткую форму: великий – велик, плотный, сжатый, малый, редкий, легкий, растянутый, нерегулярный, приближенный;
- б) простую сравнительную степень: близкий – ближе, дорогой, редкий, новый, большой, прочный, экономный, добротный, удачный;
- в) наречия на о: неожиданный – неожиданно, плотный, редкий, легкий, регулярный, тяжелый, добротный, экономный.

**Задание 5. Прочитайте текст. Чем определяется выбор конструкции стыка колонн? Выпишите из текста ключевые слова, которые помогут ответить на вопрос.**

#### Стыки колонн

Выбор конструкции стыка колонн определяется отношением между наибольшим эксцентриситетом  $e = M/N$ , вычисленным для комбинации  $M_{\max}$ ,  $N$  и  $N_{\min}$ ,  $N_{\text{соот.}}$ , и ядровым расстоянием  $\rho$ .

В связевых, рамно-связевых, а иногда и рамных системах при учете нагрузок по основному их сочетанию эксцентриситеты относительно невелики ( $e \leq \rho$ ), поэтому растягивающие напряжения в сечении стыка не возникают, а стык выполняется как для центрально-сжатой колонны (рис.10).

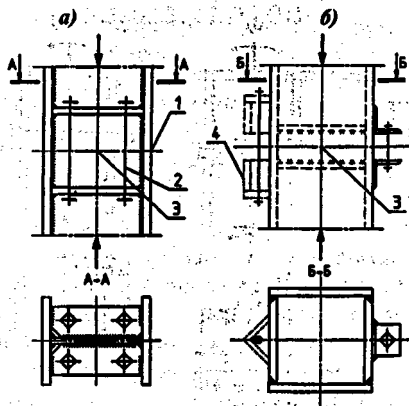


Рисунок 10. Сжатый стык колонны:

- а) сварное двутавровое сечение; б) коробчатое сечение;  
 1 – плоскость фрезерования; 2 – стяжной болт;  
 3 – установочная риска; 4 – вариант коротыша.

Фрезерование торцов элементов колонн обеспечивает плотный контакт и высокую точность изготовления по длине колонны. Для закрепления колонны в проектном положении и восприятии монтажных нагрузок используют постоянные стяжные болты.

Стыки колонн рамных систем при относительно больших эксцентриситетах ( $e > \rho$ ) кроме сжимающих испытывают и растягивающие напряжения и могут быть болтовыми или сварными. Болтовые стыки с накладками на высокопрочных или обычных болтах нормальной точности (рис.11, а) более удобны для открытых сечений, но трудновыполнимы для замкнутых сечений. Фланцевые стыки (рис.11, б, в) являются универсальными, однако выступы фланцев должны быть по возможности скрыты в стене, облицовке колонны или конструкции пола. В последнем случае размещение стыка в непосредственной близости к рамному узлу приводит к увеличению изгибающих моментов.

Более трудоемки на монтаже сварные стыки (рис.12) следует применять в тех случаях, когда из-за необходимости установки большого числа болтов конструкция болтового стыка становится неприемлемой. Коротыши и болты в сварном стыке служат только для временного закрепления колонны перед сваркой и после ее выполнения могут при необходимости удалены. Сварные швы следует проверить на прочность в растянутой зоне стыка.

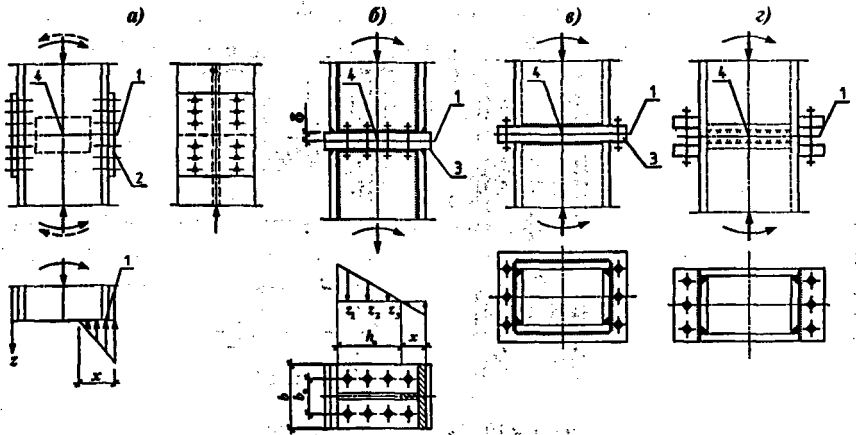


Рисунок 11. Болтовые стыки колонн при больших эксцентриситетах:

а) с помощью листовых накладок на высокопрочных болтах; б) и в) с помощью торцевых фланцев; г) через фрезерованный торец;

1 – плоскость фрезерования; 2 – накладка; 3 – фланец; 4 – установочная риска.

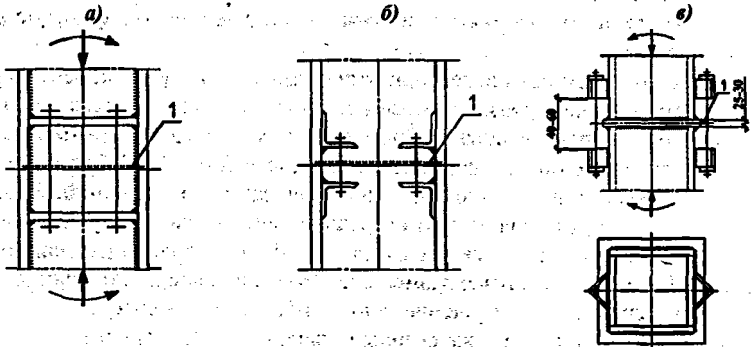


Рисунок 12. Сварные стыки колонн при больших эксцентриситетах:

а) б) схемы; 1 – плоскость фрезерования.

**Задание 6. Составьте вопросный план текста.**

**Задание 7. Законспектируйте текст, прочитайте свой конспект.**

**Задание 8. Используя рис. 10, 11, 12, расскажите о конструкциях:**

а) сжатого стыка колонн (рис. 10);

б) болтовых стыках колонн при больших эксцентриситетах(рис. 11);

в) сварных стыках колонн при больших эксцентриситетах (рис. 12).

### 3.5. БАЗЫ КОЛОН

**Задание 1. Прочитайте текст. Уточните значения неизвестных слов по словарю. Составьте словарь из ключевых слов.**

#### Базы колонн

В стальных каркасах многоэтажных зданий применяют, как правило, базы для безвыверочного монтажа колонн. Плиты базы изготавливают как отдельный отправочный элемент с фрезерованной или строганной верхней плоскостью и заранее устанавливают на фундамент. Колонна, имеющая фрезерованный торец, устанавливается на плиту и закрепляется анкерными болтами.

В колоннах с относительно небольшими изгибающими моментами анкерные болты устанавливаются конструктивно, а их крепление к колоннам осуществляется через ребро жесткости или коротыши из уголков (рис.13).

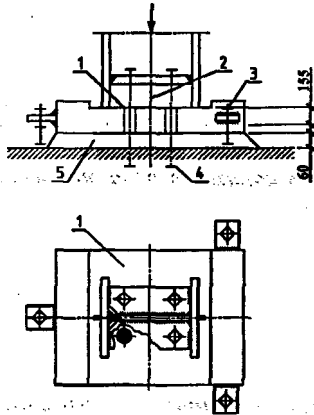


Рисунок 13. База колонны с анкерными болтами (схема):

- 1 – плоскость фрезерования; 2 – установочная риска;
- 3 – установочный болт; 4 – анкерный болт; 5 – подливка

При значительных изгибающих моментах устраивают базы с расчетными анкерными болтами (рис.14). Анкерные болты размещают или в пределах плиты, предусматривая в ней отверстия на 20–30мм больше размера болта (схема на рис.14, а, б), или выносят за пределы плиты с помощью траверс (схема на рис.14, в). Хорошая затяжка анкерных болтов позволяет исключить сдвиг колонны относительно опорной плиты, поэтому нет необходимости устраивать монтажные сварные швы по контуру торца колонн и траверс.

Размеры в плане опорной плиты зависят от соотношения вертикальной продольной силы и изгибающих моментов в колонне. Чаще всего опорную плиту делают квадратной.

**Задание 2. Обозначьте общую часть в словах:**

фрезеровать	анкер	траверс
фрезеровщик	анкерный	траверсы
фрезерный	анкеровать	траверсный
фрезерованный	анкерочный	траверсировать

**Подберите всевозможные словосочетания с такими словами.**

- Слова для справки: поверхность, плоскость, торец, болт

**Задание 3. Образуйте от данных глаголов словообразовательные пары:**

**НСВ – СВ**

- Применяют –
- изготавливают –
- устанавливают –
- устанавливается –
- закрепляется –
- осуществляется –
- устраивают –
- исключать –
- делают –

**Задание 4. Определите, от каких глаголов образованы причастия, запишите пары.**

- Устанавливаемый –
- закрепляемый –
- конструируемый –
- прилегающий –
- предусматриваемый –

**Задание 5. Найдите в тексте причастие, выпишите его вместе с определяемым словом. Поставьте вопрос от определяемого слова к причестию, определите, активная или пассивная их форма.**

**Задание 6. Закончите предложения:**

1. Колонна, имеющая фрезерованный торец, устанавливается ...
2. При значительных изгибающих моментах устраивают ...
3. Хорошая затяжка анкерных болтов позволяет ...
4. Размеры в плане опорной плиты зависят ...

**Задание 7. Поставьте вопросы к тексту так, чтобы получился вопросный план текста.**

**Задание 8. Законспектируйте текст, а затем прочитайте свой конспект.**

**Задание 9. Используя рис. 13 и конспект текста, расскажите о базах колонн.**

### 3.6. УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЯ РИГЕЛЕЙ С КОЛОННАМИ

**Задание 1. Прочитайте слова и словосочетания. Значения неизвестных уточните слов по словарю. Поставьте вопросы к зависимому слову в словосочетаниях.**

Ригель (м.)	выносной стык
каркас (м.)	развинчивание
опорное ребро	устройство вута
двухтавровый	полужесткое сопряжение
поперечная сила	упругопластический

**Задание 2. Подберите однокоренные слова (2-3 слова). Обозначьте общую часть родственных слов (корень).**

Развинчивание – ...  
поперечный – ...  
устройство – ...  
выносной – ...  
опорный – ...

**Задание 3. Проанализируйте образование слов. Определите часть речи, поставьте к ним вопросы.**

Полужесткое (сопряжение), упругопластичный, двухтавровый, развинчивание, закладные (детали), высокопрочные (болты), податливость, сопротивляемость.

**Задание 4. Просклоняйте словосочетания. Определите род и число имен существительных в словосочетаниях.**

Конструктивная схема, шарнирное крепление, нормальная точность, свободный поворот, опорные ребра, закладные детали, плоские листы.

**Задание 5. Составьте всевозможные словосочетания, используя слова из правого и левого столбиков. Запишите зависимое слово в нужной форме, обозначьте в словосочетаниях главное слово, поставьте вопрос.**

Образец: колонна (какая?) сплошная; типы (чего?) узлов

Схемы	жесткое
крепление	смешанное
ребро	опорное
каркас	связевые
поворот	рамно-связевые
давление	здание
передача	шарнирное
стержень	ригель
стык	опорные

сварка  
монтаж  
контроль  
податливость  
узел

усилия  
арматурный  
выносной  
болтовой  
монтажная  
конструкция  
качество  
необходимый  
полужесткий

**Задание 6. Прочитайте текст. Определите подтему абзацев, запишите их в виде назывных предложений**

### Узлы сопряжения ригелей с колоннами

Типы узлов сопряжения ригелей с колоннами определяются конструктивной схемой каркаса здания. Связевым схемам соответствует шарнирное, рамным – жесткое прикрепление ригелей к колоннам, рамно-связевым – смешанное.

Шарнирное прикрепление ригелей к колоннам на болтах нормальной точности по сравнению с другими типами проще в изготовлении и монтаже и обеспечивает свободный поворот ригеля относительно колонны. Прикрепление ригеля к колонне с помощью опорного ребра (рис.15) несколько сложнее на монтаже, однако в этом случае осуществляется более четкая передача на колонну значительных опорных давлений от балок-ригелей междуэтажных перекрытий.

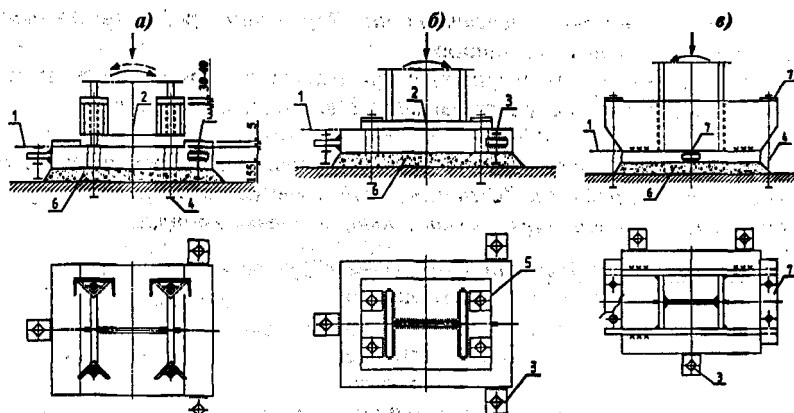


Рисунок 14. Базы колонн с расчетными анкерными болтами:

- а) и б) колонны с фрезерованным торцом; в) с применением диафрагм;  
1 – плоскость фрезерования; 2 – установочная риска; 3 – установочный болт;  
4 – анкерный болт; 5 – шайба с отверстием на 2мм больше диаметра болта;  
6 – подливка; 7 – анкерная плитка.

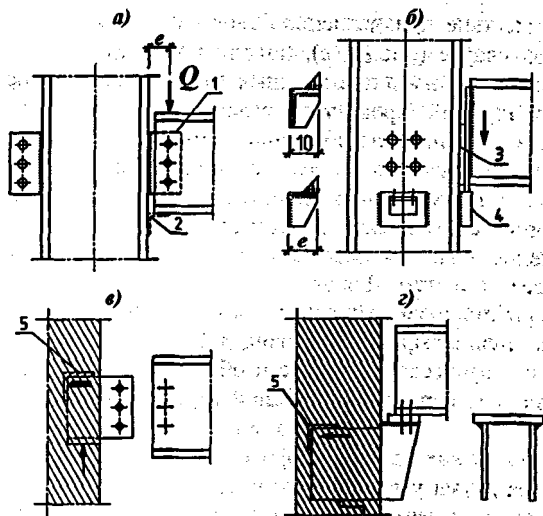


Рисунок 15.  
Свободное крепление балок  
(схемы):

- а) и б) к колоннам;  
е) и з) к железобетонным  
диафрагмам и стволам  
жесткости;  
1 – вертикальное ребро;  
2 – монтажный столик;  
3 – прокладка;  
4 – торец опорного ребра  
(строгать, фрезеровать);  
5 – анкер.

Если в каркасе многоэтажного здания имеются железобетонные диафрагмы или ствол жесткости, то для передачи усилий с балок-ригелей на бетон используются закладные детали в виде ребер, плоских листов, столиков, закрепленных в бетоне с помощью уголков, арматурных стержней или болтов (рис.15).

Примеры жесткого закрепления балок-ригелей с колоннами двутаврового сечения показаны на рис.16. В первом случае балка-ригель имеет опорное ребро и опирается на опорный столик, который воспринимает поперечную силу. Для передачи изгибающего момента применяют как высокопрочные болты, так и болты нормальной точности с закреплением гаек от развинчивания. Во втором случае осуществляется выносной болтовой стык, причем усилия в выносном стыке оказываются намного меньше усилий, действующих у грани колонны.

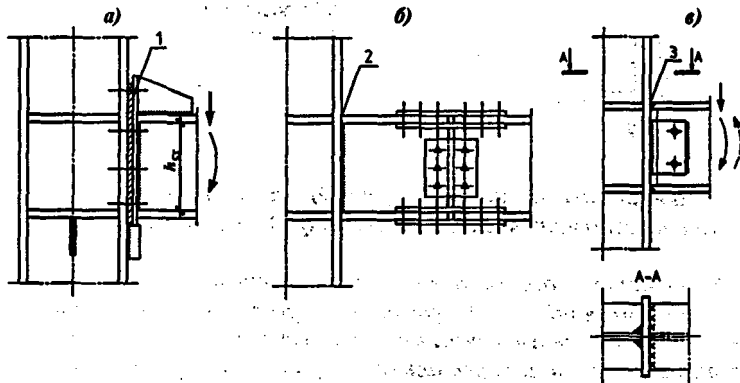


Рисунок 16. Жесткое прикреплeние балки к колонне (схемы):

- а) и б) на болтах; е) на монтажной сварке;  
1 – прокладка; 2 – заводской сварной шов; 3 – монтажный шов.



В некоторых случаях жесткие крепления балок-ригелей к колоннам осуществляют на монтажной сварке (рис.16, в), но они более трудоемки на монтаже по сравнению с болтовыми из-за повышенных требований к точности изготовления и монтажа конструкций. Кроме того, сварные швы в зоне стыка воспринимают значительный опорный изгибающий момент, поэтому они должны выполняться с контролем качества. Иногда балку-ригель в опорной зоне усиливают уширением полки для увеличения длины стыкового шва или увеличивают высоту балки на опоре с помощью устройства вута.

Полужесткое сопряжение балок-ригелей с колонной (рис.17) обычно применяется для рамно-связевых систем. Для элементов полужестких (гибких) соединений допускается работа в упругопластической стадии, поэтому их следует выполнять из марок стали с выраженной площадкой текучести. Эти узлы достаточно надежны при статической нагрузке и обеспечивают необходимую податливость вследствие совместных деформаций вертикального ребра и стенки балки-ригеля.

Спротивляемость полужестких узлов повторным нагрузкам повышается при заме вертикального ребра двумя уголками, которые сопрягаются с колоннами или с помощью болтов, или вертикальными сварными швами по перу уголков.

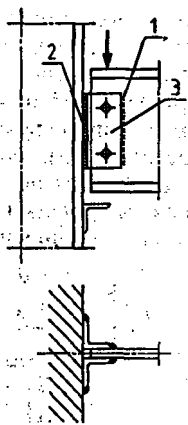


Рисунок 17. Гибкое (полужесткое) прикрепление балки к колонне (схема):

- 1 – монтажный сварной шов;
- 2 – заводской сварной шов;
- 3 – уголки.

**Задание 7.** Выпишите из текста (зад. 6) ключевые слова. Определите части речи и их грамматические категории (род, число, падеж).

**Задание 8.** В данных сложных предложениях поставьте вопрос от главной части к придаточной и попробуйте определить вид придаточной. Укажите подчинительные союзы или союзные слова, при помощи которых части сложноподчиненных предложений связаны между собой.

1. Для передачи усилий с балок-ригелей на бетон используются закладные детали в виде ребер, плоских листов, столиков, закрепленных в бетоне

помощью уголков, арматурных стержней и болтов, если в каркасе многоэтажного здания имеются железные диафрагмы или ствол жидкости.

2. Сварные швы в зоне стыка воспринимают значительный опорный изгибающий момент, поэтому они должны выполняться с контролем качества.

**Задание 9.** Сформулируйте вопросы к тексту. Запишите их в виде вопросного плана.

**Задание 10.** Законспектируйте текст, прочитайте свой конспект.

**Задание 11.** Используя рис. 16, расскажите о жестком прикреплении балки к колонне.

**Задание 12.** По составленному вами плану, используя конспект, расскажите об узлах сопряжения ригелей.

## ТЕМА 4. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

*Словарь занятия. Прочитайте вслух слова и словосочетания. Значения неизвестных слов уточните по словарю.*

Несущая (способность)	порывистость (ж.)
перегородка (ж.)	определенная (высота)
эквивалентный	статическая (нагрузка)
временные (нагрузки)	динамическая (нагрузка)
загружение (ср.)	ландшафт (м.)
неблагоприятный	аэродинамический
шахматный	сдвиг (м.)
сплошная	кручение (ср.)
вариант (м.)	пульсационная (составляющая)
односторонний	пульсация (ж.)
комплекс (м.)	логарифмический декремент
ветровая (нагрузка)	эпюра (ж.)
снижение (ср.)	ордината (д.)
скорость (ж.)	

**Задание 1. Проанализируйте слова. Определите часть речи, поставьте вопрос. Назовите слова, от которых они образованы.**

Загружение, шахматный, односторонний, порывистость, пульсация, перегородка, аэродинамический.

**Задание 2. Подберите антонимы к словам.**

Снижение, статистическая (нагрузка), сплошной, временный, загружение.

• Слова для справки: динамическая (нагрузка), повышение, разгружение, постоянный, прерывистый.

**Задание 3. Просклоняйте словосочетания. Обозначьте род и число имен существительных.**

Временные нагрузки, эквивалентная нагрузка, неблагоприятнозагружение, программный комплекс.

**Задание 4. Прочитайте текст. Выпишите из текста существительные с предлогами, которые к ним относятся. Есть ли в тексте другие служебные части речи (частицы, союзы)? Какова их функция?**

#### Общие сведения

Стальные каркасы многоэтажных зданий рассчитывают по несущей способности и жесткости.

Значения постоянных нагрузок (от веса несущих и ограждающих конструкций) определяются по данным о весе готовых элементов и изделий. Нагрузки от переставляемых перегородок прикладывают в наиболее неблагоприятном для прочности перекрытия сечениях.

Временные нагрузки на перекрытия принимают в виде эквивалентных нагрузок, равномерно распределенных по площади перекрытия. Вероятность одновременного нагружения больших площадей перекрытий полной временной нагрузкой не равна единице, поэтому в расчетах используются сочетания временных нагрузок с коэффициентами сочетаний  $\psi < 1,0$ .

При назначении схемы расположения нагрузок необходимо исходить из принципа наиболее неблагоприятного нагружения. Так, при определении наибольших пролетных моментов в ригелях рамной системы используют шахматное расположение временных нагрузок, а при расчете рам, стволов и фундаментов рассматривают не только сплошное нагружение всех перекрытий, но и варианты односторонних нагружений.

Точный расчет каркасов многоэтажных зданий выполняют на ЭВМ с применением расчетных программных комплексов (LIRA, SCAD, и др.).

*Задание 5. Найдите в тексте (зад. 4) глаголы, запишите их в форме инфинитива. Подберите к ним видовую пару.*

*Задание 6. Найдите в тексте (зад. 4) причастия. Определите, от каких глаголов они образованы.*

*Задание 7. Конспектируйте текст (зад. 4), используя всевозможные способы конспектирования.*

## 4.2. ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА

### Самостоятельная работа

*Задание 1. Прочитайте текст. Составьте тезисный план к тексту.*

#### Ветровая нагрузка

Ветровая нагрузка для многоэтажных зданий является наиболее существенной из временных нагрузок. Это вызвано тем, что использование в высотном строительстве стальных и облегченных железобетонных конструкций привело к снижению веса сооружений и сняло ограничения на высоту возводимых зданий. С другой стороны, снижение постоянных нагрузок и создание больших, более гибких пространственных решений, привело к значительному снижению жесткости здания. В этих условиях ветровые нагрузки приобретают особое значение.

Действие ветра на сооружение проявляется в виде нагрузки, величина которой зависит от скорости ветра и его порывистости. За нормативную скорость

ветра в каждом из VII ветровых районов принята наибольшая скорость на высоте 10м над поверхностью земли, превышаемая в среднем раз в 5 лет.

Записи скорости ветра регистрируются на определенной высоте и характеризуют два явления: достаточно постоянную среднюю скорость ветра и изменяющуюся скорость порывов ветра (рис.18). Следовательно, ветровая нагрузка содержит две составляющиеся – *статическую* и *динамическую*. Динамическую составляющую ветровой нагрузки необходимо учитывать при расчетах многоэтажных зданий высотой более 40м.

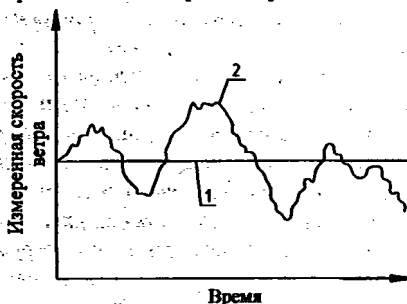


Рисунок 18. График изменения скорости ветра:

1 – средняя скорость ветра; 2 – действительная скорость ветра.

Средняя скорость ветра, т.е. статическая составляющая, возрастает с высотой. Степень её увеличения зависит от особенностей земной поверхности, так как вблизи земли ветер затухает. Чем значительнее влияние окружающих объектов (деревья, складки ландшафта, здания и т.п.), тем на большей высоте скорость ветра достигает максимальной величины. Расчетное значение статической составляющей ветровой нагрузки на высоте  $z$  определяется по формуле:

$$q_{ст} = w_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_f, \quad (1)$$

где  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления;

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте и тип местности;

$c$  – аэродинамический коэффициент, зависящий от конфигурации здания;

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по ветровой нагрузке.

Сооружение считается расположенным на местности данного типа, если данный тип местности сохраняется с наветренной стороны на расстоянии  $30H$  – при высоте сооружения ( $H$ ) до 60м и 2км – при большей высоте сооружения.

Воздействие ветра более чем на одну вертикальную поверхность здания может вызвать деформации сооружения в двух направлениях (рис.19). Давление ветра всегда является максимальным, если ветер направлен перпендикулярно поверхности здания. Когда воздушный поток подходит к поверхности здания под углом отличным от угла в  $90^\circ$ , то значительная часть ветрового потока затухает. Однако в этом случае в несущих конструкциях здания возникают дополнительные напряжения сдвига и кручения, которые не наблюдаются при перемещениях в одном направлении. Поэтому при расчете высотных зданий на ветровую нагрузку рассматривается несколько вариантов загрузок при различных значениях аэродинамического коэффициента  $c$ .

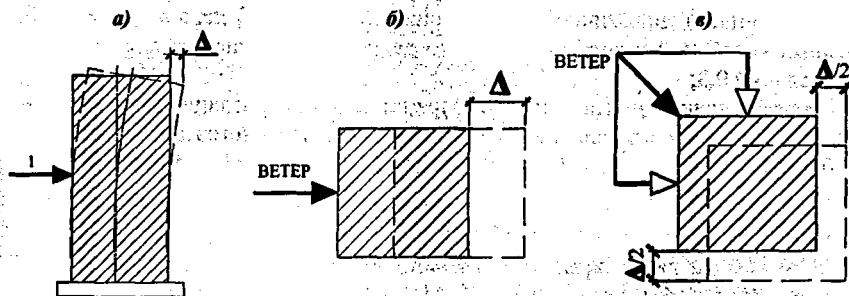


Рисунок 19. Горизонтальное перемещение каркаса при воздействии ветра на сооружение:

а) схема перемещений; б) одноосное перемещение; в) перемещение в двух направлениях; Δ – горизонтальное перемещение каркаса; 1 – статическое состояние ветровой нагрузки.

Если геометрический центр плана здания не совпадает с центром жесткости несущей системы, то в расчетах необходимо дополнительно учитывать крутящие моменты из-за внецентренного приложения ветровой нагрузки.

Пулсационная составляющая ветрового потока вызывает колебания многоэтажного здания (рис.20, а). Величина пульсационной составляющей ветровой нагрузки в плоскости потока зависит от изменчивости пульсации скорости  $v_n$ , характеризуемой стандартом  $s$ , (рис.20, б). Ветровое давление в момент времени  $t$  может быть вычислено по формуле:

$$w(t) = w_o \cdot (1 + \xi), \quad (2)$$

где  $w_o$  – среднее значение ветрового давления (статическая составляющая);  $\xi$  – коэффициент пульсации, значение которого определяется по следующей формуле:

$$\xi = \frac{2v_n}{v}; \quad (3)$$

Значение коэффициента пульсации давления ветра  $\xi$  на уровне  $z$  от поверхности земли приведены в таблице 1, из которой следует, что пульсация ветрового потока с увеличением высоты  $z$  уменьшается. Наибольшее влияние на динамические усилия и перемещения оказывают пульсации, частота которых  $f$  близка или равна частоте собственных составляющих системы  $f_1$ .

Нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки  $w_p$  для многоэтажных зданий с постоянной по высоте жесткостью, массой и шириной наветренной поверхности на уровне  $z$  допускается определять по формуле:

$$w_p = 1,4 \cdot (z/H) \cdot \xi \cdot w_m \cdot \zeta \cdot v; \quad (4)$$

где  $w_m = w_o \cdot k_s \cdot c$  – нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на высоте  $z$ ;

$\zeta$  – коэффициент динамичности, зависящий от частоты  $f_1$  первой формы собственных колебаний и логарифмического декремента  $\delta$ , равного для многоэтажных зданий 0,3;

$\nu$  – коэффициент, учитывающий пространственную корреляцию пульсации ветра по высоте и фронту здания, значение которого для многоэтажных зданий колеблется в пределах  $\nu = 0,40 \dots 0,70$ .

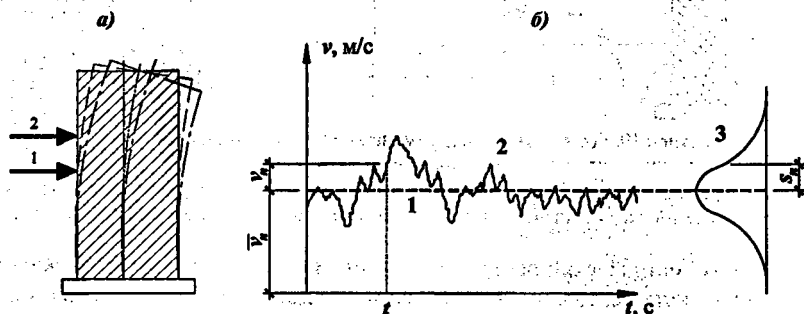


Рисунок 20. Воздействие динамической составляющей ветровой нагрузки на многоэтажное здание:

*a)* схема динамических колебаний зданий; *б)* изменение скорости ветра во времени; 1 – средняя скорость; 2 – скорость порывов ветра; 3 – плотность распределения пульсации скорости.

Таблица 1. Значения коэффициентов пульсации давления  $\xi$

Высота $z$ , м	Коэффициент пульсаций давления ветра $\xi$ для типов местности		
	A	B	C
10	0,76	1,06	1,78
20	0,69	0,92	1,50
40	0,62	0,80	1,26
60	0,58	0,74	1,14
80	0,56	0,70	1,06
100	0,54	0,67	1,00
150	0,51	0,62	0,90
200	0,49	0,58	0,84
250	0,47	0,56	0,80
300	0,46	0,54	0,76
350	0,46	0,52	0,73
$\geq 480$	0,46	0,50	0,68

Коэффициент динамичности можно определить по таблице 2 в зависимости от значения параметра  $\varepsilon$ , равного:

$$\varepsilon = \frac{(\gamma_f \cdot w_0)^{0,5}}{940 \cdot f_1} \quad (5)$$

где  $f_1$  – частота первой формы собственных колебаний.

Значения  $f_1$  можно принять по приближенным зависимостям:

- для стальных рамных каркасов -  $f_1 \cong \frac{10}{m}$ , Гц;
  - для связевых и рамно-связевых каркасов с бетонными диафрагмами и стволами жесткости -  $f_1 \cong \frac{16}{m}$ , Гц,
- здесь  $m$  - число этажей здания.

Таблица 2. Значение коэффициента динамичности ветровой нагрузки для многоэтажных зданий

$\varepsilon_i$	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50
$\zeta_i$	1,60	1,75	1,85	2,0	2,1	2,13	2,2	2,28	2,3	2,3

Суммарная ветровая нагрузка действующая на многоэтажное здание схематично представлена на рис. 21. Статистическая составляющая имеет криволинейную эпюру с ординатами, вычисленными по формуле (1). Для упрощенных расчетов удобно криволинейную эпюру скоростного напора заменять трапециевидной, эквивалентной ей по изгибающему моменту и поперечной силе в основании здания.

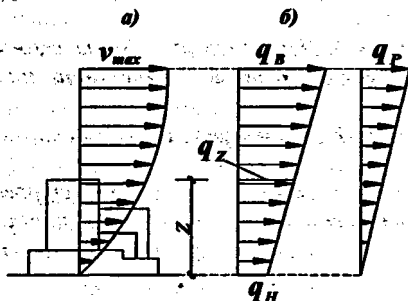


Рисунок 21. Суммарная ветровая нагрузка:  
 а) фактическая эпюра ветрового давления;  
 б) эпюра статической составляющей.

Для этого в формуле (1) коэффициент  $k_z$  необходимо заменить на коэффициенты  $k_n$  и  $k_z$ , соответствующие ординатам трапеции в нижнем и верхнем сечениях. С погрешностью не более 3% ординату  $k_n$  можно считать равной нормативному значению на высоте 5 м в зависимости от местности:

- для местности типа А -  $k_n=0,75$ ;
- для местности типа В  $k_n=0,5$ ;
- для местности типа С -  $k_n=0,4$ .

Ордината  $k_z$  в зависимости от высоты здания и типа местности принимает следующие значения:

H, м	20	40	60	100	150	200	250	350
тип А	1,11	1,55	1,83	2,25	2,62	2,92	3,14	3,52
тип В	0,74	1,10	1,36	1,75	2,14	2,45	2,68	3,18
тип С	0,47	0,73	0,96	1,34	1,68	1,98	2,22	2,69

Ордината на уровне  $z$  равна  $k_z = k_n + \frac{z}{H}(k_z - k_n)$ .



Динамическая составляющая имеет треугольную эпюру, ордината на высоте  $H$  в которой может быть вычислена по формуле (4) при  $z=H$ .

**Задание 2.** *Законспектируйте текст (зад. 1) и прочитайте вслух свой конспект.*

**Задание 3.** *Сформулируйте к тексту (зад. 1) 8–10 вопросов и запишите их в тетрадь.*

**Задание 4.** *Используя рис. 18, расскажите о графике изменения скорости ветра.*

**Задание 5.** *Используя рис. 19, расскажите о горизонтальном перемещении каркаса при воздействии ветра на сооружение.*

**Задание 6.** *Используя рис. 20, расскажите о воздействии динамической составляющей ветровой нагрузки на многоэтажное здание.*

**Задание 7.** *Используя рис. 21, расскажите о суммарной ветровой нагрузке.*

**Задание 8.** *Используя текст «Ветровая нагрузка» и научную литературу, предложенную преподавателем, напишите реферат на тему «Особенности расчёта стальных каркасов многоэтажных зданий».*

## ТЕМА 5. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУР

### Лекция

Благодаря высокой прочности стали стальные конструкции надежны в эксплуатации, имеют малую массу и небольшие габариты по сравнению с конструкциями из других материалов. Стальные конструкции отличаются разнообразием конструктивных форм и архитектурной выразительностью. В современном строительстве стальные конструкции применяют преимущественно в качестве несущих конструкций. В современном строительстве применяют также типовые стальные конструкции, обеспечивающие минимальный расход стали, наименьшую трудоемкость изготовления конструкций в заводских условиях, удобство и быстроту монтажа их на месте. Как правило, целесообразность и экономическая эффективность применения стальных конструкций возрастает с увеличением пролета.

Что касается большепролетных зданий, то тут вряд ли можно говорить о гиповом применении конструкций, не только стальных, а вообще типовых. Каждое такое здание – это неповторимое сооружение, многие из которых нельзя себе представить другого вида, это – конструкции-символы.

Стержневые пространственные металлические конструкции появились во второй половине XIX в. Шведлер разработал купольные покрытия из стержней с шарнирными узлами. Первый его купол диаметром 60 м был сооружен в 1874 г. в Вене. В куполах Шведлера стержни располагали по меридианам и концентрическим кольцам, между ними устанавливали раскосы. Вследствие сложностей при изготовлении и монтаже купол Шведлера не получил широкого распространения. В 1882 г. Фепль предложил систему звездчатого купола и разработал метод его расчета. Со второй половины XX в. звездчатые купола очень широко применяют в строительной практике всего мира.

Плоские решетчатые системы покрытий из коротких стержней появились в 40-х годах XX в. Французский инженер Ле Риколе построил из дерева первую перекрестно-стержневую конструкцию покрытия, назвав ее структурой. В 1942 г. Менгеринхаузенем в Германии предложено первое конструктивное решение металлической структуры.

Этот класс конструкций привлек к себе пристальное внимание специалистов по строительным металлическим конструкциям в конце 50-х - начале 60-х годов прошлого столетия, хотя идея построения пространственных жестких конструкций кристаллического строения была известна давно, еще в 30-е годы.

Благодаря однотипности стержней и узловых элементов можно создавать поточные линии по изготовлению структур, существенно облегчить транспортирование, а в ряде случаев и уменьшить расход металла. Структуры позволяют использовать наиболее совершенные методы монтажа, при которых стержневую систему вместе с кровлей собирают на земле и большими блоками (или целиком) поднимают в проектное положение.

Пространственно-стержневым металлическим конструкциям характерны следующие преимущества, правильное использование которых позволяет повысить экономическую эффективность этих систем по сравнению с традиционными решениями.

- К этим преимуществам относятся:
- пространственность работы системы;
  - повышенная надежность от внезапных разрушений;
  - снижение строительной высоты покрытия (или перекрытия);
  - возможность перекрывать большие пролеты;
  - удобство проектирования линий подвешенного транспорта и подвесных потолков;
  - возможность свободной расстановки оборудования (на перекрытиях);
  - облегчение ограждающих конструкций кровли благодаря частой сетке узлов;
  - максимальная унификация узлов и стержневых элементов;
  - возможность к переходу поточного изготовления металлических конструкций;
  - сборно-разборность (при необходимости);
  - архитектурная выразительность и гибкость применения для зданий различного назначения.

Структурные конструкции, как было отмечено ранее, сходные по своему геометрическому строению с кристаллическими решетками металла, являются типичным примером пространственной системы. Сила, приложенная к любому узлу структуры и произвольно направленная, вызывает усилие в первую очередь в примыкающих к узлу пространственно расположенных стержнях, т.е. пространственную реакцию, сходную с сопротивлением сплошной системы (плиты или оболочки).

Систему можно построить, взяв за основу пирамиду (рис.1.) с прямоугольным основанием и присоединив к ней каждый последующий узел тремя стержнями. Таким образом, система имеет одну степень свободы, состоящую в возможности деформации прямоугольных ячеек постоянных сеток. Формальную неизменяемость легко получить, поставив диагональ в основании исходной пирамиды. Это сказывается лишь на ближайших стержнях и практически не влияет на напряженное состояние системы в целом.

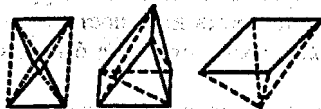


Рис. 1. Кристаллы структур

Структурные плиты могут быть образованы путем пересечения плоских ферм в двух, трех и более направлениях при условии деления плиты на квадратные, треугольные и шестиугольные ячейки (рис. 2.). Аналогично могут быть построены системы иных конфигураций.

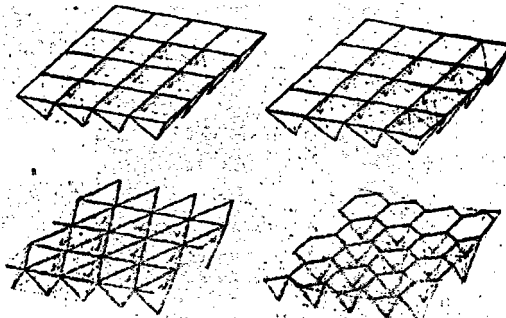


Рис. 2. Схемы перекрестно-стержневых конструкций из решетчатых пирамид: а, б – из пирамид с квадратным основанием (пентаэдров); в – из пирамид с треугольным основанием (тетраэдров); г – из пирамид с шестиугольным основанием (гептаэдров)

Системы, имеющие треугольные ячейки сеток, а также ортогональные системы с диагоналями в сетках воспринимают крутящие моменты. В гораздо большей степени жесткостью на кручение обладают структуры, в которых одна сетка набирается из треугольников, а другая – из шестиугольников.

Таким образом, качественным отличием структур является пространственная неизменяемость, а для многих систем – работа на кручение, что приводит к уменьшению усилий в поясах от действия изгибающих моментов.

Поскольку структуры, благодаря пространственности и частому расположению пересекающихся ферм, обладают повышенной жесткостью, обычным для них является отношение высоты к пролету  $\frac{h}{l} = 1/16 + 1/25$  в начале их конструирования и  $\frac{h}{l} = 1/20 + 1/50$  (против  $1/6 - 1/8$  в плоских фермах). Как конструкции

большепролетного назначения структуры должны применяться с укрупнительной сеткой колонн, переход к которой прогрессивен. Преимущества таких схем известны – свободная планировка при изменении технологии или назначения зданий, а также экономия площади.

Уменьшение нагрузок от собственного веса покрытия является одной из актуальных задач современного строительства. Подсчеты показывают, что в промышленном строительстве железобетонные кровельные плиты пролетом 6 и 12 м, утепленные пенобетоном, не могут конкурировать со штампованными настилами, утепленными минеральной ватой или пенополистиролом.

Свойственная структурам однотипность узлов и стержневых элементов позволяет перейти к поточному производству конструкций для зданий различного назначения, значительно удешевив заводское изготовление.

За рубежом структурные конструкции в большинстве случаев доставляют на место строительства в виде отдельных элементов или вкладываемых одна в другую стержневых пирамид (рис.3), образующих плотный штабель. Такое транспортирование экономит транспортные средства. Структуры являются почти единственной возможной конструкцией заводского изготовления для труднодоступных районов, куда строительные элементы можно доставить лишь авиацией.



Рис. 3. Схемы компактной упаковки пирамид при складировании (а) и перевозке (б)

Кажется парадоксальным, что при очень большом количестве элементов, из которых на месте собирают конструкцию, монтаж ее оказывается более быстрым и экономичным, чем при обычных покрытиях (примерно в 1.2+1.5 раза). Однако простота некоторых типов соединений стержней с узловыми элементами и высокая точность изготовления, не требующая юстировки конструкции на монтаже, по зарубежным данным, позволяют достичь такого эффекта.

Структуры имеют ряд существенных недостатков, зачастую неразрывно связанных с достоинствами. Являясь по своему внутреннему строению конструктивной схемой, заимствованной из природы, структуры уступают своим природным аналогам в том, что одновременно с пространственностью приобретают черты жесткой унификации, что зачастую ведет к увеличению расхода материала. Кроме того, если для природы безразлично количество элементов и сложность узлов в созданных конструкциях, то для структуры сложность узлового сопряжения и необходимость сборки большого числа элементов являются основной технической проблемой. Тем не менее, опыт показывает, что структуры являются прогрессивными конструкциями, особенно комбинированные.

**Задание 1. Прочитайте лекцию. Значения незнакомых слов уточните по словарю, запишите их.**

*Юстировка* (от нем. *justieren* – вымерять) — совокупность операций по выравниванию конструкций и конструктивных элементов (поверхностей, столбов, стоек и т. д.) вдоль некоторого направления («осевого»), а также по приведению меры, измерительного или оптического прибора, механизмов (или их части) в рабочее состояние, обеспечивающее точность, правильность и надёжность их действия.

*Депланация* = кручение

**Задание 2. Уточните дату событий, записав числа прописью.**

Стержневые пространственные металлические конструкции появились во второй половине XIX в. Шведлер разработал купольные покрытия из стержней с шарнирными узлами. Первый его купол диаметром 60 м был сооружен в 1874 г. в Вене. В куполах Шведлера стержни располагали по меридианам и концентри-

ческим кольцам, между ними устанавливали раскосы. Вследствие сложностей при изготовлении и монтаже купол Шведлера не получил широкого распространения. В 1882 г. Феппл предложил систему звездчатого купола и разработал метод его расчета. Со второй половины XX в. звездчатые купола очень широко применяют в строительной практике всего мира.

Плоские решетчатые системы покрытий из коротких стержней появились в 40-х годах XX в. Французский инженер Ле Риколе построил из дерева первую перекрестно-стержневую конструкцию покрытия, назвав ее структурой. В 1942 г. Менгеринхаузен в Германии предложено первое конструктивное решение металлической структуры.

Этот класс конструкций привлек к себе пристальное внимание специалистов по строительным металлическим конструкциям в конце 50-х–начале 60-х годов прошлого столетия, хотя идея построения пространственно-жестких конструкций кристаллического строения была известна давно, еще в 30-е годы.

**Задание 3. Назовите имена известных учёных-конструкторов, о которых говорится в тексте.. Какой вклад каждый из них внёс в развитие мировой науки? Подготовьте сообщение.**

**Задание 4. Выпишите из текста лекции имена существительные. Распределите их по семантическим группам: предмет (конструкция), лицо (инженер), процесс (кручение), свойство (прочность), отношение (связь).**

**Задание 5. Представьте информацию данного предложения по-другому, используя конструкцию что? является (называется) чем?**

1. Каждое такое здание – это неповторимое сооружение, многие из которых нельзя себе представить другого вида, это – конструкции-символы.

**Задание 6. Слова в скобках употребите в нужной форме.**

Пространственно-стержневым металлическим конструкциям характерны следующие преимущества:

- пространственность (работа системы);
- повышенная надежность от (внезапные разрушения);
- снижение (строительная высота) покрытия или перекрытия;
- возможность перекрывать (большие пролеты);
- удобство (проектирование) линий (подвесной транспорт и подвесные потолки);
- возможность (свободная расстановка) оборудования на перекрытиях;
- облегчение (ограждающие конструкции кровли) благодаря частой сетке узлов;
- максимальная унификация (узлы и стержневые элементы);
- возможность к (переход) поточного изготовления металлических конструкций;
- сборно-разборность при (необходимость);
- архитектурная выразительность и гибкость (применение) для (здания различного назначения).

**Задание 7. Ответьте на вопросы, используя информацию фрагмента лекции.**

- 1). Каким образом можно построить систему?
- 2). Какую возможность имеет система с одной степенью свободы?
- 3). Как можно добиться формальной неизменяемости системы?
- 4). Каким образом могут быть образованы структурные плиты?
- 5). Какие вам известны схемы перекрёстно-стержневых конструкций из решётчатых пирамид?
- 7). Какие системы воспринимают крутящие моменты?
- 8). Какие структуры обладают большей степенью жёсткости на кручение?
- 9). Что является качественным отличием структур?

Систему можно построить, взяв за основу пирамиду (рис.1) с прямоугольным основанием и присоединив к ней каждый последующий узел тремя стержнями. Таким образом, система имеет одну степень свободы, состоящую в возможности деформации прямоугольных ячеек постоянных сеток. Формальную неизменяемость легко получить, установив диагональ в основании исходной пирамиды. Это сказывается лишь на ближайших стержнях и практически не влияет на напряженное состояние системы в целом.



Рис. 1. Кристаллы структур

Структурные плиты могут быть образованы путем пересечения плоских ферм в двух, трех и более направлениях при условии деления плиты на квадратные, треугольные и шестиугольные ячейки (рис. 2). Аналогично могут быть построены системы иных конфигураций.

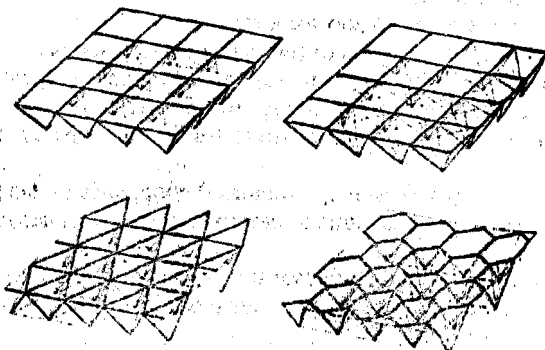


Рис. 2. Схемы перекрёстно-стержневых конструкций из решётчатых пирамид: а, б – из пирамид с квадратным основанием (пентаэдров); в – из пирамид с треугольным основанием (тетраэдров); г – из пирамид с шестиугольным основанием (гексаэдров)

Системы, имеющие треугольные ячейки сеток, а также ортогональные системы с диагоналями в сетках воспринимают крутящие моменты. В гораздо большей степени жесткостью на кручение обладают структуры, в которых одна сетка набирается из треугольников, а другая – из шестиугольников.

Таким образом, качественным отличием структур является пространственная неизменяемость, а для многих систем – работа на кручение, что приводит к уменьшению усилий в поясах от действия изгибающих моментов.

**Задание 8.** *Вместо точек вставьте подходящие по смыслу глаголы в пущной форме. Смотрите слова для справок.*

За рубежом структурные конструкции в большинстве случаев ... на место строительства в виде отдельных элементов или вкладываемых одна в другую стержневых пирамид (рис. 3), образующих плотный штабель. Такое транспортирование ... транспортные средства. Структуры ... почти единственной возможной конструкцией заводского изготовления для труднодоступных районов, куда строительные элементы ... лишь авиацией.



а)

б)

Рис. 3. Схемы компактной упаковки пирамид при складировании (а) и перевозке (б)

... парадоксальным, что при очень большом количестве элементов, из которых на месте ... конструкцию, монтаж ее ... более быстрым и экономичным, чем при обычных покрытиях (примерно в 1.2+1.5 раза). Однако простота некоторых типов соединений стержней с узловыми элементами и высокая точность изготовления, не требующая юстировки конструкции на монтаже, по зарубежным данным, ... такого эффекта.

*Слова для справок: доставлять – доставить, экономить, являться, казаться, собирать, оказываться, позволяет достичь.*

**Задание 9.** *Составьте предложения из данных слов.*

1. Структуры, иметь, существенные недостатки, ряд, неразрывно, зачастую, связанный, достоинства, с.



2. Однотипность узлов, стержневые элементы, позволяет перейти, здания различного назначения, для, к, поточное производство конструкций.

3. Уменьшение, нагрузки, собственный вес покрытия, от, одной из, актуальные задачи, современное строительство, являться.

**Задание 10. Раскройте скобки, вставьте вместо точек подходящие по смыслу предлоги. Какого надежда требуют данные предлоги?**

1. ... (высокая прочность) стали стальные конструкции надежны в эксплуатации, имеют малую массу и небольшие габариты по сравнению с конструкциями из других материалов.

2. ... (однотипность) стержней и узловых элементов можно создавать поточные линии ... (изготовление) структур, существенно облегчить транспортирование, а в ряде случаев и уменьшить расход металла.

3. Поскольку структуры ... (пространственность и частое расположение) пересекающихся ферм обладают повышенной жесткостью, обычным для них является отношение высоты ... (пролет)  $\frac{h}{l} = 1/16 + 1/25$  в начале их конструирования и  $\frac{h}{l} = 1/20 + 1/50$  (против  $1/6 - 1/8$  в плоских фермах).

4. Систему можно построить, взяв ... (основа) пирамиду ... (прямоугольное основание) и присоединив ... (она) каждый последующий узел тремя стержнями.

5. ... (современное строительство) применяют также типовые стальные конструкции, обеспечивающие минимальный расход стали, наименьшую трудоемкость изготовления конструкций ... (заводские условия), удобство и быстроту монтажа их ... (место).

6. В куполах Шведлера стержни располагали ... (меридианы и концентрические кольца), ... (они) устанавливали раскосы.

7. ... (сложности) при изготовлении и монтаже купол Шведлера не получил широкого распространения.

**Задание 11. Выпишите из текста лекции предложения с причастными оборотами. Замените их глагольной конструкцией со словом который.**

**Задание 12. Восстановите предложения. Вместо точек вставьте слово который в нужной форме.**

1. Каждое такое здание – это неповторимое сооружение, многие из ... нельзя себе представить другого вида, это – конструкции-символы.

2. Структуры позволяют использовать наиболее совершенные методы монтажа, при ... стержневую систему вместе с кровлей собирают на земле и большими блоками (или целиком) поднимают в проектное положение.

3. Пространственно-стержневые металлические конструкции обладают рядом преимуществ, правильное использование ... позволяет повысить экономическую эффективность этих систем по сравнению с традиционными решениями.

4. В гораздо большей степени жесткостью на кручение обладают структуры, в ... одна сетка набирается из треугольников, а другая — из шестиугольников.

5. Как конструкции большепролетного назначения структуры должны применяться с укрупнительной сеткой колонн, переход к ... прогрессивен.

6. Кажется парадоксальным, что при очень большом количестве элементов, из ... на месте собирают конструкцию, монтаж ее оказывается более быстрым и экономичным, чем при обычных покрытиях (примерно в 1.2+1.5 раза).

**Задание 13. Назовите глаголы, от которых образованы данные деепричастия.**

Значительно удешевив заводское изготовление, являясь по своему внутреннему строению конструктивной схемой, взяв за основу пирамиду и присоединив к пирамиде каждый последующий узел тремя стержнями, установив диагональ в основании исходной пирамиды.

**Задание 14. Скажите, когда происходит действие, выраженное деепричастным оборотом: одновременно с главным действием или до него. Замените деепричастия глаголами, изменив при этом конструкцию предложения. Используйте союзы когда или после того как**

1. Являясь по своему внутреннему строению конструктивной схемой, заимствованной из природы, структуры уступают своим природным аналогам в том, что одновременно с пространственностью приобретают черты жесткой унификации, что зачастую ведет к увеличению расхода материала.

2. Систему можно построить, взяв за основу пирамиду с прямоугольным основанием и присоединив к ней каждый последующий узел тремя стержнями.

3. Формальную неизменяемость системы легко получить, установив диагональ в основании исходной пирамиды.

4. Свойственная структурам однотипность узлов и стержневых элементов позволяет перейти к поточному производству конструкций для зданий различного назначения, значительно удешевив заводское изготовление.

**Задание 15. Прочитайте сложные предложения, поставьте вопросы от главной части к придаточной, определите вид придаточного.**

1. Являясь по своему внутреннему строению конструктивной схемой, заимствованной из природы, структуры уступают своим природным аналогам в том, что одновременно с пространственностью приобретают черты жесткой унификации.

2. Если для природы безразлично количество элементов и сложность узлов в созданных конструкциях, то для структуры сложность узлового сопряжения и необходимость сборки большого числа элементов являются основной технической проблемой.

3. Тем не менее, опыт показывает, что структуры являются прогрессивными конструкциями, особенно комбинированные структуры.

4. Подсчеты показывают, что в промышленном строительстве железобетонные кровельные плиты пролетом 6 и 12 м, утепленные пенобетоном, не могут конкурировать со штампованными настилами, утепленными минеральной ватой или пенополистиролом.

5. Структуры являются почти единственной возможной конструкцией заводского изготовления для труднодоступных районов, куда строительные элементы можно доставить лишь авиацией.

6. Этот класс конструкций привлек к себе пристальное внимание специалистов по строительным металлическим конструкциям в конце 50-х—начале 60-х годов прошлого столетия, хотя идея построения пространственных жестких конструкций кристаллического строения была известна давно, еще в 30-е годы.

**Задание 16. Укажите, какие предметы сравниваются, назовите критерии сравнения. Приведите свои примеры на тему занятия.**

1. Кажется парадоксальным, что при очень большом количестве элементов, из которых на месте собирают конструкцию, монтаж ее оказывается более быстрым и экономичным, чем при обычных покрытиях (примерно в 1.2+1.5 раза).

**Задание 17. Информацию данных предложений с предложением благодаря + Д.п. передайте сложным предложением с помощью союза благодаря тому что.**

1. Благодаря высокой прочности стали стальные конструкции надежны в эксплуатации, имеют малую массу и небольшие габариты по сравнению с конструкциями из других материалов.

2. Благодаря однотипности стержней и узловых элементов можно создавать поточные линии по изготовлению структур, существенно облегчить транспортирование, а в ряде случаев и уменьшить расход металла.

**Задание 18. Прочитайте лекцию, составьте реферат-конспект, используя следующие клише.**

*Лекция посвящена...*

*В начале преподаватель обращает внимание на...*

*Он ставит вопрос о...*

*Для подтверждения своей точки зрения преподаватель ссылается на работы известных учёных...*

*Он подчёркивает важность знания преимуществ пространственно-стержневых конструкций...*

*Лектор ставит вопрос...*

*Указывает на...*

*Приводит примеры...*

*Затрагивает проблему...*

*В дополнение к вышесказанному преподаватель сообщает о...*

*В заключении преподаватель рассуждает о решении затронутой проблемы за рубежом...*

*Опираясь на практический опыт, чётко формулирует сущность технической проблемы, достоинства и недостатки в её решении.*

## ТЕМА 6. СТЕРЖНЕВЫЕ СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УЗЛОВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ

**Задание 1. Проанализируйте сложные слова из текста. Скажите, от каких слов они образованы.**

Тонкостенные, однопоясные, двухпоясные, первоначальный, многогранник, разновидность, чашеобразные, криволинейный, двуслойный, самоочищающийся, однотипный, трудоёмкость, трудозатраты, длинномерный, полигональный, вышеперечисленный, полуавтоматический, многослойный, дерево-металлические, сборно-разборный, многократный, многоопорный, высокопрочный,

**Задание 2. Объясните лексическое значение слов путём подбора синонимов.**

Диапазон, павильон, сортамент, предел (текучести), россыпь, каркас, полые (шары), унификация, компактные (пакеты), компоновка, конструктивное (решение), выверка, резерв, транспортирование.

**Задание 3. Укажите на количество или место предмета в ряду других, запишите числа из текста словами.**

1. Первая конструктивная система «Меро», получившая широкое признание, была предложена в 1942 г. М. Мененхаузенем (Германия). Начиная с 50-х годов, она широко применяется в ФРГ, Франции, Англии, странах Африки, Японии.

2. Система «Меро» имеет узловой элемент в виде литого многогранника (классический первоначальный вариант) с 18 неразрезными отверстиями; многогранник вписан в шар. Размер элемента в поперечнике 127 мм. Трубчатые стержни  $d=60+90$  мм, сходящиеся в узле, заканчиваются цилиндрическими наконечниками с резьбой, соответствующей отверстиям.

3. С 1955–1957 гг. концерном «Маннесман» в ФРГ применяется предложенная Фрелихом сварная структурная система «Октаплатт». В 1957–1958 гг. Б.Фритцем (ФРГ) построено покрытие, в котором нижние пояса предварительно напряжены.

4. Сокращение расхода стали на 20%, уменьшение трудозатрат на строительной площадке до 25%, сокращение сроков строительства в 1.5 раза, снижение стоимости до 10%.

5. Высокая несущая способность и пригодность воспринимать нагрузки выше  $3\text{кН/м}^2$  при пролетах до 150 м.

**Задание 4. Сгруппируйте имена существительные по способам словообразования. Назовите, от каких слов образованы данные существительные.**

Прочность, возможность, индустриальность, сокращение, изготовление, уменьшение, способность, соединение, зависимость, применение.

**Задание 5. Поставьте вопросы к выделенным словам. Какая модель использована в качестве предиката?**

1. Секрет пространственных стержневых покрытий довольно прост и известен давно: прочность всего покрытия зависит от прочности узлового соединения.

2. Что касается объектов с применением узлов данного типа (купола, оболочки, структурные плиты, мембранные покрытия, покрытия пирамидального типа, однопоясные и двухпоясные системы покрытий), то он бесконечно велик.

3. Система «Триодетик» универсальна, ее можно использовать для различных типов сооружений.

4. С точки зрения назначения, диапазон применения узла «Октаплатт» наиболее широк в сравнении с остальными системами.

**Задание 6. Употребите слова в скобках в правильной форме. При необходимости используйте подходящие по смыслу предлоги.**

(Брестский государственный технический университет) изобрели и внедрили уникальную металлическую структурную плиту системы «БрГТУ» (узлы) из полых шаров. Аналоги (мир) есть, но запатентованное изобретение БрГТУ на порядок выше (наджность). Разработанная система «БрГТУ» с узлами (полые шары) позволяет запроектировать структурные покрытия для любых нагрузок (прочность) узлов, снизить требуемую точность (изготовление) элементов структуры, упростить сборку узлов с существенным снижением (трудоемкость). Структурные конструкции относятся (класс) пространственных стержневых конструкций, используемых чаще всего в качестве (несущие элементы) зданий общественного и производственного назначения. Несмотря на свой небольшой возраст, разработанная структурная плита системы «БрГТУ» с узлами из полых шаров использована (проектирование и строительство) структурных покрытий объектов (различная сложность).

**Задание 7. Выпишите из предложений все причастные обороты. Замените их синтаксическими конструкциями со словом который.**

1. В 1945 г. в США создана система «Юнистрат», применяемая в основном для школьных зданий, выставочных павильонов и спортзалов.

2. Каждый стержень соединен с узловым элементом одним болтом. Продольные усилия передаются через специальные приливы, работающие на сдвиг.

3. Узловой элемент представляет собой шар, свариваемый из двух штампованных половин на подкладном кольце (рис. 9).

4. Усилия в стержнях, выдерживаемые узловым шаром без разрушения, могут достигать 35 тс. Обычно применяемые трубы  $d=65+115$  мм.



Рис. 9. Узловой элемент системы «Октаплатт»

5. Во Франции широко применяется система SDC, предложенная инженером Дю-Шато, в которой использованы узловые трубчатые элементы и узловые фасонки (рис. 12), состоящие из двух частей с шестью полукруглыми отверстиями.



Рис. 12. Узловое соединение SDC

6. Среди преимуществ этого класса конструкций можно назвать и повышенную надежность, определяемую той же многосвязностью (многократной статической неопределимостью).

7. Недостатки структурных систем вытекают из их основных особенностей, связанных с наличием большого числа стержней и узлов.

**Задание 8. Какое место занимает союз поэтому в предложении? Укажите на причину действия, изменив соответствующее сложное предложение со значением следствия.**

1. Поэтому одновременно с поисками стержневых систем велась разработка конструктивных решений узлов.

2. Система «Октаплатт» приспособлена для восприятия значительных нагрузок и поэтому применяется в стальных конструкциях с пределом текучести  $\sigma=2400+3400$  кгс/см<sup>2</sup>.

**Задание 9. Вставьте в предложениях вместо точек пропущенные союзы. Определите значения союзов в данном контексте.**

1. Кроме системы «Юнистрат» имеется много различных вариантов конструкций узлов на пространственных листовых фасонках, образованных ... штамповкой, ... сваркой листов.

2. Система может быть применима для стержневых конструкций ... однослойных, ... двуслойных.

3. За более чем 60-ти летний период существования для данной системой были разработаны ... типовые конструкции покрытий под определенные размеры и нагрузку, ... в зависимости от того, для какой именно конструкции ис-

пользуется данный узел (купола, оболочки, структурные плиты, мембранные покрытия, покрытия пирамидального типа, однопоясные и двухпоясные системы покрытий).

4. Узловое соединение труб при помощи монтажной сварки получается ... довольно прочным, ... имеет ряд недостатков.

**Задание 10.** Выпишите из предложений деепричастия. От каких глаголов они образованы? Замените предложения с деепричастным оборотом синонимичными сложными предложениями.

1. Начиная с 50-х годов, первая конструктивная система «Меро» широко применяется в ФРГ, Франции, Англии, странах Африки, Японии.

2. Конструкции «Юнистрат» не требуют выверки на монтаже, являясь самоустраивающимися.

**Задание 11.** В данных предложениях вставьте вводные слова и словосочетания. Какое значение вносят данные конструкции в предложения? Расскажите о постановке знаков препинания в предложениях с вводными словами.

1. Основным недостатком является ограниченный сортамент стержневых элементов для применения в таких системах, так например невозможно применять стержневые элементы с сечением из труб или другие профили замкнутого сечения.

2. С точки зрения назначения диапазон его применения наиболее широк в сравнении с остальными системами. Пожалуй единственным недостатком, ограничивающим его применение, является большое количество монтажной сварки.

3. Как было отмечено система «Меро» используется для многих сооружений: от покрытий и стен зданий до выставочных стендов.

4. Таким образом на сегодняшний день узловое соединение «БргТУ» является самым применяемым на территории РБ.

**Задание 12.** Найдите в данной информации предлоги. Определите, с какой надежной формой они употребляются.

1. Необходимо заметить, что компания «Меро» занимается выпуском дерево-металлических структурных покрытий, несмотря на довольно узкое их применение в наше время (рис. 5).



Рис. 5. Пример дерево-металлической структуры типа «Меро»

2. Создатели узлового соединения «Меро» вывели специальную зависимость веса структурных покрытий ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) от пролета, размеров поясов сетки и прикладываемой нагрузки (см. рис. 6).

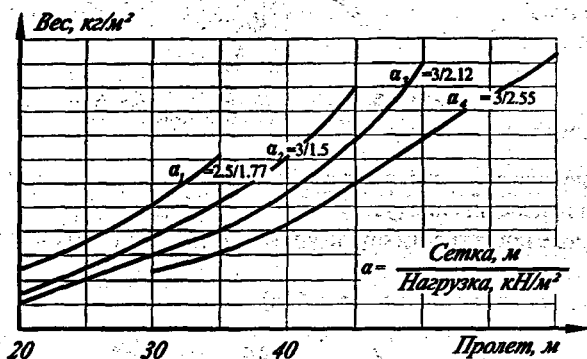


Рис. 6. Зависимость веса структурной конструкции от пролета, размеров сеток и прикладываемой нагрузки

3. Узловой элемент «Юннстрат» выполнен в виде штампованного фасонного алюминиевого или стального листа толщиной  $4 \div 5$  мм с восемью плоскостями для прохода стержней усиленного швеллерного профиля  $h=80$  мм толщиной  $3 \div 4$  мм (рис.7). Каждый стержень соединен с узловым элементом одним болтом. Продольные усилия передаются через специальные приливы, работающие на сдвиг.

**Задание 13. Раскройте скобки. При необходимости используйте подходящие по смыслу предлоги.**

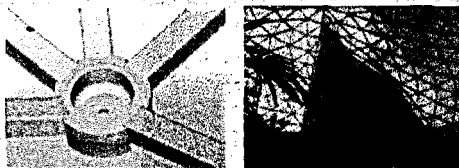
**Цилиндрическая узловая система (рис. 4, в)**



- однослойная структура (треугольная и/или трапециевидная геометрия поверхности)
- стойкое на изгиб соединение
- плоские или криволинейные поверхности
- от (малый) до (средний) размеров
- элементы покрытия крепятся непосредственно (конструкция)



*Дисковые узловые системы (рис.4, г)*



- однослойная система (геометрия) треугольной поверхности
- осевое присоединение (узел)
- изогнутые поверхности структур (малый) до среднего (диапазон)

*Блочные узловые системы (рис.4, д)*



- одно или многослойная система в геометрии (треугольная поверхность)
- соединение (болты)
- резкие изменения в (наклон) крыши типа хижины.

**Задание 14.** *Значение какого слова в главной части поясняет придаточная часть предложения с союзом что?*

1. Необходимо заметить, что компания «Меро» занимается выпуском дерево-металлических структурных покрытий, несмотря на довольно узкое их применение в наше время.

2. Авторы «Гриодетик» считают, что система позволит перекрывать пролеты до 450 м без внутренних опор, пока, однако, пролеты осуществленных сооружений не превышают 50 м.

3. Необходимо также отметить, что при возрастании количества элементов (стержней) пропорционально понижаются и усилия в элементах.

**Задание 15.** *Укажите на условие, употребив союз если и частицу то.*

... в живой природе не возникает проблем в конструировании узлов на клеточном уровне, ... для механических систем с большим числом узлов не просто найти рациональные решения.

**Задание 16. Скажите, союз благодаря в данном предложении указывает на причину или следствие действия?**

1. Существенное улучшение технико-экономических характеристик каркасов покрытия в предлагаемых и многих других вариантах габаритных схем достигается благодаря использованию (в совокупности или по отдельности) таких приемов, как

- удаление «лишних» связей из расчетной схемы;
- введение длинномерных растянутых элементов (затяжек, шпренгелей, вант);
- введение стержней балочного сечения, выполняющих функцию прогонов (беспрогонное решение);
- введение специальных типов стержней, предназначенных для восприятия только сжимающих или только растягивающих усилий, превышающих по модулю 120–150 кН;
- введение специальных типов узловых элементов, позволяющих придать покрытию полигональное очертание;
- включение элементов ограждения (профнастила, ригелей и т.п.) в работу несущей конструкции.

**Задание 17. Скажите о том же процессе иначе, заменив пассивную конструкцию активной.**

1. Что же касается купольных конструкций, то довольно большое применение они получили при их изготовлении из алюминия. Узел, изображенный на рис. 13, приобрел наибольшую популярность и получил название «звездочка».

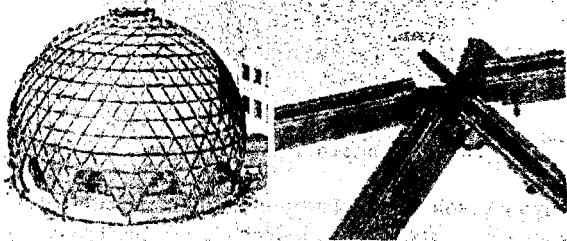


Рис. 13. Узловой элемент для купольных конструкций

2. В таких узловых элементах крепление каждого стержня к звездочке производится на двух болтах. Для одного болта отверстие в луче делается без пропусков, т.е. равным диаметру болта, а для второго – больше на 2–3мм. Поставленные при монтаже болты затягиваются только после завершения монтажа и выверки сетчатого каркаса.

3. До недавнего времени в Беларуси структурные конструкции выполнялись с применением узловых элементов типа МАрХИ, Меро, иногда «Брестпроект», объекты возведенные после 2005 года были запроектированы и построены с применением узловых элементов «БрГТУ».

**Задание 18. Трансформируйте предложения: Используйте вместо предлога несмотря на союз несмотря на то что.**

1. Необходимо заметить, что компания «Меро» занимается выпуском дерево-металлических структурных покрытий, несмотря на довольно узкое их применение в наше время (рис. 5).



Рис. 5. Пример дерево-металлической структуры типа «Меро»

2. Несмотря на свой небольшой возраст разработанная структурная плита системы «БрГТУ» с узлами из полых шаров использована при проектировании и строительстве структурных покрытий объектов различной сложности.

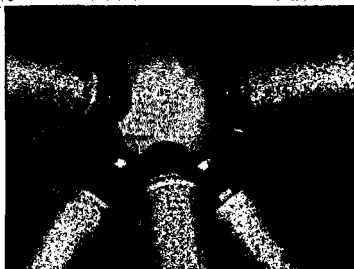


Рис. 14. Узловое соединение системы «БрГТУ»

3. Несмотря на свой молодой возраст, данное узловое соединение (соединение системы «БрГТУ») также, как и у «Меро», имеет ряд своих разновидностей.

4. Несмотря на все вышеперечисленные недостатки, при современном оснащении заводов-изготовителей и инженеров – это лишь особенности такого рода конструкций.

**Задание 19. На какие вопросы отвечает придаточная часть сложного предложения? Вставьте вместо точек союзы, с помощью которых придаточная часть, выражающая уступительные отношения, присоединяется к главной.**

1: Перечисленные выше варианты узловых соединений наиболее широко применяемые за рубежом, ... спектр узлов для структурных конструкций достаточно велик.

2. В отечественной практике система «Меро» была несколько усовершенствована В.К. Файбишенко и другими конструкторами и получила название «системы МАРХИ» (Московский архитектурный институт), ... принцип соединения остался прежним.

3. Такое решение (речь идёт о соединении труб без самого шара, просто на сварке) применимо при больших диаметрах труб, несмотря на то, что ... применение самого шарового узлового элемента теряет смысл.

**Задание 20. Сравните два объекта. С помощью каких союзов, сравнительных конструкций выражается реальное сравнение в данных предложениях?**

1. Система «Триодетик» может быть применима для стержневых конструкций как однослойных, так и двухслойных.

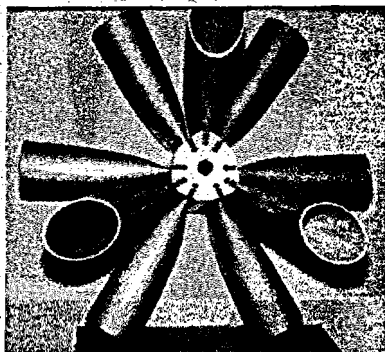


Рис. 11. Узловое соединение «Триодетик»

2. Кроме системы «Юнистрат» имеется много различных вариантов конструкций узлов на пространственных листовых фасонках, образованных как штамповкой, так и сваркой листов.

3. В качестве стержней в большинстве случаев использовались стальные парные уголки, сопрягаемые на фасонках при помощи дуговой сварки или высокопрочных болтов.

4. В узловых элементах для купольных конструкций крепление каждого стержня к звездочке производится на двух болтах. Для одного болта отверстие в луче делается без припусков, т.е. равным диаметру болта, а для второго – больше на 2–3мм.

5. Аналоги узлового соединения системы «БрГТУ» в мире есть, но запатентованное изобретение БрГТУ на порядок выше по надежности.

**Задание 21. Какой частью речи является выделенное в предложении слово? Приведите примеры, когда один (одна, одно и т.д.) выступает в роли прилагательного, существительного, местоимения.**

1. Одной из разновидностей этого соединения является соединение труб без самого шара, просто на сварке (рис. 10).



Рис. 10. Узловое соединение труб при помощи монтажной сварки

## 2. Одной из наиболее оригинальных является система «Триодетик».

*Задание 22. Прочитайте лекцию, над фрагментами которой мы работали в процессе выполнения предтекстовых заданий. Составьте тезисный план лекции. Задайте по ней вопросы одногруппникам и попросите ответить на них.*

### *Лекция*

Секрет пространственных стержневых покрытий довольно прост и известен давно: прочность всего покрытия зависит от прочности узлового соединения.

Поэтому одновременно с поисками стержневых систем велась разработка конструктивных решений узлов. Большинство инженеров ориентировались на наиболее прогрессивные для структур тонкостенные трубчатые профили.

Первая конструктивная система «Меро», получившая широкое признание, была предложена в 1942 г. М. Мененхаузенем (Германия). Начиная с 50-х годов, она широко применяется в ФРГ, Франции, Англии, странах Африки, Японии.

«Меро» → «Мархи» → «Вэймар» → «Берлин» – все это разновидности одного конструктивного решения с небольшими доработками и изменениями. Это говорит о признании данного решения в разных странах. За более чем 60-ти летний период существования для данной системы были разработаны не только типовые конструкции покрытий под определенные размеры и нагрузку, но и в зависимости от того, для какой именно конструкции используется данный узел (купола, оболочки, структурные плиты, мембранные покрытия, покрытия пирамидального типа, однопоясные и двухпоясные системы покрытий). Что касается объектов с применением узлов данного типа, то он бесконечно велик.

Как было отмечено, система «Меро» используется для многих сооружений: от покрытий и стен зданий до выставочных стендов. Система «Меро» имеет узловой элемент в виде литого многогранника (классический первоначальный вариант) с 18 неразрезными отверстиями; многогранник вписан в шар. Размер элемента в поперечнике 127 мм. Трубчатые стержни  $d=60+90$  мм, сходящиеся в узле, заканчиваются цилиндрическими наконечниками с резьбой, соответствующей отверстиям.

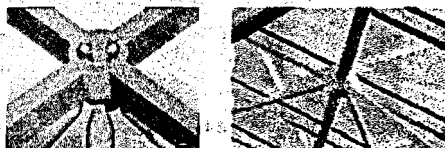
За долгие годы применения (с 1942 г.) узловых элементов подобного типа появились их разновидности. Они применяются в различных системах (рис.4).

#### *Шаровые узловые системы (рис. 4, а)*



- нагрузка прикладывается к узлам
- одно- или многослойные
- каждый узел имеет до 18-ти нарезных отверстий как осевых соединений
- предоставляет большую свободу для проектирования

#### *Чашеобразные узловые системы (рис. 4, б)*



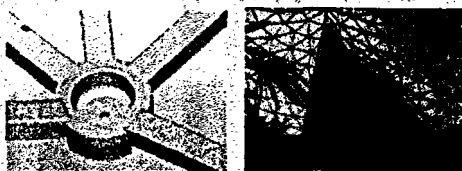
- двуслойная структура
- осевое подсоединение к узлам
- нижняя связка как шаровая узловая система
- плоские или криволинейные поверхности
- структуры от среднего размера до расширенного диапазона

#### *Цилиндрическая узловая система (рис.4, в)*



- однослойная структура в треугольной или трапециевидной геометрии поверхности
- стойкое на изгиб соединение
- плоские или криволинейные поверхности
- от малых до средних размеров
- (элементы покрытия крепятся непосредственно к конструкции)

### *Дисковые узловые системы (рис.4, г)*



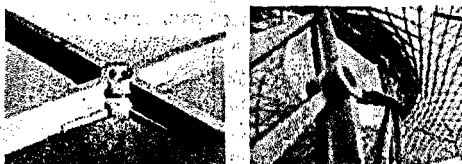
- однослойная система в геометрии треугольной поверхности
- осевое присоединение к узлу
- изогнутые поверхности структур от малого до среднего диапазона

### *Блочные узловые системы (рис.4, д)*



- одно или многослойная система в геометрии треугольной поверхности
- соединение на болтах
- резкие изменения в наклоне крыши типа хижины

### *Mailand-Узел (рис.4,е)*



- однослойные структуры с высокими узкими секциями
- жесткий сгиб, соединенный штырем присоединение
- решетчатые оболочки произвольной формы

Система допускает множество вариантов примыкания стержней. Конструкция является сборно-разборной, но известно много стационарных сооружений системы «Меро».

Необходимо заметить, что компания «Меро» занимается выпуском дерево-металлических структурных покрытий, несмотря на довольно узкое их применение в наше время (рис. 5).



Рис. 5. Пример дерево-металлической структуры типа «Меро»

Создатели узлового соединения «Меро» вывели специальную зависимость веса структурных покрытий ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) от пролета, размеров поясов сетки и прикладываемой нагрузки (см. рис. 6).

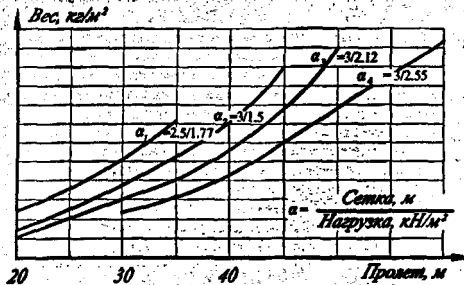


Рис. 6. Зависимость веса структурной конструкции от пролета, размеров сеток и прикладываемой нагрузки

В 1945 г. в США создана система «Юнистрат», применяемая в основном для школьных зданий, выставочных павильонов и спортзалов.

Узловой элемент «Юнистрат» выполнен в виде штампованного фасонного алюминиевого или стального листа толщиной  $4 \div 5$  мм с восемью плоскостями для прохода стержней усиленного швеллерного профиля  $h=80$  мм толщиной  $3 \div 4$  мм (рис.7). Каждый стержень соединен с узловым элементом одним болтом. Продольные усилия передаются через специальные приливы, работающие на сдвиг.

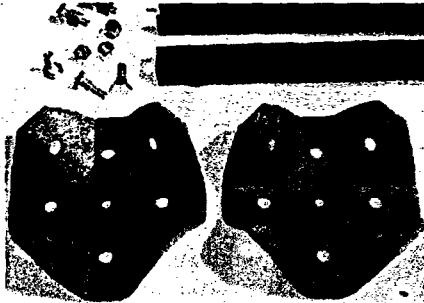


Рис. 7. Узловой элемент системы «Юнистрат»



Перекрываемые пролеты практически не превышают 30 м, модуль сетки 1.2 м. Элементы доставляют на строительную площадку россыпью, собирают на месте. Конструкции «Юнистрат» не требуют выверки на монтаже, являясь самоустраивающимися. Данная конструкция также относится к сборно-разборным.

Основным недостатком является ограниченный сортамент стержневых элементов для применения в таких системах, так, например, невозможно применять стержневые элементы с сечением из труб или другие профили замкнутого сечения.

Кроме системы «Юнистрат» имеется много различных вариантов конструкций узлов на пространственных листовых фасонках, образованных как штамповкой, так и сваркой листов. Применение того или иного варианта определяется конкретной стержневой схемой и профилем стержней. В качестве примера на рис. 8. показан пример такого узлового соединения, применяемого наиболее часто.



Рис. 8. Узлы на пространственных листовых фасонках

С 1955–1957 гг. концерном «Маннесман» в ФРГ применяется предложенная Фрелихом сварная структурная система «Октаплатт». В 1957–1958 гг. Б.Фритцем (ФРГ) построено покрытие, в котором нижние пояса предварительно напряжены.

Сварная конструкция узла системы «Октаплатт» заслужила признание относительной простотой. Узловой элемент представляет собой шар, свариваемый из двух штампованных половин на подкладном кольце (рис. 9). Узел не имеет никаких ограничений для подхода стержней, которые представляют собой обрезанные под прямым углом трубы, соответствующей длины (без специальной обработки концов). Однотипность узлов допускает сварку специальными полуавтоматическими приспособлениями. Недостатком узла являются малые допуски в длинах труб и большой объем монтажной сварки.

Система «Октаплатт» приспособлена для восприятия значительных нагрузок и поэтому применяется в стальных конструкциях с пределом текучести  $\sigma=2400+3400$  кгс/см<sup>2</sup>. Усилия в стержнях, выдерживаемые узловым шаром без разрушения, могут достигать 35 тс. Обычно применяются трубы  $d=65+115$  мм.



Рис. 9. Узловой элемент системы «Октаплатт»

Узел «Октаплатт» применяют в плоских и складчатых покрытиях, а также в покрытиях типа оболочек двойной кривизны. С точки зрения назначения, диапазон его применения наиболее широк в сравнении с остальными системами. Пожалуй, единственным недостатком, ограничивающим его применение, является большое количество монтажной сварки.

Одной из разновидностей этого соединения является соединение труб без самого шара, просто на сварке (рис. 10). Такое решение применимо при больших диаметрах труб, несмотря на то, что применение самого шарового узлового элемента теряет смысл. Такое соединение получается довольно прочным, однако имеет ряд недостатков. Основными недостатками являются: большое количество монтажной сварки (качество которого довольно трудно проверить), большое количество «вырезаемых» элементов.



Рис. 10. Узловое соединение труб при помощи монтажной сварки

Одной из наиболее оригинальных является система «Триодетик». Она применяется для сборно-разборных и стационарных сооружений; система состоит из узлового цилиндра с прорезями специального профиля и трубчатых стержней со сплюснутыми концами (рис. 11). Система может быть применима для стержневых конструкций, как однослойных, так и двухслойных.

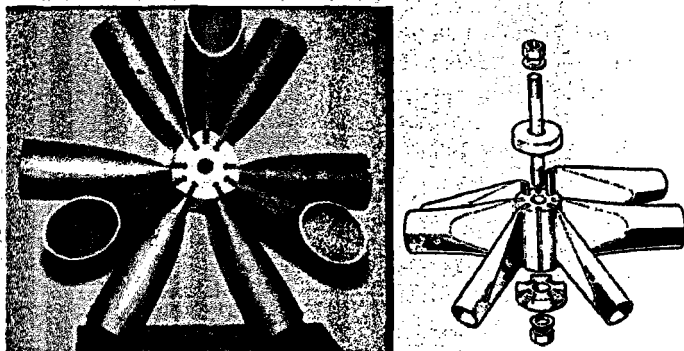


Рис. 11. Узловое соединение «Триодетик»

Авторы «Триодетик» считают, что система позволит перекрывать пролеты до 450 м без внутренних опор, пока, однако, пролеты осуществленных сооружений не превышают 50 м. Трудоемкость монтажа стальных структурных плит составляет 0,2 чел.-час/м<sup>2</sup>. Система универсальна, ее можно использовать для различных типов сооружений.

Во Франции широко применяется система SDC, предложенная инженером Дю-Шато, в которой использованы узловые трубчатые элементы и узловые фасонки (рис. 12), состоящие из двух частей с шестью полукруглыми отверстиями.



Рис. 12. Узловое соединение SDC

Перечисленные выше варианты узловых соединений наиболее широко применяются за рубежом, хотя спектр узлов для структурных конструкций достаточно велик. Однако в СССР также был разработан ряд узлов для подобного рода конструкций, который с успехом применяется и в настоящее время.

Первые стержневые плиты, осуществленные в Советском Союзе, относятся к системам перекрестных ферм, образующих ортогональную сетку поясов

с треугольной решеткой. При прямоугольном плане пояса располагались или параллельно сторонам, или под углом  $45^\circ$  к стороне. В качестве стержней в большинстве случаев использовались стальные парные уголки, сопрягаемые на фасонках при помощи дуговой сварки или высокопрочных болтов. Пересечение поясов осуществлялось в одном или двух уровнях. Системы опирались как по периметру, так и на сравнительно редко поставленные колонны, расположенные не по контуру здания, а с некоторым отступлением от стен, с таким расчетом, чтобы получить разгружающие консоли.

В отечественной практике система «Меро» была несколько усовершенствована В.К. Файбишенко и другими конструкторами и получила название «системы МАрХИ» (Московский архитектурный институт), хотя принцип соединения остался прежним (см. выше).

Что же касается купольных конструкций, то довольно большое применение они получили при их изготовлении из алюминия. Узел, изображенный на рис. 13, приобрел наибольшую популярность и получил название «звездочка».

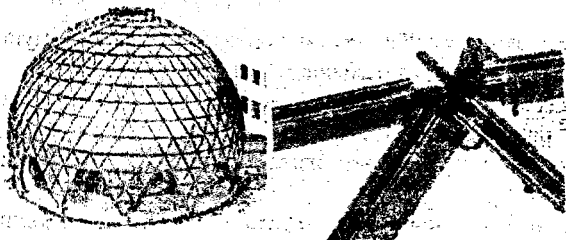


Рис. 13. Узловой элемент для купольных конструкций

В таких узловых элементах крепление каждого стержня к звездочке производится на двух болтах. Для одного болта отверстие в луче делается без припусков, т.е. равным диаметру болта, а для второго – больше на 2–3мм. Поставленные при монтаже болты затягиваются только после завершения монтажа и выверки сетчатого каркаса.

До недавнего времени в Беларуси структурные конструкции выполнялись с применением узловых элементов типа МАрХИ, Меро, иногда «Брестпроект», объекты, возведенные после 2005 года, были запроектированы и построены с применением узловых элементов «БрГТУ».

В Брестском государственном техническом университете изобрели и внедрили уникальную металлическую структурную плиту системы «БрГТУ» с узлами из полых шаров. Аналоги в мире есть, но запатентованное изобретение БрГТУ на порядок выше по надежности. Разработанная система «БрГТУ» с узлами из полых шаров (рис.14) позволяет запроектировать структурные покрытия для любых нагрузок по прочности узлов, снизить требуемую точность изготовления элементов структуры, упростить сборку узлов с существенным снижением трудоемкости. Структурные конструкции относятся к классу пространственных стержневых конструкций, используемых чаще всего в качестве несущих

ших элементов зданий общественного и производственного назначения. Несмотря на свой небольшой возраст, разработанная структурная плита системы «БрГТУ» с узлами из полых шаров использована при проектировании и строительстве структурных покрытий объектов различной сложности.

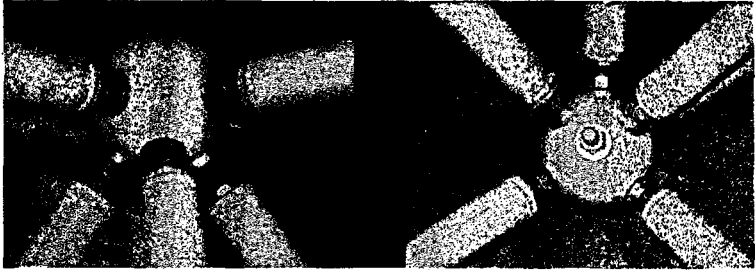


Рис. 14: Узловое соединение системы «БрГТУ»

Узловое соединение данного типа обладает рядом преимуществ:

- архитектурная выразительность и привлекательность;
- высокая несущая способность и пригодность воспринимать нагрузки свыше  $3\text{кН/м}^2$  при пролетах до 150м;
- высокая индустриальность изготовления всех элементов, их полная заводская готовность;
- возможность их широкой унификации для зданий с различными пролетами, нагрузками, схемами опирания, эффективность по расходу стали, трудозатратам и сокращениям сроков строительства;
- данное узловое соединение является сборно-разборным;
- сокращение расхода стали на 20%, уменьшение трудозатрат на строительной площадке до 25%, сокращение сроков строительства в 1.5 раза, снижение стоимости до 10%.

Несмотря на свой молодой возраст, данное узловое соединение также, как и у «Меро», имеет ряд своих разновидностей. Например, опорные узлы, узлы, соединенные на фасонках (при больших усилиях, возникающих в стержнях), узловое соединение для купольных покрытий (рис.15).

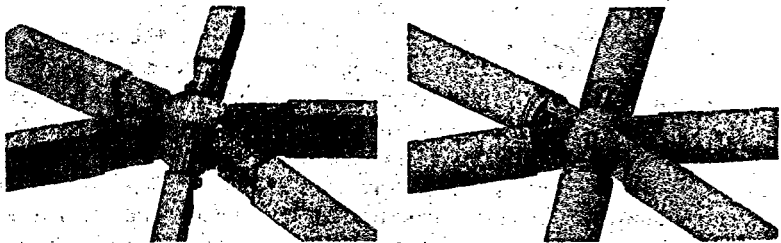


Рис.15. Разновидность узлового соединения системы «БрГТУ»

Таким образом, на сегодняшний день узловое соединение «БрГТУ» является самым востребованным на территории РБ, а узловое соединение «Меро» является самым востребованным в мире.

Пространственные системы регулярной структуры строятся на принципе многосвязности. Это определяет целый ряд их преимуществ по сравнению с традиционными (плоскостными) конструкциями, скомпонованными из стропильных и подстропильных ферм, прогонов.

Материал в такой системе распределяется сравнительно равномерно. При действии на систему подвижных и неравномерно приложенных нагрузок в работу включаются все стержни, что позволяет создавать достаточно легкие конструкции несущих покрытий с многоопорным подвесным транспортом и другие эффективные системы. Наличие частой сетки узлов в уровне поясов структурной плиты упрощает применение верхнеподвесного транспорта. Необходимо также отметить, что при возрастании количества элементов (стержней) пропорционально понижаются и усилия в элементах (рис.16).

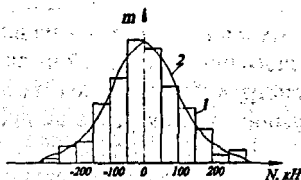


Рис. 16. Распределение усилий в стержнях структуры, где  $m$  — число стержней,  $N$  — величина усилия

Среди преимуществ этого класса конструкций можно назвать и повышенную надежность, определяемую той же многосвязностью (многократной статической неопределимостью). Резерв живучести многосвязных систем заключается в возможности перераспределения усилий после выхода из строя или после перехода в пластическую стадию деформирования отдельных перегруженных элементов.

Существенное улучшение технико-экономических характеристик каркасов покрытия в предлагаемых и многих других вариантах габаритных схем достигается благодаря использованию (в совокупности или по отдельности) таких приемов, как

- удаление «лишних» связей из расчетной схемы;
- введение длинномерных растянутых элементов (затяжек, шпренгелей, вант);
- введение стержней балочного сечения, выполняющих функцию прогонов (беспрогонное решение);
- введение специальных типов стержней, предназначенных для восприятия только сжимающих или только растягивающих усилий, превышающих по модулю 120–150 кН;

- введение специальных типов узловых элементов, позволяющих придать покрытию полигональное очертание;

- включение элементов ограждения (профнастила, ригелей и т.п.) в работу несущей конструкции.

Недостатками пространственных решетчатых систем покрытий считают повышенную трудоемкость изготовления элементов и трудность выполнения узлов по сравнению с традиционными решениями металлических конструкций. При серийном изготовлении стандартных элементов на заводах эти недостатки следует рассматривать как особенности решетчатых конструкций из коротких стержней.

Удобство транспортирования структур, состоящих из отдельных стержней и узловых элементов, поддающихся упаковке в ящики или компактные пакеты. При компоновке конструкций из укрупненных элементов типа пирамид возможно использование «принципа матрешки» для их транспортирования (вкладываем их одна в другую с образованием довольно компактного пакета из пирамид).

Недостатки структурных систем вытекают из их основных особенностей, связанных с наличием большого числа стержней и узлов. Если в живой природе не возникает проблем в конструировании узлов на клеточном уровне, то для механических систем с большим числом узлов не просто найти рациональные решения.

Сложность узлов часто определяет недостатки рассматриваемого типа конструкций. В узлах структур сходятся шесть, а иногда и более стержней. От конструкции узла, от того, сколь высокую точность при изготовлении она предполагает, зависит и сложность, а значит и трудоемкость изготовления.

Несмотря на все вышперечисленные недостатки, при современном оснащении заводов-изготовителей и инженеров — это лишь особенности такого рода конструкций.

## ТЕМА 7. ПРИНЦИПЫ РАСЧЁТА СТЕРЖНЕВЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Задание 1. Прочитайте слова, объясните их лексическое значение.**

Континуальный, дискретный, сопряжение, эксцентриситет, корректировка, податливость, имитировать, итерация.

**Задание 2. Распределите имена существительные по способам образования.**

Ограничения, расчёт, применение, актуальность, распоряжение, деформирование, податливость, неизменяемость, сопряжение, перемещение, прочность, устойчивость, соединение.

**Задание 3. Проанализируйте сложные слова из текста. Скажите, от каких слов они образованы.**

Шарнирно-стержневая система, многократный, центрально-растянутые и центрально-сжатые стержни, перекрёстно-стержневые конструкции, автоматизированный (расчёт).

**Задание 4. Подберите антонимы к словам.**

Статический, максимальный, внешние, многократный, наибольший, верхний, сгруппировать, центрально-растянутые (стержни), продольный, конечный, частичное, упрощение.

**Задание 5. Выделите приставки в словах податливость, поперечный, пошаговый, поставить, поправочный.** Определите общее значение слов, имеющую такую приставку. С помощью этих приставок образуйте аналогичные слова.

**Задание 6. Укажите на количество, написав числа словами.**

Так, для квадратной структурной плиты, рассчитываемой на симметричную нагрузку, достаточно выполнить расчет для  $1/4$  части плиты или даже — для  $1/8$  ее части.

**Задание 7. Задайте вопросы к выделенным словам.**

В автоматизированном расчете, как правило, используют программы, основанные на методе конечного элемента. Таким элементом в пространственно-стержневой системе является стержень, причем сопряжение стержней в структурах принимают шарнирным. В действительности, в некоторых узлах наблюдается частичное защемление стержней, не исключена полностью и вероятность работы стержней с эксцентриситетом.

Использование современных программных комплексов для расчета структур позволяет учесть и упругое защемление стержней, и эксцентриситеты в узлах сопряжения, и, при необходимости, податливость сопряжений, которая может вызвать перераспределение усилий в стержнях. Расчет может



быть выполнен с учетом физической нелинейности работы материала и геометрической нелинейности работы системы в целом. Учет геометрической нелинейности деформирования осуществляется, как правило, при пошаговом приложении внешней нагрузки, разделении на части, с отслеживанием и корректировкой геометрической схемы на каждом шаге. Иногда в расчетных предпосылках допускается развитие пластических деформаций в условно необходимых стержнях, но в этом случае должна быть система оценки геометрической неизменяемости как в большом (для всей системы), так и в малом (местной неизменяемости узлов в пространстве).

**Задание 8. Прочитайте предложения. Выделите вводные конструкции. Объясните цель их употребления в научной речи.**

1. В автоматизированном расчете, как правило, используют программы, основанные на методе конечного элемента.

2. При этом помимо требований прочности и устойчивости стержней нужно учитывать дополнительные ограничения: наибольший прогиб всей системы, предельные гибкости элементов и минимальные калибры профилей, определяемые технологическими требованиями. Для некоторых стержней можно исключить два последних ограничения. Тогда в процессе итераций сечения этих стержней будут стремиться к нулю. И как результат – их следует удалить из системы. Например, это можно сделать для некоторых элементов нижнего пояса и решетки при опирании кровельных элементов в уровне верхнего пояса.

3. Статический расчет, как правило, выполняется на ЭВМ ввиду многократной статической неопределимости системы.

4. Иногда при сравнительной оценке различных структур может оказаться уместным использование универсальных программных комплексов типа *ЛИРА-Windows*, *SCAD*, *Nastran* и им подобных для статического расчета и подбора сечений стержней. В таких комплексах, как правило, предусмотрены средства упрощения информации о системах регулярной структуры и формирование расчетной схемы конструкции выполняется чрезвычайно быстро.

5. В действительности, в некоторых узлах наблюдается частичное защемление стержней, не исключена полностью и вероятность работы стержней с эксцентриситетом.

**Задание 9. Укажите на условии, употребив вместо точек союз если и частицу то.**

1. ... узел лежит на плоскости симметрии и соединен с конструкцией тремя стержнями или более, ... достаточно поставить одну связь, ограничивающую смещение узла перпендикулярно плоскости симметрии.

2. ... стержень оказался рассеченным по длине пополам плоскостью симметрии, ... на его конце (на плоскости симметрии) необходимо поставить связи по числу степеней свободы системы, т. е. три – для пространственной шарнирно-стержневой системы (по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ ).

**Задание 10. Составьте сложное предложение. Укажите на условие, которое противоречит действию в главной части. Используйте союзы хотя, несмотря на то что.**

1. В настоящее время актуальность этого подхода (расчет структурных плит по схеме двойного перехода) не столь высока. В распоряжении проектировщика теперь есть мощные универсальные вычислительные комплексы, позволяющие вести расчет конструкций с помощью персональных компьютеров.

**Задание 11. Для выражения каких отношений используется в научной сфере общия союз поэтому? Замените два простых предложения сложным союзом в связи с тем что. Как изменилось значение предложения?**

Результаты расчета существенно зависят от заданных соотношений жесткостей элементов структуры. Поэтому его следует проводить методом итераций, сопровождая статический расчет подбором сечений стержней.

**Задание 12. Определите вид придаточной части сложного предложения. Поставьте вопрос от главной части к придаточной.**

1. При удалении «лишних» стержней необходимо следить, чтобы конструкция оставалась геометрически неизменяемой.

2. Рассчитанные указанным способом стержни будут иметь индивидуальные размеры поперечных сечений, которые следует сгруппировать в оптимальный набор, состоящий из  $i$  различных номеров реального сортамента по  $p_j$  стержней каждого типоразмера ( $j = 1, \dots, i$ ).

3. Такой набор называют сортаментом структурной плиты. Проведенные исследования показывают, что рационально принимать  $i$  в пределах 5–7.

**Задание 13. Дополните фразу, употребив слово который в правильной форме.**

1. Рассчитанные указанным способом стержни будут иметь индивидуальные размеры поперечных сечений, (который) следует сгруппировать в оптимальный набор, состоящий из  $i$  различных номеров реального сортамента по  $p_j$  стержней каждого типоразмера ( $j=1, \dots, i$ ).

2. Использование современных программных комплексов для расчета структур позволяет учесть и упругое защемление стержней, и эксцентриситеты в узлах сопряжения, и, при необходимости, податливость сопряжений, (который) может вызвать перераспределение усилий в стержнях.

3. Расчет структурных плит в первые годы их применения вели приближенно по схеме двойного перехода: сначала от стержневой модели к континуальной модели сплошной плиты, (который) определяли внутренние усилия (изгибающие и крутящие моменты, поперечные силы в пределах ширины полосы, равной регулярному размеру кристалла), а затем от континуальной модели плиты снова переходили к дискретной (стержневой) модели.

**Задание 14. Укажите на признаки, качества предмета или лица, используя сложное предложение со словом который вместо причастного оборота.**

1. В автоматизированном расчете, как правило, используют программы, основанные на методе конечного элемента.

2. Так, для квадратной структурной плиты, рассчитываемой на симметричную нагрузку, достаточно выполнить расчет для 1/4 части плиты или даже — для 1/8 ее части.

3. Необходимо лишь правильно выбрать систему связей, имитирующих взаимодействие с «отрезанными» частями конструкции.

4. Правила установки связей перпендикулярно плоскостям симметрии определяют характером возможных перемещений узлов и концов «разрезанных» стержней, размещенных на этих плоскостях.

5. Для стержней, расположенных в плоскости симметрии, жесткость принимают половинной.

**Задание 15. Раскройте скобки, не забывайте про употребление предлогов.**

*Методы расчёта стержней*

Максимальные усилия (пояса и опорные раскосы) стержневых плит могут быть определены (помощь) поправочных коэффициентов:

$$N_n = \pm 2.1 \frac{M_{\max} \cdot a}{h} \quad (1.3), \quad N_p = \pm 1.6 \frac{R \cdot l}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (1.4),$$

где  $a$  — размер поясной ячейки,  $m$ ,

$l$  — расстояние (точки) опирания стержневой плиты вдоль опорного контура,  $m$ ,

$M_{\max}$  — наибольший (два)  $M_1$  и  $M_2$  изгибающий момент,  $кНм$ ,

$\alpha$  — угол наклона раскосов (горизонтальная плоскость)

Расчёт (прочность и устойчивость) центрально-растянутых и центрально-сжатых стержней следует выполнять по упругой стадии работы соответственно по формулам:

$$N / A_n \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$N / A \cdot \varphi \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (1.5),$$

где  $A_n$  — площадь поперечного сечения стержня нетто,

$A$  — площадь поперечного сечения (учёт ослабления),

$\varphi$  — коэффициент продольного изгиба, определяемый по п. 5.3 СНиП II-23-81\*.

$R_y$  — расчётное сопротивление проката труб (стальные конструкции), определяемый по п.5 СНиП II-23-81\* (для стали 20, при толщине труб 4—36 мм принято  $R_y = 225$  МПа).

Расчётные длины и (определение гибкости) элементов перекрёстно-стержневых пространственных конструкций необходимо принимать: поясов — расстояние между узловыми элементами  $l_o = (l_p - L)$  мм, раскосов  $l_o = \mu_p (l_p - L)$  мм, где

$l_p$  — расстояние (центры узлов);

$L$  — размер квадрата узлового элемента;

$\mu_p$  — коэффициент расчётной длины, которой определяется по СНиП II-23-81\*.

Коэффициент условий работы (все элементы) конструкции принят равным 1.

Что касается *методов расчёта узлов*, для расчёта узлов структурной плиты необходимо знать усилия (примыкающие к узлу стержни):  $N_1, N_2, \dots, N_n$ , весь дальнейший расчёт зависит от конструкции узлового соединения.

**Задание 16. Обратите внимание на употребление союзов и их значение.**

1. Расчет структурных плит в первые годы их применения вели приближенно по схеме двойного перехода: сначала от стержневой модели к континуальной модели сплошной плиты, в которой определяли внутренние усилия (изгибающие и крутящие моменты, поперечные силы в пределах ширины полосы, равной регулярному размеру кристалла), ... затем от континуальной модели плиты снова переходили к дискретной (стержневой) модели.

2. Иногда в расчетных предположениях допускается развитие пластических деформаций в условно необходимых стержнях, ... в этом случае должна быть система оценки геометрической неизменяемости, ... в большом (для всей системы), ... в малом (местной неизменяемости узлов в пространстве).

**Задание 17. Прочитайте текст. Определите его тему. По ходу чтения составьте номинативный план.**

**Задание 18. Ответьте на вопросы по тексту.**

1. По какой схеме вели расчёт структурных плит в первые годы их применения? В чём сущность этой схемы?

2. Почему в настоящее время актуальность этого подхода не столь велика?

3. Какой метод положен в основу программы, которую применяют в автоматизированном расчёте?

4. Что позволяет учесть использование современных программных комплексов для расчёта структур?

5. Каким образом может быть выполнен расчёт?

6. Когда уместно использование универсальных программных комплексов типа ЛИРА-Windows, SCAD, Nastran?

7. При каком условии статический расчёт можно существенно упростить?

**Задание 19. Составьте реферат-резюме (изложение основных положений текста, тесно связанных с его темой).**

**Принципы расчета стержневых пространственных конструкций**

Расчет структурных плит в первые годы их применения вели приближенно по схеме двойного перехода: сначала от стержневой модели к континуальной модели сплошной плиты, в которой определяли внутренние усилия (изгибающие и крутящие моменты, поперечные силы в пределах ширины полосы, равной регулярному размеру кристалла), а затем от континуальной модели плиты снова переходили к дискретной (стержневой) модели. Хотя в настоящее время актуальность этого подхода не столь высока в связи с тем, что в распоряжении проектировщика теперь есть мощные универсальные вычислительные комплексы, позволяющие вести расчет конструкций с помощью персональных компьютеров.

В автоматизированном расчете, как правило, используют программы, основанные на методе конечного элемента. Таким элементом в пространственно-стержневой системе является стержень, причем сопряжение стержней в струк-

турах принимают шарнирным. В действительности, в некоторых узлах наблюдается частичное защемление стержней, не исключена полностью и вероятность работы стержней с эксцентриситетом.

Использование современных программных комплексов для расчета структур позволяет учесть и упругое защемление стержней, и эксцентриситеты в узлах сопряжения, и, при необходимости, податливость сопряжений, которая может вызвать перераспределение усилий в стержнях. Расчет может быть выполнен с учетом физической нелинейности работы материала и геометрической нелинейности работы системы в целом. Учет геометрической нелинейности деформирования осуществляется, как правило, при пошаговом приложении внешней нагрузки, разделении на части, с отслеживанием и корректировкой геометрической схемы на каждом шаге. Иногда в расчетных предпосылках допускается развитие пластических деформаций в условно необходимых стержнях, но в этом случае должна быть система оценки геометрической неизменяемости, как в большом (для всей системы), так и в малом (местной неизменяемости узлов в пространстве).

Иногда при сравнительной оценке различных структур может оказаться уместным использование универсальных программных комплексов типа *ЛИРА-Windows*, *SCAD*, *Nastran* и им подобных для статического расчета и подбора сечений стержней. В таких комплексах, как правило, предусмотрены средства упрощения информации о системах регулярной структуры и формирование расчетной схемы конструкции выполняется чрезвычайно быстро.

Статический расчет таких систем можно существенно упростить при учете симметрии структуры. Так, для квадратной структурной плиты, рассчитываемой на симметричную нагрузку, достаточно выполнить расчет для 1/4 части плиты или даже — для 1/8 ее части. Необходимо лишь правильно выбрать систему связей, имитирующих взаимодействие с «отрезанными» частями конструкции. Правила установки связей перпендикулярно плоскостям симметрии определяют характер возможных перемещений узлов и концов «разрезанных» стержней, размещенных на этих плоскостях. Если узел лежит на плоскости симметрии и соединен с конструкцией тремя стержнями или более, то достаточно поставить одну связь, ограничивающую смещение узла перпендикулярно плоскости симметрии. Если стержень оказался рассеченным по длине пополам плоскостью симметрии, то на его конце (на плоскости симметрии) необходимо поставить связи по числу степеней свободы системы, т. е. три — для пространственной шарнирно-стержневой системы (по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ ). В любом случае связи должны имитировать возможность свободного смещения в плоскости симметрии при отсутствии угла поворота плиты в сечении этой плоскостью. Для стержней, расположенных в плоскости симметрии, жесткость принимают половинной.

#### Особенности расчета

Внешние нагрузки, действующие на структурную плиту, приводятся к узловым аналогично плоскостным конструкциям. Статический расчет, как правило, выполняется на ЭВМ ввиду многократной статической неопределимости системы.

Результаты расчета существенно зависят от заданных соотношений жесткостей элементов структуры. Поэтому его следует проводить методом итераций, сопровождая статический расчет подбором сечений стержней. При этом помимо требований прочности и устойчивости стержней нужно учитывать дополнительные ограничения: наибольший прогиб всей системы, предельные гибкости элементов и минимальные калибры профилей, определяемые технологическими требованиями.

Для некоторых стержней можно исключить два последних ограничения. Тогда в процессе итераций сечения этих стержней будут стремиться к нулю. И как результат – их следует удалить из системы. Например, это можно сделать для некоторых элементов нижнего пояса и решетки при опирании кровельных элементов в уровне верхнего пояса.

Таким методом осуществляется структурная оптимизация стержневой плиты. При удалении «лишних» стержней необходимо следить, чтобы конструкция оставалась геометрически неизменяемой.

Рассчитанные указанным способом стержни будут иметь индивидуальные размеры поперечных сечений, которые следует сгруппировать в оптимальный набор, состоящий из  $i$  различных номеров реального сортамента по  $j$  стержней каждого типоразмера ( $j=1, \dots, i$ ). Такой набор называют сортаментом структурной плиты. Проведенные исследования показывают, что рационально принимать  $i$  в пределах 5–7.

#### Методы расчёта стержней

Максимальные усилия в поясах и опорных раскосах стержневых плит могут быть определены с помощью поправочных коэффициентов:

$$N_n = \pm 2.1 \frac{M_{\max} \cdot a}{h} \quad (1.3), \quad N_p = \pm 1.6 \frac{R \cdot l}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (1.4),$$

где  $a$  – размер поясной ячейки, м,

$l$  – расстояние между точками опирания стержневой плиты вдоль опорного контура, м,

$M_{\max}$  – наибольший из двух  $M_1$  и  $M_2$  изгибающий момент, кНм,

$\alpha$  – угол наклона раскосов к горизонтальной плоскости

Расчёт на прочность и устойчивость центрально-растянутых и центрально-сжатых стержней следует выполнять по упругой стадии работы соответственно по формулам:

$$N / A_n \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$N / A \cdot \varphi \leq R_y \cdot \gamma_c (1.5),$$

где  $A_n$  – площадь поперечного сечения стержня нетто,

$A$  – площадь поперечного сечения без учёта ослабления,

$\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, определяемый по п. 5.3 СНиП П-23-81\*.

$R_y$  – расчётное сопротивление проката труб для стальных конструкций, определяемый по п.5 СНиП П-23-81\* (для стали 20, при толщине труб 4–36 мм принято  $R_y=225$  МПа).

Расчётные длины и при определении гибкости элементов перекрёстно-стержневых пространственных конструкций необходимо принимать: поясов – расстоянию между узловыми элементами  $l_0 = (l_p - L)$  мм, раскосов  $l_0 = \mu_p (l_p - L)$  мм, где

$l_p$  – расстояние между центрами узлов;

$L$  – размер квадрата узлового элемента;

$\mu_p$  – коэффициент расчётной длины, которой определяется по СНиП II-23-81\*.

Коэффициент условий работы всех элементов конструкции принят равным 1.

Что касается методов расчёта узлов, для расчёта узлов структурной плиты необходимо знать усилия в примыкающих к узлу стержнях:  $N_1, N_2 \dots N_n$ , весь дальнейший расчёт зависит от конструкции узлового соединения.

### ТЕМА 8. ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СОСТАВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Задание 1. Прочитайте текст. Озаглавьте. Данную информацию расширьте за счёт использования приведенных ниже выражений.*

*Как известно, например, однако, отметим, по мнению учёных, следует заметить, следует уточнить, в частности, в свою очередь, в отличие от, иными словами и т.д.*

Существуют два варианта комбинации конструкций. Первый вариант, когда пространственная конструкция «поддерживается» вантами, тросами или канатами. Такие конструкции могут иметь шатровую, вогнутую, скатную или другие формы.

Примером может служить покрытие олимпийского стадиона в г. Мюнхене. Стадион имеет покрытие в форме кольца, поддерживаемого вантами. Как видно из примеров, такие конструкции относятся к висячим, но применяются с применением пространственных стержневых конструкций.



Олимпийский стадион (Мюнхен, Германия)

**Задание 2. Прочитайте текст. Озаглавьте. Ответьте на вопросы.**

1. Какую геометрическую фигуру напоминает покрытие спорткомплекса «Виктория» в г. Бресте?

2. Что выполняет роль элементов арок?

3. На каком расстоянии друг от друга расположены затяжки?

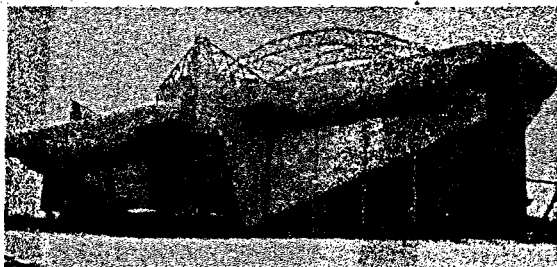
4. Что в свою очередь опирается на затяжки?

5. Чем поддерживаются затяжки?

6. Чем соединены между собой арки?

7. В чём вам видится эффективность данной конструкции?

Другой разновидностью пространственных комбинированных конструкций является опирание структуры на элемент, работающий на растяжение и служащий для стержневой структурной конструкции опорой. Примеров применения таких конструкций довольно много. Например, покрытие спорткомплекса «Виктория» в г. Бресте. Покрытие спорткомплекса представляет собой квадрат, сломанный по диагонали. Вспарушенная структурная конструкция опирается по нижнему поясу на затяжки, расположенные на расстоянии 11,2 м друг от друга и являющиеся элементами арок. Затяжки поддерживаются подвесками, которые были преднапряженные. Арки между собой для придания пространственной жесткости соединены фермами и тяжами. Пример данной конструкции показывает эффективность не только применения пространственных комбинированных конструкций, но и вварушенных структур, которые имеют большую жесткость по сравнению с такими же горизонтальными конструкциями. Соответственно вварушенные структуры способны воспринимать большие усилия.

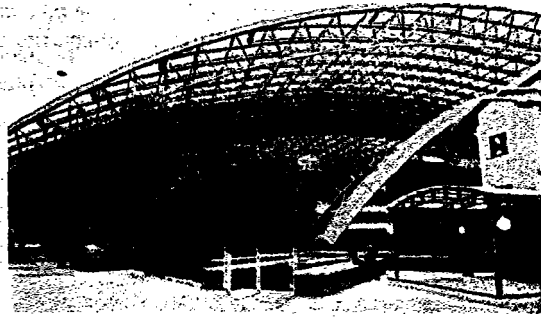


СК «Виктория» (г. Брест, РБ)

**Задание 3. Прочитайте текст. Измените каждое предложение текста и составьте предложения с реферативной формой.**

Другим объектом является покрытие летнего амфитеатра «Славянский базар» в Витебске. Для перекрытия 120 метрового пролета Витебского амфитеатра в средней части объекта применены вертикальные арки, работающие совместно со структурой. По наружным краям в работу структуры включены наклонные арки, которые также работают совместно и обеспечивают несущую способность и устойчивость на периферийных участках.





Покрытие летнего амфитеатра «Славянский базар» (г. Витебск, РБ)

**Задание 4.** *Опираясь на вышеприведенные тексты, составьте реферат-обзор (обобщенный материал нескольких текстов).*

**Задание 5.** *Прочитайте текст. Объясните значение незнакомых слов и словосочетаний. В случае затруднения обратитесь к словарю.*

В конце XIX века большими считались пролеты 12–18 м, во второй половине XX века – 30–40 м. На сегодняшний день уникальные большепролетные здания – объекты, характеризующиеся по критерию технической сложности следующими параметрами:

- пролеты свыше 100 м при конструктивных решениях, прошедших успешную апробацию в практике проектирования, строительства и эксплуатации;
- пролеты свыше 60 м при принципиально новых конструктивных решениях, требующих разработки специальных методов расчета, экспериментального исследования на физических моделях и т.п.

Общее свойство большепролетных зданий заключается в их уникальности. Они не являются объектами массового строительства, что допускает применение для них индивидуальных архитектурных и конструктивных решений. Таким образом, не всегда проблема экономическая выдвигается на первый план, тут скорее речь идет об архитектурной выразительности.

**Задание 6.** *Сформулируйте вопросы к тексту (когда?, какими?, в чём?, почему?, при каком условии?).*

**Задание 7.** *Раскройте скобки, обратите внимание на употребление предлогов. Прочитайте полученный текст.*

До недавнего времени (конструкторы) существовало мнение (применение) структурных пространственных конструкций как конструкций, применяемых лишь (покрытия зданий). Сами по себе структурные конструкции могут перекрывать пролеты не более 40+60м (дополнительные опоры). Но (последнее десятилетие) появились примеры эффективного применения комбинированных пространственных конструкций в качестве стеновых, рамных и, конечно же, (большепролетные комбинированные конструкции).

**Задание 8. Дополните предложения.**

1) Практика строительства в странах бывшего СССР знает примеры применения ... с применением структур при возведении зданий и сооружений (даже преднапряженных конструкций), однако количество таких объектов ..., а накопленный опыт возведения и эксплуатации до последнего времени .... Как правило, это были ..., выставочные павильоны, ..., т.е. здания повышенной категории ответственности, в которых ... выдвигается на первый план, здания в которых должны сочетаться простота и изящество, но в тоже время, которые обладают ... перед обычными плоскостными и даже пространственными не комбинированными ....

**Задание 9. Прочитайте текст. Проверьте ранее выполненное задание. Укажите ошибочные высказывания, исправьте их.**

Практика строительства в странах бывшего СССР знает примеры применения комбинированных большепролетных конструкций с применением структур при возведении зданий и сооружений (даже преднапряженных конструкций), однако количество таких объектов мало, а накопленный опыт возведения и эксплуатации до последнего времени не находил широкого применения. Как правило, это были олимпийские объекты, выставочные павильоны, бассейны, т.е. здания повышенной категории ответственности, в которых архитектурная выразительность выдвигается на первый план, здания в которых должны сочетаться простота и изящество, но в тоже время, которые обладают рядом преимуществ перед обычными плоскостными и даже пространственными не комбинированными конструкциями.

**Задание 10. Выпишите из данного фрагмента текста причастные обороты. Замените их синтаксической конструкцией которой + глагол.**

Для пространственных комбинированных конструкций покрытий характерным является наличие основного несущего конструктивного элемента, работающего на растяжение. В качестве такого элемента, в зависимости от особенности конструктивной схемы и величины нагрузки, могут использоваться как гибкие профили из высокопрочной стали – канаты, тросы, стержни, листы, так и самостоятельные большепролетные конструкции – арки, фермы, затяжки.

Пространственные комбинированные покрытия представляют собой пространственные системы, образованные пролетными несущими и ограждающими конструкциями, воспринимающими внешние нагрузки, и опорными конструкциями, работающими во взаимодействии с пролетными. Такие системы являются распорными. Для восприятия распора (горизонтальной составляющей покрытия) предназначена опорная конструкция. Стоимость опорной конструкции может составлять значительную часть всего покрытия. Удачность выбора конструктивной формы здания, а следовательно, и покрытия в значительной мере определяет затраты на его возведение.

Как уже было отмечено выше, существуют два варианта комбинации конструкций. Первый вариант, это когда пространственная конструкция «под-

держивается» вантами, тросами или канатами. Другой разновидностью пространственных комбинированных конструкций является опирание структуры на элемент, работающий на растяжение и служащий для стержневой структурной конструкции опорой.

**Задание 11. Прочитайте предложения с вводными конструкциями.**

**Задание 12. Какой составной союз используется в приведённом ниже предложении? Каким равноценным союзом можно заменить союз как, так и?**

В качестве такого элемента могут использоваться как гибкие профили из высокопрочной стали – канаты, тросы, стержни, листы, так и самостоятельные болшепролетные конструкции – арки, фермы, затяжки.

**Задание 13. Выпишите из текста (см. задание 10) предложения, в которых употреблена пассивная конструкция. Скажите о том же событии или действии иначе, заменив пассивную конструкцию активной.**

**Задание 14. Выразите данную информацию, используя конструкции что? – это что?; что? называется чем?; что? представляет собой что? (кого?).**

Другой разновидностью пространственных комбинированных конструкций является опирание структуры на элемент, работающий на растяжение и служащий для стержневой структурной конструкции опорой.

Учебное издание

*Составители:*

*Драган Вячеслав Игнатьевич*

*Борсук Нина Николаевна*

*Заика Зоя Михайловна*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*для иностранных студентов*

**РУССКИЙ ЯЗЫК. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ РЕЧИ:**

*технический профиль*

**(на материале текстов по дисциплине**

**«Металлические конструкции»)**

Ответственный за выпуск: Заика З.М.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 09.01.2015 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 4,88. Уч. изд. л. 5,25. Заказ № 22. Тираж 50 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.