

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан строительного факультета

\_\_\_\_\_ С.М.Семенюк

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013г.

Регистрационный № УД \_\_\_\_\_/р.

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**

**Учебная программа по специальности**

**1-70 02 01 Промышленное и гражданское строительство**

Факультет – строительный

Кафедра – строительных конструкций

Курс – 3/4

Семестр – VI/ VII/ VIII

Лекции – 32/34/32

Практические занятия – 16/16/16 часов

Лабораторные занятия – 16/0/0 часов

Всего аудиторных часов

по дисциплине – 64/50/48

Курсовые проекты – 50 часов (VII семестр)

40 часов (VIII семестр)

Самостоятельная работа – 10/86/86 часов

Управляемая самостоятельная работа – нет

Всего часов в семестрах – 74/136/134

Всего часов по дисциплине – 344 часов

Экзамен – VII/ VIII семестры

Зачет – VI семестр

Форма получения

высшего образования – дневная

Составил, к.т.н., доцент

В.И.Драган

Брест 2013

Учебная программа (рабочий вариант) составлена на основе типовой учебной программы по дисциплине «Металлические конструкции» для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», утвержденной «\_03\_» \_\_02\_\_ 2012 г., регистрационный №ТД-Ж. 095/тип.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению в качестве рабочего варианта на заседании кафедры «Строительные конструкции» «\_\_» \_\_\_\_\_ 2013г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Н.Н.Шалобыта

Одобрена и рекомендована к утверждению методической комиссией строительного факультета

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г., протокол № \_\_\_\_.

Председатель методической комиссии

\_\_\_\_\_ В. И.Юськович

## **1. Пояснительная записка**

### **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Дисциплина «Металлические конструкции» является одной из ведущих дисциплин, формирующей инженерный подход к пониманию устройства и действительной работы конструктивных систем зданий и сооружений и развивающей навыки инженерного анализа, конструирования и расчета строительных металлических конструкций.

#### **Цель преподавания дисциплины**

Основная цель преподавания – подготовка студентов к профессиональной деятельности в области проектирования и эксплуатации металлических конструкций, при этом:

научить студентов проектировать технически и экономически обоснованные металлические конструкции зданий и сооружений, отвечающие требованиям прочности, жесткости, долговечности, эстетичности;

раскрыть мировоззренческие вопросы дисциплины;

дать студентам практические навыки по расчету металлических конструкций, использованию нормативно-справочной и научно-технической литературы;

показать роль выдающихся ученых в развитии металлических конструкций,

ознакомить с основными тенденциями развития и перспективами применения металлических конструкций в промышленном и гражданском строительстве;

дать навыки по использованию систем автоматизированного проектирования металлических конструкций.

#### **Задачи изучения дисциплины**

Основной задачей изучения дисциплины является обеспечение выполнения требований стандарта по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

#### **Студент должен знать**

устройство и действительную работу конструктивных систем зданий и сооружений;

принципы конструирования и методики расчета строительных металлических конструкций;

технические нормативные правовые акты;  
государственные стандарты, справочники, методы автоматизированного расчета конструкций.

### **Студент должен уметь**

ставить и решать задачи, связанные с проектированием зданий и сооружений, выбором их оптимального конструктивного решения;

уметь осуществлять расчеты с подбором сечений, в том числе с использованием ЭВМ;

конструировать и разрабатывать рабочие чертежи;

уметь самостоятельно обобщать и анализировать новейшие достижения строительной науки и практики, обновлять полученные теоретические и практические навыки.

### **Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо при изучении данной дисциплины:**

теоретическая механика – разделы: статика, кинематика, динамика;

сопротивление материалов – разделы: растяжение и сжатие, кручение, изгиб, геометрические характеристики сечений, основы теории напряженно-деформированного состояния;

строительная механика – разделы: кинематический анализ сооружений, расчетные схемы сооружений, плоские фермы, арки и рамы, расчет статически неопределимых систем, метод конечных элементов, расчет сооружений по несущей способности;

архитектура – разделы: общие сведения о зданиях и сооружениях, требования, предъявляемые к ним, индустриализация строительства, архитектурно-строительный проект и методы его разработки, технико-экономическая оценка зданий и их конструктивных элементов, основы строительной физики, объемно-планировочные и конструктивные решения гражданских и промышленных зданий и сооружений, системы автоматизированного проектирования.

## 2.Содержание учебного материала

### 2.1.Тематический план

№ п/п	Наименование тем	Число учебных (аудиторных) часов				
		Лекции	Лаборатор. работы	Практич. занятия	Самост. работа	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение. Общие сведения о металлических конструкциях	2			8	10
2	Раздел 1. Основы металлических конструкций					
3	Тема 1.1. Материалы металлических конструкций	4			8	12
4	Тема 1.2. Работа материала	4			10	14
5	Тема 1.3. Основы расчета металлических конструкций	7		4	10	2
6	Тема 1.4. Работа и расчет металлических конструкций	8	4	10	12	34
7	Тема 1.5. Сортамент	1				1
8	Раздел 2. Соединения элементов металлических конструкций					
9	Тема 2.1. Сварные соединения и швы	4	4	2	4	14
10	Тема 2.2. Болтовые соединения	2	4	4	4	14
11	Раздел 3. Элементы металлических конструкций					
12	Тема 3.1. Балки и балочные конструкции	12	4	2	12	30
13	Тема 3.2. Центральносжатые колонны	8		4	12	24
14	Тема 3.3. Фермы	6		4	6	16
15	Раздел 4. Металлические конструкции одноэтажных производственных зданий				4	4
16	Тема 4.1. Основы проектирования и компоновка каркаса здания	2		2	4	8
17	Тема 4.2. Особенности работы и расчета каркаса здания	2		2	4	8
18	Тема 4.3. Элементы покрытия	3			4	7
19	Тема 4.4. Колонны каркаса	8		4	12	24
20	Тема 4.5. Подкрановые конструкции	4		4	6	14

1	2	3	4	5	6	7
21	Тема 4.6. Элементы фах-верка	1			2	3
22	Раздел 5. Металлические конструкции зданий и сооружений различного назначения					
23	Тема 5.1. Предварительно-напряженные металлические конструкции	2			10	12
24	Тема 5.2. Листовые конструкции	4		2	8	14
25	Тема 5.3. Конструкции покрытий больших пролетов	6		2	12	20
26	Тема 5.4. Конструкции многоэтажных зданий	2		2	6	10
27	Тема 5.5. Конструкции высотных сооружений	2			8	10
28	Раздел 6. Технико-экономическая оценка проектных сооружений				6	6
29	Тема 6.1. Основы проектирования металлических конструкций	1			4	5
30	Тема 6.2. Вариантное проектирование	1				1
31	Тема 6.3. Основные направления повышения эффективности конструкций	1			6	7
	ВСЕГО	98	16	48	182	344

## **2.2. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

### **2.2.1. Введение. Общие сведения о металлических конструкциях**

Краткий обзор развития металлических конструкций. Общая характеристика: номенклатура и область применения, народнохозяйственное значение, современные конструктивные формы, основные преимущества и недостатки металлических конструкций, их использование при реконструкции и восстановлении зданий и сооружений. Предпосылки и основные направления технического прогресса, повышение эффективности металлических конструкций.

Объём лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.2. Материалы металлических конструкций**

Строительные стали: общая характеристика, химический состав и особенности структуры, механические свойства, свариваемость, коррозионная стойкость, влияние химического состава и способа производства на свойства сталей, ТНПА на стали, категории требований, группы прочности.

Алюминиевые сплавы: способ производства, упрочнение и химический состав, свойства алюминиевых сплавов и область их применения в строительстве.

Объём лекционных занятий – 4 часа.

### **2.2.3. Работа материала**

Работа сталей и алюминиевых сплавов при однократном статическом растяжении и сжатии: диаграммы и стадии работы материала в зависимости от его структуры, особенности деформирования высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов, унифицированная диаграмма упругопластической работы строительных сталей. Расчетные значения физических характеристик материалов.

Влияние различных факторов и условий на работу металла под нагрузкой: виды разрушения; сложное напряженное состояние и его влияние на характер разрушения; концентрация напряжений; хрупкое разрушение; влияние предшествующей пластической деформации на работу металла при повторном нагружении, малоцикловая усталость; выносливость металла при многократной повторной нагрузке, влияние скорости нагружения, особенности работы металла при динамическом

нагружении, ударная вязкость; влияние температуры на свойства металла, хладноломкость, огнестойкость сталей и алюминиевых сплавов; изменение свойств металла во времени; коррозия металла, ее последствия, виды коррозии, способы защиты металла от коррозии.

Выбор сталей и алюминиевых сплавов в зависимости от условий возведения и эксплуатации металлических конструкций.

Объём лекционных занятий – 4 часа.

#### **2.2.4. Основы расчета металлических конструкций**

Цель расчета, краткий обзор развития методов расчета, метод расчета по предельным состояниям, группы и виды предельных состояний. Расчет по методу частных коэффициентов безопасности.

Классы поперечных сечений.

Расчет конструкций по предельным состояниям первой группы. Общие положения. Действительная работа конструкций и обоснование ее расчетной схемы. Нагрузки и воздействия: классификация, эксплуатационные нагрузки, учет изменчивости нагрузок, расчетные нагрузки, коэффициенты безопасности по нагрузке, сочетания нагрузок и усилий, коэффициенты сочетаний. Нормативные сопротивления материала по пределу текучести и временному сопротивлению, учет изменчивости сопротивления металла в зависимости от условий его производства и контроля свойств, учет изменчивости размеров сечений, расчетные сопротивления металла при различных видах напряженного состояния, частные коэффициенты безопасности по материалу, коэффициент условий работы конструкций; коэффициент надежности по назначению и ответственности сооружения. Индекс надежности. Расчетные значения несущей способности.

Предельные состояния по эксплуатационной пригодности.

Объём лекционных занятий – 8 часов.

#### **2.2.5. Работа и расчет элементов металлических конструкций**

Несущая способность поперечных сечений по прочности: центрально растянутые и центрально сжатые элементы; элементы, подверженные действию попе-

речной силы. Несущая способность элементов по устойчивости. Кривые потери устойчивости.

Работа изгибаемых элементов в упругой и упругопластической стадиях, шарнир пластичности при изгибе, совместное действие нормальных и касательных напряжений, особенности расчета изгибаемых элементов на прочность в упругой стадии и с учетом развития пластических деформаций. Кривые потери устойчивости плоской формы изгиба. Общий случай.

Особенности напряженного состояния и деформирования металлических стержней при свободном и стесненном кручении.

Напряженное состояние и расчет на прочность сечений внецентренно-нагруженных стержней в упругой и упругопластической стадии работы, шарнир пластичности при внецентренном растяжении, сжатии.

Расчет элементов на прочность с учетом хрупкого разрушения.

Устойчивость металлических стержней. Потеря устойчивости центрально сжатого стержня: кривые потери устойчивости, критические напряжения, расчетная длина, гибкость, проверка устойчивости, коэффициенты устойчивости, условная гибкость стержня.

Потеря устойчивости сжато-изгибаемых и внецентренно-сжатых элементов, учет начальных несовершенств и деформированной схемы стержня, влияние гибкости, относительного эксцентриситета, формы сечения; изгибно-крутильная форма потери устойчивости, проверка устойчивости в плоскости действия момента.

Потеря устойчивости плоской формы изгиба: влияние на устойчивость условий закрепления стержня, характера приложения нагрузки, геометрии сечения.

Виды напряжений (основные, местные, начальные), их влияние на работу металлических конструкций.

Объем лекционных занятий – 8 часов.

### **2.2.6. Сортамент**

Общая характеристика и область применения первичных элементов из сталей и алюминиевых сплавов: листовой и профильный прокат, гнутые и прессованные

профили, отливки, канаты, пучки и пряди. Оценка формы сечений и градации типоразмеров в сортаментах первичных элементов, ТНПА на стальной прокат.

Объём лекционных занятий – 1 час.

### **2.2.7. Сварные соединения и швы**

Сварные соединения: область применения, виды сварных швов и соединений, материалы и расчетные сопротивления сварных соединений.

Сварные соединения стыковыми швами: конструирование, особенности работы и расчета на различные виды усилий. Соединения угловыми швами: конструирование, особенности работы и расчета на различные виды усилий. Расчетные параметры стыковых и угловых сварных швов. Конструктивные требования к сварным соединениям.

Объём лекционных занятий – 4 часа.

### **2.2.8. Болтовые соединения металлических конструкций**

Болтовые соединения: область применения, виды болтов. Соединения на обычных болтах: конструирование, стадии работы и расчет сдвиговых соединений при действии осевых сил, изгибающих моментов и поперечных сил. Особенности работы и расчета фрикционных соединений на высокопрочных болтах. Проверка прочности соединяемых элементов. Конструктивные требования к болтовым соединениям. Особенности болтовых соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов.

Краткая характеристика новых видов соединений: на самонарезающих винтах, дюбелях, комбинированных заклепках.

Объём лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.9. Балки и балочные конструкции**

Область применения, классификация: по статическим схемам, типам сечений, способам соединения элементов сечения, виду материалов.

Компоновка балочных перекрытий: генеральные размеры, схемы компоновки в плане и по высоте, оптимизация компоновки. Виды настилов, особенности работы

и расчета. Подбор и проверка сечений прокатных балок.

Проектирование составных балок: определение нагрузок и усилий, выбор высоты и компоновка рационального сечения, изменение сечения по длине балки, проверка прочности в упругой и упругопластической стадиях, обеспечение общей устойчивости и жесткости и балок. Местная устойчивость элементов сечения при различных напряженных состояниях, способы проверки и обеспечения местной устойчивости. Конструкция, особенности работы и расчета деталей и узлов составных балок: опорные части балок, заводские и монтажные стыки.

Особенности работы, конструкции и расчет бистальных балок, балок с гибкой и с перфорированной стенками.

Объем лекционных занятий – 12 часов.

#### **2.2.10. Центральные сжатые колонны**

Общая характеристика, типы колонн и сечений, выбор расчетной схемы колонны. Конструкция, подбор и проверка сплошных колонн, обеспечение местной устойчивости элементов сечения.

Конструкция и особенности работы сквозных колонн, приведенная гибкость, подбор и проверка колонны, соединительных планок, элементов решетки и их крепления к ветвям колонны. Типы сопряжений балок с колоннами, конструкция, работа и расчет оголовков колонн. Опирающие колонны на фундамент, конструкция, особенности работы и расчет баз колонн; базы для безвыверочного монтажа

Объем лекционных занятий – 8 часов.

#### **2.2.11. Фермы**

Область применения легких и тяжелых ферм, классификация: по статическим схемам, по очертанию поясов, типу решетки, типу сечений стержней, виду соединения и материалу стержней. Компоновка стропильных ферм, генеральные размеры, учет требований унификации, условий эксплуатации, изготовления и перевозки.

Особенности расчета ферм: определение нагрузок и внутренних усилий, учет подвижных и внеузловых нагрузок. Обеспечение общей устойчивости ферм, рас-

четные длины стержней ферм. Выбор типа сечения, подбор и проверка сечения растянутых и сжатых стержней стропильных ферм, учет предельной гибкости. Конструкция, работа и расчет узлов, заводских и укрупнительных стыков стропильных ферм.

Конструктивные решения легких ферм с применением широкополочных двутавров и тавров, одиночных уголков, круглых труб, гнутых и гнутосварных профилей.

Объём лекционных занятий – 6 часов.

### **2.2.12. Основы проектирования и компоновки каркаса здания**

Область применения, общая характеристика: схема каркаса, поперечные и продольные конструкции, основные элементы каркаса и их функции, металлические и смешанные каркасы.

Принципы компоновки, учет эксплуатационных, общестроительных, производственных и экономических требований.

Основы компоновки. Унификация объемно-планировочных параметров. Разбивка сетки колонн, температурные швы, их назначение. Выбор поперечной конструкции, типы ригелей, колонн, узловых сопряжений.

Компоновка покрытия: состав покрытия, схемы покрытий с прогонами и без прогонов, выбор схемы стропильных и подстропильных ферм и фонарей; связи по покрытию, схемы и основные функции связей при монтаже и эксплуатации.

Компоновка поперечной рамы: определение основных размеров колонн, стропильных ферм, фонарей, учет требований унификации, режима работы мостовых кранов; особенности компоновки многопролетных поперечных рам.

Компоновка конструкций каркаса, схемы и основные функции связей по колоннам при монтаже и эксплуатации. Компоновка фахверка продольных и торцевых стен. Компоновка каркасов из легких металлических конструкций комплектной поставки. Складчатые конструкции.

Объём лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.13. Особенности работы и расчета каркаса здания**

Действительная работа стального каркаса: взаимодействие поперечных и продольных конструкций, несущих и ограждающих конструкций, совместная работа каркаса, снований и фундаментов, податливость узловых сопряжений. Выбор расчетной схемы и определение нагрузок на поперечную раму. Практические способы и применение компьютерных программных комплексов для расчета рам. Учет пространственной работы каркаса с жесткой и нежесткой кровлей при расчете поперечной рамы. Сочетания нагрузок и комбинации усилий, принципы определения расчетных усилий в сечениях рамы.

Объем лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.14. Элементы покрытия**

Конструкция и расчет сплошных и сквозных прогонов, крупноразмерных металлических панелей с плоским и профилированным настилом, узлы опирания прогонов и панелей на ригель поперечной рамы. Конструктивное решение каркаса фонаря. Легкие ограждающие металлические конструкции: конструктивные решения, расчет и проектирование.

Особенности работы и расчета стропильной фермы в системе поперечной рамы, учет опорных моментов и распора рамы. Конструкция, работа и расчет шарнирного и жесткого примыкания стропильной фермы к колонне. Опирание подстропильной фермы на колонну и стропильной фермы на подстропильную.

Объем лекционных занятий – 3 часа.

### **2.2.15. Колонны каркаса**

Виды колонн, типы сечений, расчетные длины колонн, возможные формы потери устойчивости. Конструкция, подбор и проверка сечения сплошной внецентренно-сжатой колонны, учет требований к местной устойчивости полок и стенки колонны. Конструкция, подбор и проверка сечения сквозной внецентренно-сжатой колонны: устойчивость ветвей и стержня колонны в целом, работа и расчет решетки. Конструкция, особенности работы и расчета основных узлов колонны, выбор расчетных комбинаций усилий: сопряжение надкрановой и подкрановой частей,

укрупнительный стык, база, анкерные болты. Конструирование и расчет связей по колоннам.

Объём лекционных занятий – 8 часов.

### **2.2.16. Подкрановые конструкции**

Общая характеристика: состав конструкций, статические схемы, типы сечений, особенности работы, нагрузки. Действительная работа подкрановых конструкций. Сплошные подкрановые балки: определение расчетных усилий, компоновка сечения, проверка прочности и выносливости, особенности конструирования. Подкрановые фермы с жестким верхним поясом, подкраново-подстропильные фермы, пути подвесных кранов: особенности конструирования, работы и расчета. Сопряжения подкрановых балок и тормозных конструкций с колоннами: особенности работы, конструирования и расчета. Крановые рельсы и их крепления к балкам.

Объём лекционных занятий – 4 часа.

### **2.2.17. Элементы фахверка**

Типы стеновых ограждений производственных зданий, особенности передачи нагрузок и прикрепления к элементам фахверка. Элементы фахверка: назначение, типы сечений, конструкции прикрепления к основным элементам и связям каркаса, особенности работы и расчета.

Объём лекционных занятий – 1 час.

### **2.2.18. Предварительно-напряженные металлические конструкции**

Цель предварительного напряжения: повышение эффективности конструкций путем использования высокопрочных материалов, рационального распределения внутренних усилий, повышения устойчивости, выносливости, жесткости. Обзор и анализ методов предварительного напряжения: включение в конструкцию напрягающих элементов, вынужденные начальные деформации и перемещения конструкции в процессе ее изготовления и монтажа, примеры. Предварительное напряжение как способ усиления эксплуатируемых конструкций. Предпосылки

применения и экономическая эффективность предварительно-напряженных конструкций.

Стадии работы предварительно-напряженной конструкции, особенности учета нагрузок, воздействий и проверок прочности, устойчивости и жесткости на различных стадиях. Методы контроля усилий предварительного напряжения.

Материалы, расчетные характеристики, конструкция и особенности работы напрягающих элементов.

Конструкция, особенности работы и расчета предварительно-напряженных конструктивных элементов: центрально-растянутых и центрально-сжатых стержней, балок, ферм.

Объем лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.19. Листовые конструкции**

Область и объем применения, общая характеристика: виды листовых конструкций, особенности эксплуатации, изготовления и монтажа, нагрузки и воздействия, особенности работы листовых конструкций. Требования к листовым конструкциям, принципы рационального проектирования.

Напряженное состояние и основы расчета тонких пластинок и оболочек, краевой эффект, устойчивость цилиндрических и сферических оболочек.

Резервуары: область применения, классификация, особенности проектирования. Вертикальные цилиндрические резервуары низкого давления: компоновка, конструкция, особенности работы и расчета стенки, днища, кровли.

Вертикальные цилиндрические резервуары для нефтепродуктов с повышенной упругостью паров: со сферической, торосферической и сфероцилиндрической кровлей; с плавающей крышей, с понтоном и стационарной кровлей. Горизонтальные цилиндрические резервуары высокого давления: компоновка, конструкция, особенности работы и расчета стенки, днища, опор. Шаровые резервуары высокого давления: компоновка, особенности раскроя, расчет стенки и опор.

Газгольдеры: область применения, классификация, особенности проектирования. Газгольдеры низкого давления и переменного объема: особенности эксплуатации, компоновки и конструирования мокрых и сухих газгольдеров. Газгольдеры

высокого давления постоянного объема: особенности эксплуатации, компоновки и конструирования цилиндрических и шаровых газгольдеров.

Бункеры: область применения, классификация, особенности эксплуатации, нагрузки и воздействия. Бункер с плоскими стенками: конструктивные схемы, компоновка, конструкция, особенности работы и расчета обшивки, ребер жесткости, бункерных балок. Гибкий бункер: конструктивные схемы, компоновка, особенности работы и расчета оболочек или подвесок бункера, бункерных балок.

Силосы. Конструктивные решения. Особенности нагрузок и основные расчетные предпосылки. Цилиндрические и конические стенки.

Объём лекционных занятий – 4 часа.

### **2.2.20. Конструкции покрытий больших пролетов**

Область применения, особенности проектирования, классификация. Плоскостные системы, общая характеристика. Балочные системы: схемы, основные размеры, типы сечений, узлы тяжелых ферм. Рамные системы, статические и конструктивные схемы сплошных и сквозных рам, основные размеры, особенности работы и расчета, узлы. Компоновка большепролетных балочных и рамных систем.

Арочные системы: статические и конструктивные схемы сплошных и сквозных арок, способ восприятия распора, узлы, особенности компоновки покрытия, обеспечение и проверка устойчивости арок.

Пространственные системы, общая характеристика, сравнение с плоскостными системами. Перекрестные фермы и структурные стержневые плиты: конструктивные и геометрические схемы, компоновка, типы сечений и узловых сопряжений, схемы опирания, особенности работы и расчета, преимущества и недостатки. Цилиндрические оболочки (своды, длинные оболочки и складки): конструктивные и геометрические схемы, особенности опирания и работы оболочек, типы сечений и узлов сплошных и сетчатых оболочек. Оболочки двойной кривизны, купола ребристые, ребристо-кольцевые и сетчатые: схемы, компоновка и условия опирания, особенности работы и расчета.

Висячие покрытия. Область применения, общая характеристика: части покрытия и их функции, преимущества и недостатки висячих покрытий, особенности

работы и способы стабилизации формы покрытий. Классификация покрытий: по материалу и виду основных несущих элементов, по схеме пролетной конструкции, по схеме опорной конструкции. Краткий обзор развития висячих покрытий, их применение и перспектива развития, примеры.

Однопоясные системы из гибких нитей: компоновка, особенности работы при возведении и эксплуатации, конструктивные особенности, основы расчета гибких нитей.

Однопоясные системы с изгибно-жесткими нитями: компоновка, типы сечений, особенности конструирования, работы и расчета.

Двухпоясные системы со стабилизацией нитей в плоскости их провисания: разновидности систем, особенности компоновки, работы и расчета. Седловидные предварительно-напряженные сетки: выбор поверхности покрытия и очертания опорного контура, особенности работы и расчета покрытия и опорного контура на различных стадиях работы.

Мембранные покрытия в виде провисающих цилиндрических оболочек и оболочек вращения, седловидных и шатровых оболочек, особенности работы и конструктивного оформления. Комбинированные системы висячих покрытий с применением гибких нитей, мембран и жестких элементов.

Объём лекционных занятий – 6 часов.

### **2.2.21. Конструкции многоэтажных зданий**

Область применения, общая характеристика: краткий обзор развития, особенности эксплуатации, нагрузок и воздействий на несущие конструкции многоэтажных зданий. Требования к многоэтажным зданиям и учет их при проектировании.

Классификация конструктивных систем и особенности их работы: рамные, связевые, рамно-связевые системы, их разновидности.

Особенности компоновки различных систем в плане и по высоте здания, учет инженерно-геологических условий и особенности устройства фундаментов и оснований. Конструирование элементов и узлов.

Особенности расчета несущих конструкций многоэтажных зданий, применение ЭВМ.

Совершенствование конструкций многоэтажных зданий: совмещение несущих и ограждающих функций, применение систем повышенной жесткости, предварительное напряжение конструкций, унификация узловых сопряжений, учет требований крупноблочного монтажа.

Объём лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.22. Конструкции высотных сооружений**

Особенности высотных сооружений и действующих на них нагрузок. Общая характеристика высотных сооружений. Нагрузки и воздействия.

Башни: общая характеристика, основы расчета и конструирования башен.

Мачты антенных сооружений: схемы мачт, основные размеры, размещение оттяжек, формы ствола, типы сечений поясов и решетки, конструкция узлов, особенности работы и расчета ствола и оттяжек.

Опоры воздушных линий электропередач. Общая характеристика. Нагрузки и воздействия, основы конструирования и расчета.

Объём лекционных занятий – 2 часа.

### **2.2.23. Основы проектирования металлических конструкций**

Основные требования к проектным решениям: удобство эксплуатации, надежность и долговечность сооружений, снижение расхода металла, трудоемкости изготовления и монтажа, быстрота возведения, эстетические качества.

Организация проектирования, стадии и этапы проектирования, состав проекта. Нормы проектирования и государственные ТНПА на выполнение проектной документации.

Объём лекционных занятий – 1 час.

### **2.2.24. Вариантное проектирование и оценка проектных решений**

Определение технико-экономических показателей металлических конструкций на стадии проектирования: методы оценки расхода и стоимости материалов,

трудоемкости и стоимости изготовления и монтажа, стоимости перевозки конструкций и эксплуатационных затрат, стоимость конструкций в деле, приведенные затраты.

Объем лекционных занятий – 1 час.

### **2.2.25. Основные направления повышения эффективности конструкций**

Совершенствование конструктивных решений на основе методов оптимизации конструкций, применения прогрессивных конструктивных форм (тонкостенных, предварительно-напряженных, пространственных и др.), использование эффективных материалов, профилей, заводских и монтажных соединений; совершенствование методов конструирования и расчета, изготовления и монтажа конструкций; повышение сроков коррозионного, физического и морального износа конструкций и культуры их эксплуатации.

Объем лекционных занятий – 1 час.

## **2.3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ В ЧАСАХ**

2.3.1. Работа и расчет элементов металлических конструкций с учетом концентрации напряжений.

Объем лабораторной работы – 2 часа.

2.3.2. Расчет элементов металлических конструкций с концентраторами напряжений при многократных нагрузках и при низких температурах.

Объем лабораторной работы – 2 часа.

2.3.3. Работа и расчет сварного соединения при статическом нагружении.

Объем лабораторной работы – 2 часа.

2.3.4. Изучение работы и расчет болтовых соединений на болтах нормальной точности.

Объем лабораторной работы – 2 часа.

2.3.5. Изучение работы и расчет болтовых соединений на высокопрочных болтах.

Объем лабораторной работы – 2 часа.

2.3.6. Анализ потери общей устойчивости сварной двутавровой балки в упругой стадии работы.

Объем лабораторной работы – 4 часа.

2.3.7. Основные дефекты и контроль качества сварных соединений. Контроль плотности сварных соединений.

Объем лабораторной работы – 2 часа

## **2.4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ В ЧАСАХ**

2.4.1. Классификация поперечных сечений в соответствии с ТКП EN 1993-1-1.

Назначение классов поперечных сечений конструкций.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.2. Эффективное поперечное сечение. Учет эффекта сдвигового запаздывания. Потеря устойчивости пластины от действия нормальных напряжений. Определение эффективного поперечного сечения.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.3. Изгибаемые элементы. Расчет на прочность поперечных сечений на действие изгибающих моментов. Расчет на прочность поперечных сечений на действие поперечной силы. Учет поперечной силы в расчетах сечений на прочность изгибаемых элементов. Расчет прочности изгибаемого элемента с учетом сдвигающей силы для различных классов поперечных сечений. Расчет устойчивости изгибаемых элементов поперечных сечений для различных классов поперечных сечений.

Объем практических занятий – 6 часов.

2.4.4. Центально-сжатые и центально-растянутые элементы. Расчет на прочность. Расчет устойчивости центально-сжатых элементов постоянного сечения для различных классов сечений.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.5. Сжато-изгибаемые (внецентренно-сжатые) элементы постоянного сечения по длине. Расчет на прочность сечения элементов подверженных действию осевой силы и изгибающих моментов.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.6. Конструирование и расчет болтовых соединений. Конструирование и расчет укрупнительного стыка сварной балки на высокопрочных болтах.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.7. Конструирование и расчет сварных соединений. Расчет поясных швов составных балок.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.8. Подбор и проверка сечений прокатных и составных балок.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.9. Подбор и проверка сечения центрально-сжатой колонны.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.10. Конструирование и расчет оголовка и базы центрально-сжатой колонны.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.11. Компоновка поперечной рамы и связей производственного здания.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.12. Определение нагрузок на поперечную раму. Расчет поперечной рамы производственного здания на ЭВМ.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.13. Подбор и проверка сечений стержней стропильных ферм с различными типами сечений. Расчет и конструирование узлов стропильных ферм.

Объем практических занятий – 4 часа.

2.4.14. Подбор и проверка сечения внецентренно-сжатых колонн производственного здания.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.15. Конструирование и расчет сопряжения верхней и нижней частей и базы ступенчатой внецентренно-сжатой колонны.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.16. Конструирование и расчет подкрановой балки.

Объем практических занятий – 4 часа.

2.4.17. Компоновка, конструирование и расчет вертикальных цилиндрических резервуаров низкого и повышенного давления.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.18. Конструирование и расчет узлов тяжелых ферм.

Объем практических занятий – 2 часа.

2.4.19. Конструирование и расчет узлов каркасов многоэтажных зданий.

Объем практических занятий – 2 часа.

## **2.5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

2.5.1. Основы организация проектирования металлических конструкций. Основные требования к проектным решениям: удобство эксплуатации, надежность и долговечность сооружений, снижение расхода металла, трудоемкости изготовления и монтажа, быстрота возведения, эстетические качества. Организация проектирования, стадии и этапы проектирования, состав проекта, ГОСТы и нормы на проектирование. Понятие об автоматизированном проектировании металлических конструкций.

Объем – 6 часов

Рекомендуемая литература: [3.1.3]

2.5.2. Состав и общие правила оформления рабочих чертежей металлических конструкций марок КМ и КМД.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.3. История развития металлических конструкций.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.4. Основы изготовления и монтажа металлических конструкций. Организация процессов изготовления и монтажа металлических конструкций. Краткая характеристика операций по изготовлению конструкций. Особенности монтажа металлических конструкций.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.2.1]

2.5.5. Требования к металлическим конструкциям при их транспортировке

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.2.1]

2.5.6. Тяжелые фермы. Предварительно напряженные фермы. Тяжелые фермы, области их применения, особенности расчета и конструирования. Предварительно напряженные фермы, особенности расчета и конструирования.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.7. Элементы покрытия производственных зданий. Конструкция, особенности работы и расчета сплошных и сквозных прогонов, крупноразмерных металлических панелей покрытия. Опирающие прогоны и панели на фермы. Выбор схем и основных размеров стропильных и подстропильных ферм, фонарей. Особенности работы стропильных ферм как ригеля поперечной рамы. Конструирование, особенности работы и расчета шарнирного и жесткого сопряжения фермы с колонной.

Объем – 6 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.8. Легкие металлические конструкции производственных зданий. Области применения, краткая характеристика. Особенности компоновки каркасов с применением легких металлических конструкций. Конструирование, особенности работы и расчета легких ограждающих и несущих конструкций.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.4]

2.5.9. Основы экономики металлических конструкций. Метод вариантного проектирования, определение технико-экономических показателей вариантов металлических конструкций на стадии проектирования. Структура стоимости конструкций, трудоемкость изготовления и монтажа конструкций. Стоимость конструкций в деле. Определение эффективности конструкций по критерию минимума приведенных затрат.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.10. Защита металлических конструкций от коррозии. Классификация агрессивных сред и коррозионная стойкость материалов. Требования к конструктивной форме для зданий и сооружений в агрессивных средах.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.2.1]

2.5.11. Работа моно- и поликристалла железа, дислокации. Работа сталей и алюминиевых сплавов при растяжении и сжатии, диаграммы и стадии работы материала в зависимости от его структуры.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.12. Влияние предшествующей пластической деформации на работу металла при повторном нагружении, наклеп. Выносливость металла при многократной повторной нагрузке.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.13. Метод расчета конструкций по предельным состояниям. Нормативные и расчетные нагрузки и воздействия, их сочетания. Нормативные и расчетные сопротивления стали. Коэффициенты надежности.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.14. Расчет изгибаемых элементов в упругой и упругопластической стадиях на действие нормальных и касательных напряжений.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.15. Работа под нагрузкой, расчет на прочность и устойчивость центрально-сжатых стержней. Расчетная длина и гибкость стержня, коэффициент продольного изгиба.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.16. Расчет на прочность внецентренно-нагруженных стержней, проверка устойчивости в плоскости и из плоскости изгиба.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.17. Сварные соединения со стыковыми и угловыми швами, расчет и конструирование.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.18. Болтовые соединения на обычных болтах и на высокопрочных болтах, расчет и конструирование.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.19. Компоновка и подбор сечений составных сварных балок, изменение сечения, проверка прочности сечений балки. Обеспечение жесткости и общей устойчивости балки.

Объём – 6 часов

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.20. Местная устойчивость пластинок при различном напряженном состоянии. Потеря устойчивости сжатого пояса и стенки балки. Назначение ребер жесткости.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.21. Подбор и проверка сечения сплошных колонн, конструирование сплошных колонн. Обеспечение местной устойчивости элементов сечения сплошной колонны.

Объём – 6 часов

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.22. Подбор и проверка сечений сквозных центрально-сжатых стержней. Основы конструирования сквозных стержней. Работа и расчет соединительных планок и раскосной решетки.

Объём – 6 часов

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.23. Конструирование, особенности работы и расчета оголовков и баз центрально-сжатых колонн.

Объём – 4 часов

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.24. Подбор и проверка сечений растянутых и сжатых стержней стропильных ферм. Особенности конструирования и расчета узлов легких ферм.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.25. Основные элементы каркаса производственного здания и их функции. Схемы и основные функции связей по колоннам и по покрытию. Виды связей, места их установки и назначение.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.26. Фахверк и конструкции заполнения проемов.

Объём – 2 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.27. Нагрузки, действующие на поперечную раму – постоянные, снеговые, ветровые, от мостовых кранов.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.28. Компоновка и проверка устойчивости сечений сплошных внецентренно-сжатых колонн в плоскости и из плоскости поперечной рамы.

Объём – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.29. Компоновка и проверка устойчивости сечений сквозных внецентренно-сжатых колонн. Расчет и конструирование решетки сквозных стержней.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.30. Особенности расчета и конструирования баз внецентренно сжатых колонн, анкерные болты.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.31. Подкрановые конструкции, нагрузки, определение усилий в подкрановых балках. Проверка прочности сплошных подкрановых балок.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.32. Обследование конструкций зданий. Дефекты и повреждения стальных конструкций, их влияние на несущую способность.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.33. Усиление конструкций производственных зданий: балок, ферм, колонн. Особенности работы и расчета конструкций, усиленных под нагрузкой.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7], [3.1.4]

2.5.34. Напряженное состояние и основы расчета тонких пластинок и оболочек, безмоментное состояние оболочек, краевой эффект, устойчивость цилиндрических и сферических оболочек.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.5]

2.5.35. Вертикальные и горизонтальные цилиндрические резервуары, шаровые резервуары. Основы расчета и конструирования элементов резервуаров.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.5]

2.5.36. Газгольдеры. Назначение, классификация. Газгольдеры переменного и постоянного объема.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.5]

2.5.37. Бункерные устройства, области их применения, схемы, особенности, основные элементы бункерных устройств, основы расчета и конструирования.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.5]

2.5.38. Структурные стержневые плиты: преимущества и недостатки, конструктивные и геометрические схемы, компоновка, типы сечений и узловых соединений, особенности работы и расчета.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.4]

2.5.39. Область применения, преимущества и недостатки, особенности работы висячих покрытий. Однопоясные системы из гибких и изгибно-жестких нитей, особенности конструирования, работы и расчета. Двухпоясные и седловидные системы покрытий.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.4]

2.5.40. Стальные каркасы многоэтажных зданий, рамные, связевые, рамно-связевые системы, схемы связей. Нагрузки и воздействия. Конструирование и расчет несущих конструкций и узлов.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.41. Номенклатура высотных сооружений, их назначение, особенности высотных сооружений, нагрузки на высотные сооружения. Башенные и мачтовые сооружения, особенности конструирования, работы и расчета.

Объем – 4 часа

Рекомендуемая литература: [3.1.7]

2.5.42. Предварительное напряжение элементов и конструкций. Понятие о предварительном напряжении стальных конструкций и их классификация. Предварительно напряженные конструкции с высокопрочными элементами. Предварительно напряженные конструкции без дополнительных высокопрочных элементов.

Объем – 10 часов

Рекомендуемая литература: [3.2.1.]

## **2.6. КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА**

*Седьмой семестр*

### **2.6.1. Курсовой проект № 1 «Балочная площадка»**

В курсовом проекте №1 рассматриваются вопросы компоновки балочного перекрытия с необходимыми эскизами, расчетами и подбором сечений элементов с проверкой несущей способности и их жесткости. Особое внимание уделено расчету и конструированию в стадии КМД вспомогательной и главной балок, колонны.

В состав проекта входит:

1. Выбор типа и компоновка балочной площадки на основе рассмотрения 2-3-х вариантов.
2. Подбор сечения вспомогательной и главной балок.
3. Расчет центрально-нагруженной колонны с базой.
4. Расчет узлов, деталей и сопряжений элементов конструкций с необходимыми эскизами.
5. Разработка схемы расположения элементов балочной площадки, составление рабочих чертежей (стадия КМД) вспомогательной и главной балок, колонны.
6. Составление спецификации металла, таблицы отправочных элементов, технических указаний.

Объем проекта – два листа чертежей формата А2 и пояснительная записка с необходимыми расчетами и эскизами.

*Восьмой семестр*

### **2.6.2. Курсовой проект №2 «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»**

Курсовой проект №2 ставит своей целью отработку вопросов расчета и проектирования металлических конструкций производственных зданий с целью повышения качества усвоения материала.

В состав проекта входит:

1. Выбор схемы каркаса и компоновка поперечной рамы, покрытия, связей и фахверка.
2. Определение нагрузок на поперечную раму цеха.
3. Статический расчет поперечной рамы цеха и выбор комбинаций расчетных усилий.
4. Расчет и конструирование колонны.
5. Расчет и конструирование стропильной фермы.
6. Разработка схемы расположения конструктивных элементов, составление рабочего чертежа фермы и колонны (стадия КМД) с необходимыми узлами и деталями.
7. Составление спецификации, таблицы отправочных марок, технических указаний.

Объем проекта – 2 листа чертежей формата А1 и пояснительная записка с необходимыми расчетами и схемами.

### **3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Основная литература**

- 3.1.1. Металлические конструкции: Общий курс: Учебник для вузов/ Под ред. Е. И. Беленя. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986.-560 с.
- 3.1.2. Металлические конструкции: Общий курс: Учебник для вузов/ Под ред. Г. С. Веденикова. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1998.-760 с.
- 3.1.3. Металлические конструкции: В 3 т. Т. 1. Элементы стальных конструкций: Учеб. для строит. вузов / Под ред. В. Горева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2001. — 527 с.
- 3.1.4. Металлические конструкции: В 3 т. Т. 2. Конструкции зданий: Учеб. для строит. вузов / Под ред. В. Горева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2001. — 528 с.
- 3.1.5. Металлические конструкции: В 3 т. Т. 3. Специальные конструкции и сооружения: Учеб. для строит. вузов / Под ред. В. Горева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2001. — 544 с.
- 3.1.6. Металлические конструкции. Специальный курс. — 3-е изд. / Под ред. Е. И. Беленя. — М.: Стройиздат, 1991. - 687 с.
- 3.1.7. Металлические конструкции: Учеб. для вузов / Под ред. Ю. И. Кудишина. — 10-е изд. — М.: Изд. центр «Академия», 2007. — 688 с.

#### **3.2. Дополнительная литература**

- 3.2.1 Металлические конструкции. В 3 т. Т.1. Общая часть. (Справочник проектировщика) / Под ред. В. В. Кузнецова. — М.: изд-во АСВ, 1998. — 576 с.
- 3.2.2 Металлические конструкции. В 3 т. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под ред. В. В. Кузнецова. — М.: изд-во АСВ, 1998. — 512 с.
- 3.2.3 Металлические конструкции. В 3 т. Т.3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под ред. В. В. Кузнецова. — М.: изд-во АСВ, 1999. — 528 с.
- 3.2.4 Проектирование металлических конструкций: Спец. курс. Учеб. пособие для вузов /Под ред. Бирюлева В. В. — Л.: Стройиздат, 1990. — 432 с.

3.2.5 Беленя Е.И. Предварительно напряженные металлические несущие конструкции. Изд. 2-е. М.: — Стройиздат, 1975. — 416 с.

3.2.6 Кутухтин Е. Г. и др. Легкие конструкции одноэтажных производственных зданий. — 2-е изд. — М.: Стройиздат, 1988. — 263 с. (Справочник проектировщика).

3.2.7 СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 34 с.

3.2.8 СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (Дополнения, разд. 10. Прогобы и перемещения). — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. — 7 с.

3.2.9 СНиП II-3-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. — 96 с.

3.2.10 СНиП 2.03.06-85. Алюминиевые конструкции. -М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 46 с.

3.2.11 EN 1990 Еврокод. Основные положения по расчету конструкций

3.2.12 EN 1991 Еврокод 1. Воздействия на конструкции

3.2.13 EN 1993-1-1. Проектирование стальных конструкций. Общие правила и правила для зданий

3.2.14 EN 1993-1-3. Проектирование стальных конструкций. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и листов

3.2.15 EN 1993-1-5. Проектирование стальных конструкций. Пластинчатые элементы

3.2.16 EN 1993-1-6. Проектирование стальных конструкций. Прочность и устойчивость оболочек.

3.2.17 EN 1993-1-8. Проектирование стальных конструкций. Расчет соединений.

### **3.3. Компьютерные программы**

Многофункциональные программные комплексы LIRA, SCAD, MSC/NASTRAN, ANSYS и другие системы для расчета, исследования и проектирования конструкций различного назначения на основе конечно-элементного анализа; пакет AutoCAD и др.

### **3.4. Учебно-методические материалы**

3.4.1. Стальной каркас одноэтажного производственного здания. Метод. указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Металлические конструкции». – Брест: БрПИ, 1998. – 80 с.

3.4.2. А. Б. Шурин, А. В. Мухин. Справочные материалы для проектирования стальных конструкций зданий и сооружений. – Брест: изд-во БГТУ, 2004. – 84 с.

3.4.3. Работа и расчет элементов металлических конструкций с учетом концентрации напряжений. Метод. указания к лабораторной работе. – Брест: БрПИ, 1998 – 14 с.

3.4.4. Работа и расчет сварного соединения при статическом нагружении. Метод. указания к лабораторной работе. – Брест: БрПИ, 1998 – 8 с.

3.4.5. Изучение работы болтовых соединений. Метод. указания к лабораторной работе. – Брест: БрПИ, 1998 – 12 с.

3.4.6. Общая устойчивости сварной составной балки. Метод. указания к лабораторной работе. – Брест: БрПИ, 2000 – 10 с.

3.4.7. Л. Г. Головки. Программа «KLOT». Статический расчет поперечной рамы. – Брест: БГТУ, 2002.

3.4.8. А. Б. Шурин. Программа «SHUMAX». Подбор сечений стержней ферм. – Брест: БГТУ, 2003.

3.4.9. ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. Академика АИН А. С. Городецкого. К.-М.: 2003. – 464 с.

3.4.10. Модели сварной балки и фермы. Узлы металлических конструкций – узел фермы из ЗГСП, узлы оголовков и баз колонн, узел сопряжения надкрановой и подкрановой частей колонны.

**Учебно-методическая карта дисциплины «Металлические конструкции»  
на 2012–2013 учебный год**

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая (контролируемая) самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<i>VI семестр</i>	32	16	16	10			
1.	<b>Введение. Общие сведения о металлических конструкциях.</b> Краткий обзор развития металлических конструкций. Общая характеристика: номенклатура и область применения, народнохозяйственное значение, современные конструктивные формы, основные преимущества и недостатки металлических конструкций, их использование при реконструкции и восстановлении зданий и сооружений. Предпосылки и основные направления технического прогресса, повышение эффективности металлических конструкций.	2			2		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7],	3
2.	<b>Материалы металлических конструкций.</b> Строительные стали: общая характеристика, химический состав и особенности структуры, механические свойства, свариваемость, коррозионная стойкость, влияние химического состава и способа производства на свойства сталей, ТНПА на стали, категории требований, группы прочности. Алюминиевые сплавы: способ производства, упрочнение и химический состав, свойства алюминиевых сплавов и область их применения в строительстве.	4	2		4		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.	<p><b>Работа материала.</b> Работа сталей и алюминиевых сплавов при однократном статическом растяжении и сжатии: диаграммы и стадии работы материала в зависимости от его структуры, особенности деформирования высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов, унифицированная диаграмма упругопластической работы строительных сталей. Расчетные значения физических характеристик материалов. Влияние различных факторов и условий на работу металла под нагрузкой: виды разрушения; сложное напряженное состояние и его влияние на характер разрушения; концентрация напряжений; хрупкое разрушение; влияние предшествующей пластической деформации на работу металла при повторном нагружении, малоцикловая усталость; выносливость металла при многократной повторной нагрузке, влияние скорости нагружения, особенности работы металла при динамическом нагружении, ударная вязкость; влияние температуры на свойства металла, хладноломкость, огнестойкость сталей и алюминиевых сплавов; изменение свойств металла во времени; коррозия металла, ее последствия, виды коррозии, способы защиты металла от коррозии. Выбор сталей и алюминиевых сплавов в зависимости от условий возведения и эксплуатации металлических конструкций.</p>	4	2	4	4		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	3
4.	<p><b>Основы расчета металлических конструкций.</b> Цель расчета, краткий обзор развития методов расчета, метод расчета по предельным состояниям, группы и виды предельных состояний. Расчет по методу частных коэффициентов безопасности. Классы поперечных сечений. Расчет конструкций по предельным состояниям первой группы. Общие положения. Действительная работа конструкций и обоснование ее расчетной схемы. Нагрузки и воздействия: классификация, эксплуатационные нагрузки, учет изменчивости нагрузок, расчетные нагрузки, коэффициенты безопасности по нагрузке, сочетания нагрузок и усилий, коэффициенты сочетаний. Нормативные сопротивления материала по пределу текучести и временному сопротивлению, учет изменчивости сопротивления металла в зависимости от условий его производства и контроля свойств, учет изменчивости размеров сечений, расчетные сопротивления металла при различных видах напряженного состояния, частные коэффициенты безопасности по материалу, коэффициент условий работы конструкций; коэффициент надежности по назначению и ответственности сооружения. Индекс надежности. Расчетные значения несущей способности. Предельные состояния по эксплуатационной пригодности.</p>	8	4	6			[3.1.1], [3.1.2], [3.1.4], [3.1.7]	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.	<p><b>Работа и расчет элементов металлических конструкций.</b>  Несущая способность поперечных сечений по прочности: центрально растянутые и центрально сжатые элементы; элементы, подверженные действию поперечной силы. Несущая способность элементов по устойчивости. Кривые потери устойчивости. Работа изгибаемых элементов в упругой и упругопластической стадиях, шарнир пластичности при изгибе, совместное действие нормальных и касательных напряжений, особенности расчета изгибаемых элементов на прочность в упругой стадии и с учетом развития пластических деформаций. Кривые потери устойчивости плоской формы изгиба. Общий случай. Особенности напряженного состояния и деформирования металлических стержней при свободном и стесненном кручении. Напряженное состояние и расчет на прочность сечений внецентренно-нагруженных стержней в упругой и упругопластической стадии работы, шарнир пластичности при внецентренном растяжении, сжатии. Расчет элементов на прочность с учетом хрупкого разрушения. Устойчивость металлических стержней. Потеря устойчивости центрально сжатого стержня: кривые потери устойчивости, критические напряжения, расчетная длина, гибкость, проверка устойчивости, коэффициенты устойчивости, условная гибкость стержня. Потеря устойчивости сжато-изгибаемых и внецентренно-сжатых элементов, учет начальных несовершенств и деформированной схемы стержня, влияние гибкости, относительного эксцентриситета, формы сечения; изгибно-крутильная форма потери устойчивости, проверка устойчивости в плоскости действия момента. Потеря устойчивости плоской формы изгиба: влияние на устойчивость условий закрепления стержня, характера приложения нагрузки, геометрии сечения. Виды напряжений (основные, местные, начальные), их влияние на работу металлических конструкций.</p>	9	6	4			[3.1.1], [3.1.2], [3.1.4], [3.1.7]	3
6.	<p><b>Сортамент.</b> Общая характеристика и область применения первичных элементов из сталей и алюминиевых сплавов: листовой и профильный прокат, гнутые и прессованные профили, отливки, канаты, пучки и пряжи. Оценка формы сечений и градации типоразмеров в сортаментах первичных элементов, ТНПА на стальной прокат.</p>	1						3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7.	<b>Сварные соединения и швы.</b> Сварные соединения: область применения, виды сварных швов и соединений, материалы и расчетные сопротивления сварных соединений. Сварные соединения стыковыми швами: конструирование, особенности работы и расчета на различные виды усилий. Соединения угловыми швами: конструирование, особенности работы и расчета на различные виды усилий. Расчетные параметры стыковых и угловых сварных швов. Конструктивные требования к сварным соединениям.	4	2	2			[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	3
	<i>VII семестр</i>	34	16	-	86			
8.	<b>Болтовые соединения металлических конструкций.</b> Болтовые соединения: область применения, виды болтов. Соединения на обычных болтах: конструирование, стадии работы и расчет сдвиговых соединений при действии осевых сил, изгибающих моментов и поперечных сил. Особенности работы и расчета фрикционных соединений на высокопрочных болтах. Проверка прочности соединяемых элементов. Конструктивные требования к болтовым соединениям. Особенности болтовых соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов. Краткая характеристика новых видов соединений: на самонарезающих винтах, дюбелях, комбинированных заклепках.	2	2		4		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э
9.	<b>Балки и балочные конструкции.</b> Область применения, классификация: по статическим схемам, типам сечений, способам соединения элементов сечения, виду материалов. Компонировка балочных перекрытий: генеральные размеры, схемы компоновки в плане и по высоте, оптимизация компоновки. Виды настилов, особенности работы и расчета. Подбор и проверка сечений прокатных балок. Проектирование составных балок: определение нагрузок и усилий, выбор высоты и компоновка рационального сечения, изменение сечения по длине балки, проверка прочности в упругой и упруго-пластической стадиях, обеспечение общей устойчивости и жесткости и балок. Местная устойчивость элементов сечения при различных напряженных состояниях, способы проверки и обеспечения местной устойчивости. Конструкция, особенности работы и расчета деталей и узлов составных балок: опорные части балок, заводские и монтажные стыки. Особенности работы, конструкции и расчет бистальных балок, балок с гибкой и с перфорированной стенками.	11	2		16		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.	<b>Центрально сжатые колонны.</b> Общая характеристика, типы колонн и сечений, выбор расчетной схемы колонны. Конструкция, подбор и проверка сплошных колонн, обеспечение местной устойчивости элементов сечения. Конструкция и особенности работы сквозных колонн, приведенная гибкость, подбор и проверка колонны, соединительных планок, элементов решетки и их крепления к ветвям колонны. Типы сопряжений балок с колоннами, конструкция, работа и расчет оголовков колонн. Опирающие колонны на фундамент, конструкция, особенности работы и расчет баз колонн; базы для безвыверочного монтажа.	8	4		16		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э
11.	<b>Фермы.</b> Область применения легких и тяжелых ферм, классификация: по статическим схемам, по очертанию поясов, типу решетки, типу сечений стержней, виду соединения и материалу стержней. Компоновка стропильных ферм, генеральные размеры, учет требований унификации, условий эксплуатации, изготовления и перевозки. Особенности расчета ферм: определение нагрузок и внутренних усилий, учет подвижных и внеузловых нагрузок. Обеспечение общей устойчивости ферм, расчетные длины стержней ферм. Выбор типа сечения, подбор и проверка сечения растянутых и сжатых стержней стропильных ферм, учет предельной гибкости. Конструкция, работа и расчет узлов, заводских и укрупнительных стыков стропильных ферм. Конструктивные решения легких ферм с применением широкополочных двутавров и тавров, одиночных уголков, круглых труб, гнутых и гнутосварных профилей.	6	2		16		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.7]	КП, Э
12.	<b>Основы проектирования и компоновки каркаса здания.</b> Область применения, общая характеристика: схема каркаса, поперечные и продольные конструкции, основные элементы каркаса и их функции, металлические и смешанные каркасы. Принципы компоновки, учет эксплуатационных, общестроительных, производственных и экономических требований. Основы компоновки. Унификация объемно-планировочных параметров. Разбивка сетки колонн, температурные швы, их назначение. Выбор поперечной конструкции, типы ригелей, колонн, узловых сопряжений. Компоновка покрытия: состав покрытия, схемы покрытий с прогонами и без прогонов, выбор схемы стропильных и подстропильных ферм и фонарей; связи по покрытию, схемы и основные функции связей при монтаже и эксплуатации.	2	4		12		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3] [3.1.7]	КП, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Компоновка поперечной рамы: определение основных размеров колонн, стропильных ферм, фонарей, учет требований унификации, режима работы мостовых кранов; особенности компоновки многопролетных поперечных рам. Компоновка конструкций каркаса, схемы и основные функции связей по колоннам при монтаже и эксплуатации. Компоновка фахверка продольных и торцевых стен. Компоновка каркасов из легких металлических конструкций комплектной поставки. Складчатые конструкции.							КП, Э
13.	<b>Особенности работы и расчета каркаса здания.</b> Действительная работа стального каркаса: взаимодействие поперечных и продольных конструкций, несущих и ограждающих конструкций, совместная работа каркаса, снований и фундаментов, податливость узловых сопряжений. Выбор расчетной схемы и определение нагрузок на поперечную раму. Практические способы и применение компьютерных программных комплексов для расчета рам. Учет пространственной работы каркаса с жесткой и нежесткой кровлей при расчете поперечной рамы. Сочетания нагрузок и комбинации усилий, принципы определения расчетных усилий в сечениях рамы.	2	2		6		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э
14.	<b>Элементы покрытия.</b> Конструкция и расчет сплошных и сквозных прогонов, крупноразмерных металлических панелей с плоским и профилированным настилом, узлы опирания прогонов и панелей на ригель поперечной рамы. Конструктивное решение каркаса фонаря. Легкие ограждающие металлические конструкции: конструктивные решения, расчет и проектирование. Особенности работы и расчета стропильной фермы в системе поперечной рамы, учет опорных моментов и распора рамы. Конструкция, работа и расчет шарнирного и жесткого примыкания стропильной фермы к колонне. Опирание подстропильной фермы на колонну и стропильной фермы на подстропильную.	3			16		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э
	<i>VIII семестр</i>	32	16	-	86			
15.	<b>Колонны каркаса.</b> Виды колонн, типы сечений, расчетные длины колонн, возможные формы потери устойчивости. Конструкция, подбор и проверка сечения сплошной внецентренно-сжатой колонны, учет требований к местной устойчивости полок и стенки колонны. Конструкция, подбор и проверка сечения сквозной внецентренно-сжатой колонны: устойчивость ветвей и стержня колонны в целом, работа и расчет решетки. Конструкция, особенности работы и расчета основных узлов колонны, выбор расчетных комбинаций усилий: сопряжение надкрановой и подкрановой частей, укрупнительный стык, база, анкерные болты. Конструирование и расчет связей по колоннам.	8	4		16		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16.	<b>Подкрановые конструкции.</b> Общая характеристика: состав конструкций, статические схемы, типы сечений, особенности работы, нагрузки. Действительная работа подкрановых конструкций. Сплошные подкрановые балки: определение расчетных усилий, компоновка сечения, проверка прочности и выносливости, особенности конструирования. Подкрановые фермы с жестким верхним поясом, подкраново-подстропильные фермы, пути подвесных кранов: особенности конструирования, работы и расчета. Сопряжения подкрановых балок и тормозных конструкций с колоннами: особенности работы, конструирования и расчета. Крановые рельсы и их крепления к балкам.	4	4		8		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.4] [3.1.7]	КП, Э
17.	<b>Элементы фахверка.</b> Типы стеновых ограждений производственных зданий, особенности передачи нагрузок и прикрепления к элементам фахверка. Элементы фахверка: назначение, типы сечений, конструкции прикрепления к основным элементам и связям каркаса, особенности работы и расчета.	1			2		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.4], [3.1.7]	КП, Э
18.	<b>Предварительно-напряженные металлические конструкции.</b> Цель предварительного напряжения: повышение эффективности конструкций путем использования высокопрочных материалов, рационального распределения внутренних усилий, повышения устойчивости, выносливости, жесткости. Обзор и анализ методов предварительного напряжения: включение в конструкцию напрягающих элементов, вынужденные начальные деформации и перемещения конструкции в процессе ее изготовления и монтажа, примеры. Предварительное напряжение как способ усиления эксплуатируемых конструкций. Предпосылки применения и экономическая эффективность предварительно-напряженных конструкций. Стадии работы предварительно-напряженной конструкции, особенности учета нагрузок, воздействий и проверок прочности, устойчивости и жесткости на различных стадиях. Методы контроля усилий предварительного напряжения. Материалы, расчетные характеристики, конструкция и особенности работы напрягающих элементов. Конструкция, особенности работы и расчета предварительно-напряженных конструктивных элементов: центрально-растянутых и центрально-сжатых стержней, балок, ферм.	2	4		10		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19.	<b>Листовые конструкции.</b> Область и объем применения, общая характеристика: виды листовых конструкций, особенности эксплуатации, изготовления и монтажа, нагрузки и воздействия, особенности работы листовых конструкций. Требования к листовым конструкциям, принципы рационального проектирования. Напряженное состояние и основы расчета тонких пластинок и оболочек, краевой эффект, устойчивость цилиндрических и сферических оболочек. Резервуары: область применения, классификация, особенности проектирования. Вертикальные цилиндрические резервуары низкого давления: компоновка, конструкция, особенности работы и расчета стенки, днища, кровли. Вертикальные цилиндрические резервуары для нефтепродуктов с повышенной упругостью паров: со сферической, торосферической и сфероцилиндрической кровлей; с плавающей крышей, с понтоном и стационарной кровлей. Горизонтальные цилиндрические резервуары высокого давления: компоновка, конструкция, особенности работы и расчета стенки, днища, опор. Шаровые резервуары высокого давления: компоновка, особенности раскроя, расчет стенки и опор. Газгольдеры: область применения, классификация, особенности проектирования. Газгольдеры низкого давления и переменного объема: особенности эксплуатации, компоновки и конструирования мокрых и сухих газгольдеров. Газгольдеры высокого давления постоянного объема: особенности эксплуатации, компоновки и конструирования цилиндрических и шаровых газгольдеров. Бункеры: область применения, классификация, особенности эксплуатации, нагрузки и воздействия. Бункер с плоскими стенками: конструктивные схемы, компоновка, конструкция, особенности работы и расчета обшивки, ребер жесткости, бункерных балок. Гибкий бункер: конструктивные схемы, компоновка, особенности работы и расчета оболочек или подвесок бункера, бункерных балок. Силосы. Конструктивные решения. Особенности нагрузок и основные расчетные предпосылки. Цилиндрические и конические стенки.	4	2		18		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.5], [3.1.6], [3.1.7]	КП, Э
20.	<b>Конструкции покрытий больших пролетов.</b> Область применения, особенности проектирования, классификация. Плоскостные системы, общая характеристика. Балочные системы: схемы, основные размеры, типы сечений, узлы тяжелых ферм. Рамные системы, статические и конструктивные схемы сплошных и сквозных рам, основные размеры, особенности работы и расчета, узлы. Компоновка большепролетных балочных и рамных систем.	6			10		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.5], [3.1.6], [3.1.7]	КП, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<p>Арочные системы: статические и конструктивные схемы сплошных и сквозных арок, способ восприятия распора, узлы, особенности компоновки покрытия, обеспечение и проверка устойчивости арок. Пространственные системы, общая характеристика, сравнение с плоскостными системами. Перекрестные фермы и структурные стержневые плиты: конструктивные и геометрические схемы, компоновка, типы сечений и узловых сопряжений, схемы опирания, особенности работы и расчета, преимущества и недостатки. Цилиндрические оболочки (своды, длинные оболочки и складки): конструктивные и геометрические схемы, особенности опирания и работы оболочек, типы сечений и узлов сплошных и сетчатых оболочек. Оболочки двоякой кривизны, купола ребристые, ребристо-кольцевые и сетчатые: схемы, компоновка и условия опирания, особенности работы и расчета. Висячие покрытия. Область применения, общая характеристика: части покрытия и их функции, преимущества и недостатки висячих покрытий, особенности работы и способы стабилизации формы покрытий. Классификация покрытий: по материалу и виду основных несущих элементов, по схеме пролетной конструкции, по схеме опорной конструкции. Краткий обзор развития висячих покрытий, их применение и перспектива развития, примеры. Однопоясные системы из гибких нитей: компоновка, особенности работы при возведении и эксплуатации, конструктивные особенности, основы расчета гибких нитей. Однопоясные системы с изгибно-жесткими нитями: компоновка, типы сечений, особенности конструирования, работы и расчета. Двухпоясные системы со стабилизацией нитей в плоскости их провисания: разновидности систем, особенности компоновки, работы и расчета. Седловидные предварительно-напряженные сетки: выбор поверхности покрытия и очертания опорного контура, особенности работы и расчета покрытия и опорного контура на различных стадиях работы. Мембранные покрытия в виде провисающих цилиндрических оболочек и оболочек вращения, седловидных и шатровых оболочек, особенности работы и конструктивного оформления. Комбинированные системы висячих покрытий с применением гибких нитей, мембран и жестких элементов.</p>							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21.	<b>Конструкции многоэтажных зданий.</b> Область применения, общая характеристика: краткий обзор развития, особенности эксплуатации, нагрузок и воздействий на несущие конструкции многоэтажных зданий. Требования к многоэтажным зданиям и учет их при проектировании. Классификация конструктивных систем и особенности их работы: рамные, связевые, рамно-связевые системы, их разновидности. Особенности компоновки различных систем в плане и по высоте здания, учет инженерно-геологических условий и особенности устройства фундаментов и снований. Конструирование элементов и узлов. Особенности расчета несущих конструкций многоэтажных зданий, применение ЭВМ. Совершенствование конструкций многоэтажных зданий: совмещение несущих и ограждающих функций, применение систем повышенной жесткости, предварительное напряжение конструкций, унификация узловых сопряжений, учет требований крупноблочного монтажа.	2	2				[3.1.1], [3.1.2], [3.1.3], [3.1.7]	КП, Э
22.	<b>Конструкции высотных сооружений.</b> Особенности высотных сооружений и действующих на них нагрузок. Общая характеристика высотных сооружений. Нагрузки и воздействия. Башни: общая характеристика, основы расчета и конструирования башен. Мачты антенных сооружений: схемы мачт, основные размеры, размещение оттяжек, формы ствола, типы сечений поясов и решетки, конструкция узлов, особенности работы и расчета ствола и оттяжек. Опоры воздушных линий электропередач. Общая характеристика. Нагрузки и воздействия, основы конструирования и расчета.	2			6		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.5], [3.1.6], [3.1.7]	КП, Э
23.	<b>Основы проектирования металлических конструкций.</b> Основные требования к проектным решениям: удобство эксплуатации, надежность и долговечность сооружений, снижение расхода металла, трудоемкости изготовления и монтажа, быстрота возведения, эстетические качества. Организация проектирования, стадии и этапы проектирования, состав проекта. Нормы проектирования и государственные ТНПА на выполнение проектной документации.	1			8		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.7]	КП, Э
24.	<b>Вариантное проектирование и оценка проектных решений.</b> Определение технико-экономических показателей металлических конструкций на стадии проектирования: методы оценки расхода и стоимости материалов, трудоемкости и стоимости изготовления и монтажа, стоимости перевозки конструкций и эксплуатационных затрат, стоимость конструкций в деле, приведенные затраты.	1			4		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.7]	КП, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25.	<p><b>Основные направления повышения эффективности конструкций.</b> Совершенствование конструктивных решений на основе методов оптимизации конструкций, применения прогрессивных конструктивных форм (тонкостенных, предварительно-напряженных, пространственных и др.), использование эффективных материалов, профилей, заводских и монтажных соединений; совершенствование методов конструирования и расчета, изготовления и монтажа конструкций; повышение сроков коррозионного, физического и морального износа конструкций и культуры их эксплуатации.</p>	1			4		[3.1.1], [3.1.2], [3.1.7]	КП, Э

