

**Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**Учебно-методическое объединение
высших учебных заведений
Республики Беларусь по образованию в области
строительства и архитектуры**

УТВЕРЖДАЮ
Председатель УМО вузов
Республики Беларусь
по образованию в области
строительства и архитектуры
В.Ф.Зверев
“10” марта 2004 г.
Регистрационный номер:
ТД УМОСА-62/тип

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Учебная программа дисциплины
для специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»
высших учебных заведений

М и н с к 2 0 0 5

УДК 624.014(0.75.8)

ББК 38.54

М 54

Составители:

Мартынов Юрий Семенович, профессор кафедры «Металлические и деревянные конструкции» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук;

Башкевич Иван Васильевич, доцент кафедры «Металлические и деревянные конструкции» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук

Рецензенты:

кафедра строительных конструкций Брестского технического университета (заведующий кафедрой кандидат технических наук, профессор Владимир Иванович Драган);

Жибуль Анатолий Владимирович – главный инженер акционерного предприятия «Белпроектстальконструкция»

Рекомендована к утверждению в качестве типовой:

кафедрой «Металлические и деревянные конструкции» БНТУ
(протокол № 9 от 3 февраля 2003 г.)

Зав. кафедрой

В.Ф.Фомичев

Советом строительного факультета БНТУ
(протокол № 6 от 24 февраля 2003 г.)

Председатель Совета

Н. М. Голубев

Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию в области строительства и архитектуры
(протокол № 1 от 1 марта 2004 г.)

© Ю.С. Мартынов, И.В. Башкевич,
составление, 2005

ПРЕДИСЛОВИЕ

Типовая программа дисциплины предназначена для специальности 1-70 02 01 и ее специализаций. При составлении рабочих программ используются только необходимые разделы типовой программы в соответствии с рабочим учебным планом и требованиями целевой подготовки по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

Дисциплина «Металлические конструкции» учебного плана специальности 1-70 02 01 является одной из ведущих дисциплин, формирующей инженерный подход к пониманию устройства и действительной работы конструктивных систем зданий и сооружений и развивающей навыки конструирования и расчета строительных металлических конструкций.

Цель дисциплины – дать студентам знания, необходимые для понимания работы конструктивных элементов и систем, развития навыков инженерного анализа, конструирования и расчета строительных металлических конструкций, подготовка их к профессиональной деятельности в области проектирования металлических конструкций.

Задачи изучения дисциплины:

овладение принципами проектирования, методами компоновки и технико – экономического анализа металлических конструкций;

формирование навыков конструирования и расчета для решения конкретных инженерных задач с использованием норм проектирования, стандартов, справочников, средств автоматизации проектирования.

Учебный материал дисциплины «Металлические конструкции» охватывает шесть разделов.

В первом разделе излагаются основные предпосылки конструирования и расчета: работа материалов, соединений, элементов, методология расчета, принципы проектирования, объединяющие требования экономичности, снижения трудоемкости и сокращения сроков строительства.

Во втором разделе рассматриваются основные типы конструктивных элементов (балки, колонны, фермы), особенности их работы под нагрузкой, компоновка, основы конструирования и расчета.

Третий раздел посвящен вопросам проектирования стальных каркасов одноэтажных производственных зданий с учетом требований эксплуатации, изготовления и возведения конструкций, а также общих архитектурно-строительных требований. Изучение методов компоновки стальных каркасов, их действительной работы, взаимодействия элементов каркаса в единой системе имеет важное значение для формирования инженерного мышления. Здесь рассматриваются также вопросы рационального применения легких металлических конструкций и реконструкции производственных зданий.

В четвертом разделе излагаются основы и особенности компоновки, конструирования и расчета металлических конструкций зданий и сооружений различного назначения с учетом особенностей их эксплуатации, специфики конструктивных форм, прогрессивных конструктивных решений.

Пятый раздел содержит краткие основы экономики металлических конструкций.

Технология сварки строительных конструкций (раздел 6) изучается параллельно соответствующим разделам курса металлических конструкций в объеме, отвечающем требованиям к выпускникам специальности 1-70 02 01. Более полные сведения по технологии сварки, а также практические навыки производства сварочных работ следует перенести на лабораторные занятия.

В каждый раздел дисциплины входит несколько крупных тем, содержание которых может быть подразделено на основные и дополнительные блоки. Конкретное согласование учебного материала основных и дополнительных блоков с видами занятий и учебными часами должно быть предусмотрено в рабочих программах дисциплины.

Содержание теоретического курса закрепляется и углубляется на лабораторных и практических занятиях, в курсовом проектировании, способствующих развитию навыков конструирования и расчета, умения пользоваться нормами проектирования и государственными стандартами, справочниками, средствами автоматизации расчета конструкций.

При составлении рабочих учебных программ из списка рекомендуемых тем практических занятий, лабораторных работ, курсовых проектов выбираются необходимые темы и определяется их количество в соответствии с рабочим учебным планом.

В преподавании дисциплины «Металлические конструкции» должна быть обеспечена преемственность и логическая связь с предшествующими и параллельными дисциплинами («Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Строительные материалы», «Сопротивление материалов», «Строительная механика», «Архитектура»).

Учебная программа рассчитана на 250 часов учебных занятий, из которых 166 часов – аудиторные занятия. Примерное распределение часов аудиторных занятий: 100 часов – лекции, 16 часов – лабораторные занятия и 50 часов – практические занятия.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕМЫ ЛЕКЦИЙ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

В в е д е н и е

Исторический обзор развития металлических конструкций. Общая характеристика: номенклатура и область применения, народнохозяйственное значение, современные конструктивные формы, основные свойства и технические возможности металлических конструкций, их использование при реконструкции и восстановлении зданий и сооружений, при строительстве сооружений, обеспечивающих охрану окружающей среды.

Предпосылки и основные направления технического прогресса, повышение эффективности металлических конструкций.

Раздел 1. ОСНОВЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. 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, ГОСТы и технические условия на стали, категории требований, группы прочности.

Алюминиевые сплавы: классификация по способам производства, упрочнению и химическому составу, свойства алюминиевых сплавов и область их применения в строительстве.

1.2. 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, алюминиевых сплавов, унифицированная диаграмма упругопластической работы строительных сталей.

Влияние различных факторов и условий на характер работы и разрушения металла: виды разрушения, их последствия; сложное напряженное состояние и его влияние на характер разрушения; концентрация напряжений; хрупкое разрушение как процесс развития трещин; влияние предшествующей пластической деформации на работу металла при повторном нагружении; выносливость металла при многократной повторной нагрузке, природа усталостного разрушения, малоцикловая усталость; влияние скорости нагружения, особенности работы

металла при динамическом нагружении, ударная вязкость; влияние температуры на свойства металла, хладноломкость, огнестойкость сталей и алюминиевых сплавов; охрупчивание стали под действием проникающей радиации; 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.

1.3. Основы расчета металлических конструкций

Цель расчета, краткий обзор развития методов расчета, роль отечественных ученых, метод расчета по предельным состояниям, группы и виды предельных состояний, их последствия.

Расчет конструкций по предельным состояниям первой группы. Смысл основного расчетного неравенства. Действительная работа конструкций и обоснование ее расчетной схемы. Нагрузки и воздействия: классификация, нормативные нагрузки, учет изменчивости нагрузок, расчетные нагрузки, коэффициенты надежности 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, коэффициент надежности по материалу, дополнительный коэффициент надежности по временному сопротивлению; коэффициент условий работы конструкций; коэффициент надежности по назначению и ответственности сооружения.

Расчет конструкций по предельным состояниям второй группы, особенности учета нагрузок и свойств конструкций.

Преимущества метода расчета по предельным состояниям, направления его совершенствования.

1.4. Работа и особенности расчета элементов металлических конструкций

Работа и расчет на прочность центрально-нагруженных элементов.

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.

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 стадиях работы, шарнир пластичности при внецентренном растяжении, сжатии.

Расчет элементов на прочность с учетом хрупкого разрушения.

Устойчивость металлических стержней. Потеря устойчивости центрально сжатого стержня: формы потери устойчивости, критические напряжения при упругом и неупругом выпучивании стержня, расчетная длина, гибкость, анализ критических напряжений стержней из сталей различной прочности и алюминиевых сплавов, проверка устойчивости, коэффициент продольного изгиба, условная гибкость стержня.

Потеря устойчивости внецентренно-сжатых и сжато-изогнутых стержней, учет деформированной схемы стержня и его сопротивления выпучиванию в плоскости изгиба в упругопластической стадии работы, влияние гибкости, относительного эксцентриситета, формы сечения; изгибнокрутильная форма потери устойчивости, проверка устойчивости.

Потеря устойчивости плоской формы равновесия изгибаемых элементов: форма потери устойчивости, влияние на устойчивость условий закрепления стержня, характера приложения нагрузки, геометрии сечения.

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

1.5. 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. Оптимизация формы сечений и градации типоразмеров в сортаментах первичных элементов, ГОСТы на стальной прокат, сокращенные сортаменты.

Совершенствование сортамента, новые эффективные профили, обеспечивающие снижение расхода металла и трудоемкости изготовления конструкций.

1.6. Соединения металлических конструкций

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. Особенности работы соединений при многократных повторных нагрузках, влияние концентраторов напряжений. Конструктивные требования к сварным соединениям. Особенности сварных соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов.

Болтовые и заклепочные соединения: область применения, виды болтов и заклепок. Соединения на обычных болтах: конструирование, особенности работы и расчета соединений на сдвигающие усилия, на растяжение, влияние начального

* Самостоятельная управляемая работа

натяжения болтов, проверка прочности соединяемых элементов. Особенности работы и расчета фрикционных соединений на высокопрочных болтах. Работа соединений при многократных повторных нагрузках. Конструктивные требования к болтовым соединениям. Особенности болтовых и заклепочных соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов.

Краткая характеристика новых видов соединений: паяных, клееболтовых, на несущих высокопрочных болтах, самонарезающих винтах, дюбелях, комбинированных заклепках.

1.7. 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 стандарты на выполнение проектной документации.

Основы технологии изготовления металлических конструкций. Организация производственного потока. Краткое ознакомление с основными операциями: на складе металла, в цехах полготовки, обработки, сборосварки, маляропогрузки. Основные сведения о допусках при изготовлении и их влияние на надежность работы конструкций.

Типизация и унификация – основной путь к снижению трудоемкости изготовления металлических конструкций.

* Самостоятельная управляемая работа.

Раздел 2. ЭЛЕМЕНТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. Балки, 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 жесткости и общей устойчивости балок. Местная устойчивость элементов сечения при различном напряженном состоянии, способы проверки и обеспечения местной устойчивости. Конструкция, особенности работы и расчета деталей и узлов составных балок: соединения поясных листов и стенки, опорной части балки, заводских и укрупнительных стыков балок с различными видами соединений.

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

2.2. Центральные сжатые колонны

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

Конструкция и особенности работы сквозных колонн, приведенная гибкость, подбор и проверка сечения 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.

2.3. 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 расчетных внутренних усилий, учет подвижных и внеузловых нагрузок. Обеспечение общей устойчивости ферм в системе покрытия, 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 крупнительных стыков стропильных ферм.

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

Раздел 3. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

3.1. 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. Роль отечественных инженеров и ученых в развитии металлических

конструкций для промышленного строительства, примеры конструктивных решений каркасов.

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, типы кровельных элементов, схемы покрытий с прогонами без прогонов, выбор схемы стропильных и подстропильных ферм и фонарей; связи по покрытию, схемы и основные функции связей при монтаже и эксплуатации; особенности компоновки покрытий с учетом требований крупноблочного и конвейерного монтажа.

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

Компоновка продольных конструкций каркаса: связевая система конструкций, схемы и основные функции связей по колоннам при монтаже и эксплуатации; варианты компоновки с применением подкраново-подстропильных ферм. Компоновка фахверка продольных и торцевых стен. Особенности компоновки универсальных зданий, зданий с подвесными кранами и конвейерами, с устройством в пролете промежуточных путей мостовых кранов. Компоновка каркасов из легких металлических конструкций комплектной поставки типа «Молодечно», «Канск», «Орск», «ЦНИИСК», «Кисловодск». Складчатые конструкции.

3.2. Особенности работы и расчета каркаса здания

Действительная работа стального каркаса: взаимодействие поперечных и продольных конструкций, несущих и ограждающих конструкций, совместная работа каркаса, оснований

и фундаментов, податливость узловых сопряжений. Выбор расчетной схемы и определение нагрузок на поперечную раму. Практические способы и применение ЭВМ для расчета рам. Учет пространственной работы каркаса с жесткой и нежесткой кровлей при расчете поперечной рамы. Принципы определения расчетных усилий в сечениях рамы, сочетания нагрузок и комбинации усилий.

3.3. Элементы покрытия

Конструкция и расчет сплошных и сквозных прогонов, крупноразмерных металлических панелей с плоским и профилированным настилом, опирание 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, 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.

3.4. 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.

3.5. 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.

3.6. 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. Особенности мембранных металлических стеновых ограждений.

3.7. Реконструкция производственных зданий со стальным каркасом*

Физический и моральный износ зданий. Реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий. Обследование конструкций реконструируемых зданий. Дефекты

* Самостоятельная управляемая работа.

и повреждения стальных конструкций. Уточнение свойств стали, нагрузок, расчетной схемы. Проверочные расчеты, оценка влияния дефектов и повреждений, выявление резервов несущей способности.

Усиление конструкций производственных зданий: балок (в том числе подкрановых), стропильных ферм, колонн. Особенности работы и расчета элементов конструкций, усиленных под нагрузкой. Конструирование и расчет усиления соединений металлических конструкций.

Раздел 4. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

4.1. 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.

4.2. 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.

Бункера: 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.

Новые конструктивные решения резервуаров и газгольдеров: с предварительно-напряженной стенкой, с многослойной стенкой, с бандажами, с рулонированием оболочек двойкой кривизны.

4.3. 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, 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. Оболочка

двойкой кривизны, купола ребристые, ребристо-кольцевые и сетчатые: схемы, компоновка и условия опирания, особенности работы и расчета.

Методы рационального проектирования плоскостных и пространственных систем, применение облегченных ограждающих конструкций, высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов, разгружающих консолей, вант, предварительного напряжения элементов и систем в целом.

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.

4.4. 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.

4.5. Конструкции высотных сооружений

Область применения, основные типы конструкций, особенности эксплуатации и проектирования, нагрузки и воздействия.

Башни антенных сооружений: схемы башен, основные размеры, очертание поясов, форма ствола, схемы решетки и диафрагм, типы сечений поясов и элементов решетки, членение на отправочные элементы, конструкция узлов, особенности работы и расчета башни в целом, отдельных элементов и узлов.

Мачты антенных сооружений: схемы мачт, основные размеры, размещение стяжек, форма ствола, типы сечений поясов и решетки, членение ствола на отправочные элементы, конструкция узлов, особенности работы и расчета ствола и стяжек.

* Самостоятельная управляемая работа.

Вытяжные башни, градирни: назначение и основы компоновки.

Опоры линий электропередач, открытых распределительных устройств: типы и схемы опор, нагрузки и воздействия, особенности компоновки, конструкции, работы и расчета опор.

Раздел 5. ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Технико-экономическая 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 дене, приведенные затраты.

5.2. 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.

Раздел 6. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

6.1. Общие сведения о процессе и технологии сварки

Место и роль сварки в технологическом процессе изготовления и монтажа строительных конструкций. Физические основы

получения сварного соединения. Классификация видов сварки. Сварочная дуга как источник тепла. Плавление и перенос электродного металла на изделие. Сущность, схемы, область применения и технико-экономические характеристики основных видов сварки: дуговой, электрошлаковой и контактной.

6.2. Основные свойства сварных соединений

Виды сварных соединений и типы швов: заводских и монтажных. Технологические и эксплуатационные требования к сварным соединениям. Основные факторы процесса сварки, влияющие на свойства сварных соединений: плавление и кристаллизация металла шва и металлургические процессы при сварке; структурные превращения в зоне термического влияния. Влияние температуры изделия при выполнении сварного шва на свойства соединения.

Механизм образования сварочных деформаций и напряжений. Влияние сварочных деформаций и напряжений на работоспособность и точность изготовления конструкций. Мероприятия по уменьшению сварочных деформаций и напряжений на стадии проектирования и изготовления строительных конструкций. Выбор и обоснование рациональной последовательности выполнения швов по длине, сечению и в пространстве.

6.3. Сварка элементов металлических конструкций*

Подготовка металлических элементов под сварку.

Термическая резка: сущность, схема процесса, технико-экономические характеристики. Технология резки: параметры режима резки, оборудование, контроль качества.

Сборка металлических элементов под сварку (балок, колонн, ферм).

* Самостоятельная управляемая работа.

Выбор вида сварки, рода тока и параметров режима сварки, сварочное оборудование. Сварочные материалы: электроды с покрытием, электродная проволока, флюсы и защитные газы, самозащитная порошковая и легированная проволока. Классификация сварочных материалов по государственным стандартам. Рекомендации по выбору сварочных материалов.

Способ выполнения швов по сечению и по длине, влияние способа на качество сварного соединения. Дефекты сварных соединений. Контроль качества сварных соединений. Мероприятия по предупреждению и устранению дефектов соединений.

6.4. Некоторые особенности технологии сварки при изготовлении и монтаже строительных конструкций*

Особенности технологии сварки при изготовлении и монтаже: конструкций покрытий больших пролетов, каркасов многоэтажных зданий, листовых рулонированных конструкций, производственных зданий, высотных инженерных сооружений и др. Особенности технологии сварки арматуры железобетонных изделий и элементов из алюминиевых сплавов. Сварка при реконструкции производственных зданий.

Техника безопасности при производстве сварочных работ: электробезопасность, пожаробезопасность и мероприятия по охране окружающей среды.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Ручная электродуговая сварка электродом с покрытием. Схема сварки и основные параметры. Оборудование, сварочный инструмент и материалы.

* Самостоятельная управляемая работа.

2. Определение параметров сварки. Зажигание дуг и управление дугой. Выполнение стыковых и угловых сварных швов. Определение технологических характеристик элементов.

3. Автоматическая сварка под слоем флюса. Источники питания и оборудование. Определение параметров сварки и выполнение контрольных швов.

4. Полуавтоматическая сварка в среде защитных газов и порошковой проволокой. Источники питания и оборудование. Определение параметров сварки и выполнение контрольных швов.

5. Контактная сварка: стыковая, точечная, шовная. Сущность и основные параметры. Оборудование. Преимущества и недостатки. Контактная точечная сварка сеток и каркасов. Сварка стальных листов.

6. Термическая резка металлов: кислородная, дуговая, воздушно-дуговая, кислородно-дуговая, плазменная. Оборудование и определение параметров термической резки.

7. Сварочные напряжения и деформации. Определение сварочных напряжений при наплавке сварного валика на кромку полосы. Определение поперечной усадки сварного шва в стыковом соединении, общих деформаций, возникающих при сварке таврового элемента.

8. Основные дефекты и контроль качества сварных соединений. Дефекты сварных швов и причины их образования. Методы контроля качества сварных соединений: обычные и физические. Технология.

9. Техника безопасности при термической резке и сварке. Мероприятия по предотвращению поражения электрическим током, по защите от световой радиации, вредных газовых выделений, тепловых ожогов и пожаров.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Конструирование и расчет болтовых соединений.

2. Конструирование и расчет сварных соединений.

3. Подбор и проверка сечений прокатных и составных балок для стадий упругой и упругопластической работы.
4. Проверка местной устойчивости стенки составной балки.
5. Конструирование и расчет укрупнительного стыка сварной балки на высокопрочных болтах.
6. Конструирование и расчет узлов сопряжения балок.
7. Подбор и проверка сечения центрально-сжатой колонны.
8. Конструирование и расчет оголовка и базы центрально-сжатой колонны.
9. Компоновка поперечной рамы и связей производственного здания.
10. Определение нагрузок на поперечную раму при различных схемах компоновки.
11. Расчет поперечной рамы производственного здания на ЭВМ.
12. Подбор и проверка сечений стержней стропильных ферм с различными типами сечений. Конструирование и расчет узлов стропильных ферм.
13. Подбор и проверка сечения внецентренно-сжатых колонн производственного здания.
14. Конструирование и расчет сопряжения верхней и нижней частей и базы ступенчатой внецентренно-сжатой колонны.
15. Конструирование и расчет подкрановой балки.
16. Конструирование и расчет предварительно-напряженных центрально-растянутых элементов и балок.
17. Компоновка, конструирование и расчет вертикальных цилиндрических резервуаров низкого и повышенного давления.
18. Компоновка, конструирование и расчет горизонтальных цилиндрических и шаровых резервуаров высокого давления.
19. Конструирование и расчет узлов тяжелых ферм.
20. Конструирование и расчет узлов каркасов многоэтажных зданий.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1. Курсовой проект «Балочная клетка»

Содержание: разработка вариантов компоновки балочного перекрытия, разработка маркировочной схемы, конструирование и расчет прокатной балки, главной балки, колонны, основных узлов и деталей.

Объем проекта: два листа чертежей формата А2 и пояснительная записка с эскизами, расчетами и обоснованием принятых решений.

2. Курсовой проект «Стальной каркас одноэтажного производственного здания»

Содержание: выбор схемы каркаса, компоновка и расчет поперечной рамы, разработка схемы связей по покрытию и между колоннами, конструирование и расчет стропильной фермы, колонны, основных узлов и деталей каркаса.

Объем проекта: два листа чертежей формата А1 и пояснительная записка с эскизами, расчетами и обоснованием принятых решений.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические конструкции: Общий курс: Учебник для вузов/ Под ред. Г.С. Веденикова. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1998. – 760 с.

2. Металлические конструкции: Учеб. для строит. вузов. В 3 т. / Под ред. В.В. Горева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:

Высшая школа, 2001. – Т. 1. Элементы стальных конструкций. – 527 с. – Т. 2. Конструкции зданий. – 528 с. – Т. 3. Специальные конструкции и сооружения. – 544 с.

3. Металлические конструкции. Специальный курс. – 3-е изд. / Под ред. Е.И. Беленя. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4. Металлические конструкции: Справочник проектировщика. В 3 т. / Под общ. ред. В.В. Кузнецова. – М.: Изд-во АСВ. – Т. 1. Общая часть, 1998. – 576 с. – Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений, 1998. – 512 с. – Т. 3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций, 1999. – 528 с.

5. Проектирование металлических конструкций. Спец. курс: Учеб. пособие для вузов / Под ред В.В. Бирюлева. – Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.

6. Беленя Е.И. Предварительно напряженные металлические несущие конструкции. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1975. – 416 с.

7. Кутухтин Е.Г., Спиридонов В.М., Хромец Ю.Н. Легкие конструкции одноэтажных производственных зданий: Справочник проектировщика. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1988. – 263 с.

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

9. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (Дополнения, разд. 10. Прогибы и перемещения). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 7 с.

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

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

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ

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

Программные разработки кафедр по выполнению курсовых и дипломных проектов.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В учебном процессе используются методические пособия и указания по курсовому и дипломному проектированию, раздаточные материалы и результаты научно-исследовательских работ кафедр.

Учебное издание

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Учебная программа дисциплины
для специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»
высших учебных заведений

Составители: **МАРТЫНОВ Юрий Семёнович**
БАШКЕВИЧ Иван Васильевич

Компьютерная верстка **Е.А. Занкевич**

Подписано в печать 05.01.2005.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 100. Заказ 32.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.