

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра строительных конструкций и технологии строительства

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » _____ 2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
УСТОЙЧИВОСТЬ И ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ**

Б1.В.ДВ.13.02

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

08.03.01 Строительство

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленное и гражданское строительство

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

| | |
|--|-----------|
| 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ | 3 |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ | 4 |
| 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ | 4 |
| 3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения..... | 4 |
| 3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости | 5 |
| 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 5 |
| 4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий | 5 |
| 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам | 6 |
| 4.3 Лабораторные работы..... | 8 |
| 4.4 Практические занятия..... | 8 |
| 4.5. Контрольные мероприятия..... | 9 |
| 5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 10 |
| 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 11 |
| 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 11 |
| 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 12 |
| 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 12 |
| 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ. | 13 |
| 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 37 |
| 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 38 |
| Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине..... | 39 |
| Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины | 44 |
| Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе | 45 |

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к изыскательскому и проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины как спецкурса по строительной механике является формирование у обучающихся базовых знаний по расчету зданий и сооружений, принципов проектирования, необходимых при решении профессиональных и научно-исследовательских задач.

Задачи дисциплины

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость в условиях действия постоянных и переменных во времени нагрузок;
- изучение основ расчета строительных конструкций на сейсмическое воздействие.

| Код компетенции | Содержание компетенций | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|-----------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| ПК-5 | знание требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – способы безопасности жизнедеятельности в критических ситуациях, в частности при сейсмическом воздействии; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечить требования по охране труда в связи с потерей устойчивости некоторых конструкций в стадии монтажа, эксплуатации и реконструкции объекта; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами защиты окружающей среды при неблагоприятных воздействиях, в том числе, при динамических нагрузках. |
| ПК-13 | знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований; – основы выбора методики и формулирования конкретных задач по тематике исследований, на основе изучения научно-технической информации, анализа отечественного и зарубежного опыта; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и критического подхода при анализе литературных и патентных источников, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований; – использовать научно-техническую информацию, анализ отечественного и зарубежного опыта для выбора методики и формулирования конкретных задач по тематике исследований; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками и приемами подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников, |

| | | |
|--|--|---|
| | | отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований; - навыками и приемами использования научно-технической информации, анализа отечественного и зарубежного опыта для выбора методики и формулирования конкретных задач по тематике исследований. |
|--|--|---|

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.13.02 Устойчивость и динамика сооружений относится к элективной части.

Дисциплина Устойчивость и динамика сооружений базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как Физика, Математика, Теоретическая механика, Техническая механика, Сопротивление материалов, Строительная механика.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Устойчивость и динамика сооружений представляет основу для изучения дисциплин: Обследование и испытание зданий и сооружений, Спецкурс по проектированию железобетонных конструкций, Реконструкция зданий и сооружений, УИРС, преддипломной практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

| Форма обучения | Курс | Семестр | Трудоемкость дисциплины в часах | | | | | | Контрольная работа | Вид промежуточной аттестации |
|-------------------------------|------|---------|---------------------------------|------------------|--------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|
| | | | Всего часов | Аудиторных часов | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Очная | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Заочная | 5 | - | 72 | 20 | 8 | - | 12 | 48 | - | зачет |
| Заочная (ускоренное обучение) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Очно-заочная | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

| Вид учебных занятий | Трудо- емкость. час. | в т.ч. в интерактивной, активной, иннова- ционной формах, час. | Распределение по курсам, час |
|--|----------------------------|--|---------------------------------|
| | | | 5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего) | 20 | 6 | 20 |
| Лекции (Лк) | 8 | 2 | 8 |
| Практические занятия (ПЗ) | 12 | 4 | 12 |
| Групповые (индивидуальные) консультации | + | - | + |
| II. Самостоятельная работа обучающихся (СР) | 48 | - | 48 |
| Подготовка к практическим занятиям | 38 | - | 38 |
| Подготовка к зачету | 10 | - | 10 |
| III. Промежуточная аттестация зачет | + | - | + |
| Общая трудоемкость дисциплины ... час. | 72 | - | 72 |
| зач. ед. | 2 | - | 2 |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

| № раз- дела и темы | Наименование раздела и тема дисциплины | Трудо- ем- кость, (час.) | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.) | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|--|------------------------------|--|
| | | | учебные занятия | | самостоятельная работа обучаю- щихся |
| | | | лекции | практи- ческие занятия | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины | 6 | 0,5 | 1,5 | 4 |
| 1.1. | Устойчивость и динамика сооружений – спецкурс по строительной механике. Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами. | 6 | 0,5 | 1,5 | 4 |
| 2. | Устойчивость сооружений | 38 | 3,5 | 5,5 | 29 |
| 2.1. | Основные понятия устойчивости сооружений: виды потери устойчивости, степени свободы, методы решения. | 5 | 1 | - | 4 |
| 2.2. | Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы (статический, энергетический методы). | 7,5 | 0,5 | 1 | 6 |
| 2.3. | Устойчивость прямолинейного упругого стержня. Задача Эйлера. | 7,5 | 1 | 1,5 | 5 |
| 2.4. | Расчет плоских рам на устойчивость. | 18 | 1 | 3 | 14 |
| 3. | Динамический расчет сооруже- ний | 24 | 4 | 5 | 15 |

| | | | | | |
|--------------|---|-----------|----------|-----------|-----------|
| 3.1. | Основные понятия динамики сооружений: виды динамических нагрузок, степени свободы, методы решения. | 3 | 1 | - | 2 |
| 3.2. | Основные способы составления уравнений движения. Свободные колебания системы с одной степенью свободы. | 7 | 1 | 2 | 4 |
| 3.3. | Вынужденные колебания системы при действии вибрационной нагрузки. Особенности динамического расчета рам на вибрационную нагрузку. | 8 | 1 | 3 | 4 |
| 3.4. | Понятие о расчете сооружений на сейсмическое воздействие. | 6 | 1 | - | 5 |
| ИТОГО | | 68 | 4 | 12 | 48 |

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

| <i>№ раздела и темы</i> | <i>Наименование раздела и темы дисциплины</i> | <i>Содержание лекционных занятий</i> | <i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> |
|-------------------------|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины | | |
| 1.1. | Устойчивость и динамика сооружений – спецкурс по строительной механике. Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами. | <p>Строительная механика, как механика инженерных конструкций и сооружений – наука об их прочности, жесткости, устойчивости, надежности и долговечности. Устойчивость и динамика сооружений представляет собой спецкурс по строительной механике.</p> <p>Целью изучения данной дисциплины является формирование у обучающихся базовых знаний по расчету зданий и сооружений, необходимых для их проектирования или реконструкции. Задачами изучения дисциплины «Устойчивость и динамика сооружений» являются: изучение методов расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость в условиях действия постоянных и переменных во времени нагрузок; изучение основ расчета строительных конструкций на сейсмическое воздействие.</p> <p>Умение решать задачи основного и специального курса строительной механики составляет основное ядро профессиональных компетенций (ПК-1; ПК-14), согласно которым бакалавр на основе нормативной базы и принципов проектирований зданий и сооружений должен овладеть аналитическими и программными методами их</p> | - |

| | | | |
|-----------|--|--|---------------------------|
| | | расчета. В данной дисциплине рассматриваются основы расчета сооружений на устойчивость и динамические воздействия. | |
| 2. | Устойчивость сооружений | | |
| 2.1. | Основные понятия устойчивости сооружений: виды потери устойчивости, степени свободы, методы решения. | Понятие устойчивости конструкций. Устойчивая, неустойчивая форма равновесия. Критическое положение равновесия. Бифуркация – раздвоение форм равновесия. Критическая нагрузка. Потеря устойчивости. Формы потери устойчивости. Методы определения критических нагрузок. Определение числа степеней свободы при расчете на устойчивость. | - |
| 2.2. | Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы (статический, энергетический методы). | Устойчивость прямолинейного стержня с одной степенью свободы. Расчет статическим и энергетическим методом. Критерии устойчивости стержней. Устойчивость систем с двумя степенями свободы. Определение критических сил и форм потери устойчивости. | - |
| 2.3. | Устойчивость прямолинейного упругого стержня. Задача Эйлера. | Устойчивость стержней постоянной жесткости ($EJ=const$). Число степеней свободы и форм потери устойчивости равно ∞ . Необходимо определить спектр критических сил и уравнение форм потери устойчивости $y(x)$. решение задачи Эйлера статическим методом. Примеры определения критических сил для прямолинейного упругого стержня при разных способах закрепления концов стержня. | - |
| 2.4. | Расчет плоских рам на устойчивость. | Задача расчета плоских рам на устойчивость при узловом приложении нагрузки. Расчет рам на устойчивость методом перемещений. Выбор основной системы метода перемещений. использование таблиц метода перемещений для сжатых стержней. Канонические уравнения метода перемещений. Определение реакций в сжатых стержнях в зависимости от параметра нагрузки v . Определение критических сил для рамы. Критерий устойчивости рамы. | Слайд-презентация (1 час) |
| 3. | Динамический расчет сооружений | | |
| 3.1. | Основные понятия динамики сооружений: виды динамических нагрузок, степени свободы, методы решения. | Виды динамических нагрузок. Инерционные силы. Коэффициент динамичности. Цель динамического расчета. Определение инерционных сил и построение эпюр динамических усилий. Колебания при действии вибрационной нагрузки. Свободные и вынужденные колебания и их характеристики. Число степеней свободы системы при динамическом действии нагрузки. Динамическая расчетная схема сооружения. | - |
| 3.2. | Основные способы составления уравне- | Принцип Даламбера для составления уравнения движения при вынужденных | - |

| | | | |
|------|---|--|---------------------------|
| | ний движения. Свободные колебания системы с одной степенью свободы. | колебаниях системы с одной степенью свободы с учетом и без учета затухания. Определение круговой частоты собственных колебаний системы ω и уравнения форм собственных колебаний системы с одной степенью свободы. Уравнение свободных колебаний системы с учетом сил сопротивления. | |
| 3.3. | Вынужденные колебания системы при действии вибрационной нагрузки. Особенности динамического расчета рам на вибрационную нагрузку. | Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при вибрационной нагрузке. Общее решение уравнения движения при вынужденных колебаниях. Неустановившийся и установившийся процесс. Динамический коэффициент. Явление резонанса. Особенности динамического расчета рам. | - |
| 3.4. | Понятие о расчете сооружений на сейсмическое воздействие. | Понятие о расчете сооружений на сейсмическое воздействие. Сейсмическое воздействие на сооружение как результат кинематического воздействия. Расчет системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления. Использование метода сил или метода перемещений для определения сейсмических сил. Метод спектральных кривых, заложенный в нормах проектирования на сейсмостойкость. | Слайд-презентация (1 час) |

4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Практические занятия

| <i>№ п/п</i> | <i>Номер раздела дисциплины</i> | <i>Наименование тем практических занятий</i> | <i>Объем (час.)</i> | <i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> |
|--------------|---------------------------------|--|---------------------|--|
| 1 | 1. | Расчет статически неопределимых систем по методу перемещений. | 1,5 | - |
| 2 | 2. | Расчет на устойчивость систем с несколькими степенями свободы. | 1 | - |
| 3 | 2. | Примеры определения критических сил для центрально сжатого упругого стержня с разными закрепленными концами. | 1,5 | Слайд-презентация (1 час) |
| 4 | 2. | Расчет плоских рам на устойчивость на основе метода перемещений. | 3 | Разбор конкретных ситуаций (1,5 часа) |
| 5 | 3. | Определение частоты собственных колебаний системы с одной и несколькими степенями свободы. | 2 | - |
| 6 | 3. | Расчет плоских рам на вибрационную нагрузку. | 3 | Разбор конкретных ситуаций (1,5 часа) |
| ИТОГО | | | 12 | 4 |

4.5. Контрольные мероприятия

Учебным планом не предусмотрено.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| <i>№, наименование разделов дисциплины</i> | <i>Компетенции</i> | <i>Кол-во часов</i> | <i>Компетенции</i> | | <i>Σ комп.</i> | <i>t_{ср}, час</i> | <i>Вид учебных занятий</i> | <i>Оценка результатов</i> |
|---|--------------------|---------------------|--------------------|-----------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | | <i>ПК</i> | | | | | |
| | | | <i>5</i> | <i>13</i> | | | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины. | | 6 | + | + | 2 | 3 | Лк, ПЗ, СР | зачет |
| 2. Устойчивость сооружений. | | 38 | + | + | 2 | 19 | Лк, ПЗ, СР | зачет |
| 3. Динамический расчет сооружений. | | 24 | + | + | 2 | 12 | Лк, ПЗ, СР | зачет |
| | <i>всего часов</i> | 68 | 34 | 34 | 2 | 34 | - | - |

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Коваленко, Г. В. Примеры расчета плоских стержневых систем: учебно-методическое пособие / Г. В. Коваленко, И. В. Дудина. - Братск: БрГУ, 2014. - 126 с. Рекомендации для самостоятельной работы – стр. 4-120.

2. Коваленко Г. В., Дудина И.В. Расчет плоских рам на устойчивость: методические указания и контрольные задания. – Братск: Изд-во БрГУ, 2017. – 32 с. Рекомендации для самостоятельной работы – стр. 14-32.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| № | <i>Наименование издания</i> | <i>Вид занятия</i> (Лк, ПЗ, СР) | <i>Количество экземпляров в библиотеке,</i> шт. | <i>Обеспеченность</i> (экз./чел.) |
|----------------------------------|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Основная литература | | | | |
| 1. | Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. 256 с. | Лк, ПЗ, СР | 10 | 0,5 |
| 2. | Шеин, А.И. Краткий курс строительной механики: учебник для вузов / А. И. Шеин. – Москва: Бастет, 2011. – 272 с. | Лк, ПЗ | 20 | 1,0 |
| 3. | Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах: учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М.: АСВ, 2014. – 224 с. | ПЗ, СР | 25 | 1,0 |
| Дополнительная литература | | | | |
| 4. | Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. н 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с. | Лк, ПЗ, СР | 10 | 1,0 |
| 5. | Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ, 1996. – 541 с. | Лк, ПЗ, СР | 49 | 1,0 |
| 6. | Саргсян А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: учебник/ А.Е.Саргсян.- М.: Высш. шк., 2004.- 462с. | Лк, ПЗ, СР | 38 | 1,0 |
| 7. | Санжаровский Р.С. Теория расчета строительных конструкций на устойчивость и современные нормы: Учеб. пособие для вузов.- М.: АСВ, 2002.- 127с. | Лк, ПЗ, СР | 20 | 0,5 |
| 8. | Дукарт А.В. Динамический расчет балок и рам: Учеб. пособие для вузов.- М.: АСВ, 2002.- 144с. | Лк, ПЗ, СР | 10 | 0,2 |
| 9. | Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем: учебное пособие для вузов / А.М. Масленников.– М.: АСВ, 2000. – 204 с. | Лк, ПЗ, СР | 25 | 0,8 |
| 10. | Амосов А.А., Сеницын С.Б. Основы теории сейсмостойкости сооружений: Учеб. пособие. Изд-во АСВ, 2001. – 96 с. | Лк, СР | 25 | 1,0 |
| 11. | Дарков А. В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1986.– 606с. | Лк, ПЗ, СР | 25 | 1,0 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|--|---------------|----|-----|
| 12. | Строительная механика. динамика и устойчивость сооружений./ Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат1984. – 416 с. | Лк, ПЗ, СР | 47 | 1,0 |
| 13. | Клейн Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем).- М.: Высшая школа, 1972. – 318 с. | ПЗ, СР | 12 | 0,5 |
| 14. | Коваленко, Г. В. Примеры расчета плоских стержневых систем: учебно-методическое пособие / Г. В. Коваленко, И. В. Дудина. - Братск: БрГУ, 2014. - 126 с. | ПЗ, СР | 52 | 1,0 |
| 15. | Коваленко Г. В., Дудина И.В. Расчет плоских рам на устойчивость: методические указания и контрольные задания. - Братск: БрГУ, 2017. - 32 с. | ПЗ, СР | 41 | 1,0 |

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для освоения обучающимися дисциплины и достижения запланированных результатов обучения, учебным планом предусмотрены практические занятия, самостоятельная работа.

В условиях рейтинговой системы контроля результаты текущего оценивания студента используются как показатель его текущего рейтинга.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины. Внутренняя установка обучающегося на самостоятельную работу делает его учебную деятельность целеустремленным, активным и творческим процессом, насыщенным личностным смыслом обязательных достижений. Обучающийся, пользуясь рабочей программой, основной и дополнительной литературой, сам организует процесс познания. В этой ситуации преподаватель лишь опосредованно управляет его деятельностью.

Самостоятельная работа способствует сознательному усвоению, углублению и расширению теоретических знаний; формируются необходимые профессиональные умения и навыки и совершенствуются имеющиеся; происходит более глубокое осмысление методов научного познания конкретной науки, овладение необходимыми умениями творческого познания.

Основными формами такой работы являются:

- конспектирование лекций и прочитанного источника;
- проработка материалов прослушанной лекции;
- самостоятельное изучение программных вопросов, указанных преподавателем на лекциях и выполнение домашних заданий;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Практическое занятие № 1 – Расчет статически неопределимых систем по методу перемещений.

Цель работы: Получить практические навыки и умение рассчитывать статически неопределимые рамы методом перемещений.

Задание:

Требуется для конструкции (рис. 1) определить внутренние усилия (построить эпюры M , Q , N). Выполнить проверки расчетов.

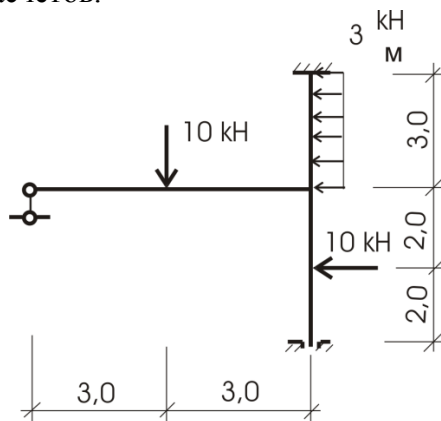


Рис.1

Порядок выполнения:

Определим степень кинематической неопределимости системы: $n = n_y + n_n = 1 + 1 = 2$

а) Основная система показана на рисунке 2. Одно угловое неизвестное и одно линейное.

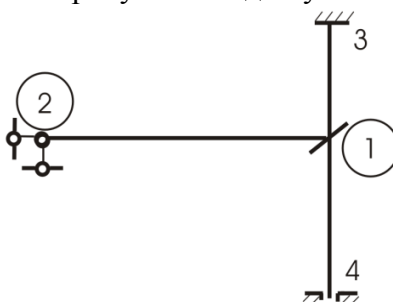


Рис.2

б) Канонические уравнения:

$$\begin{cases} r_{11} \cdot z_1 + r_{12} z_2 = -R_{1p}; \\ r_{21} \cdot z_1 + r_{22} z_2 = -R_{2p}. \end{cases}$$

$$r_{11} \cdot z_1 + r_{12} z_2 = -R_{1p};$$

$$r_{21} \cdot z_1 + r_{22} z_2 = -R_{2p}.$$

Для вычисления r_{ik} и R_{ip} построим эпюры моментов от перемещений связей M_1 (рис. 3) и M_2 (рис. 4). Вырезая узел со связью 1 из M_1 и рассмотрев его равновесие, получим:

$$r_{11} = 1 + 0,5 + 1,333 = 2,8333.$$

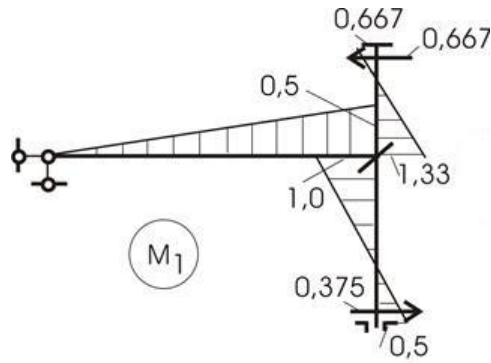


Рис.3

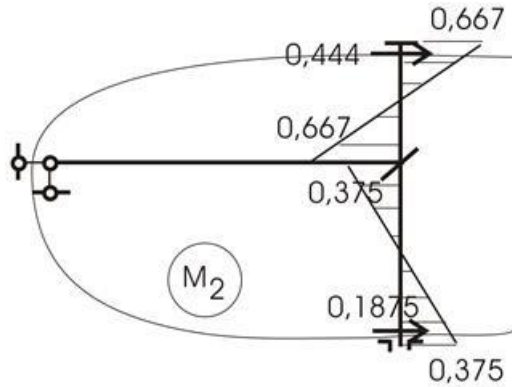


Рис.4

Проведя сечение по опорам из M_2 , найдем:

$$r_{22} = 0,444 + 0,1875 = 0,6315.$$

Вырежем узел со связью 1 из M_2 , определим

$$r_{21} = r_{12} = -0,292.$$

Эпюра M_p приведена на рисунке 5.

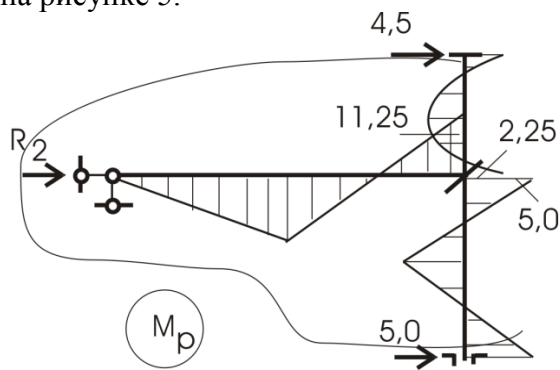


Рис.5

Вырезание узла со связью 1 (рис. 6) позволяет вычислить R_{ip} :

$$R_{ip} = -5 + 2,25 + 11,25 = +8,5.$$

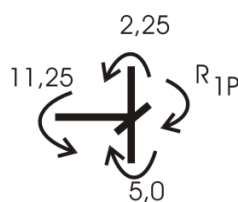


Рис.6

Сечение второй связи и опор рамы дает R_{2P} :

$$\sum x = 0; R_{2P} - 4,5 - 5 + 10 + 9 = 0; R_{2P} = -9,5.$$

в) Решение системы дает величину перемещений наложенных связей:

$$-2,833 \cdot z_1 - 0,292 \cdot z_2 = -8,5.$$

$$-0,292 \cdot z_1 + 0,6315 \cdot z_2 = 9,5.$$

$$z_1 = -1,523; z_2 = 14,339.$$

г) Эпюру $M_{ок}$ построим по принципу:

$$M_{ок} = M_1 \cdot z_1 + M_2 \cdot z_2 + M_P.$$

Эпюры $M_1 \cdot z_1$ и $M_2 \cdot z_2$ представлены на рисунке 7, а, б.

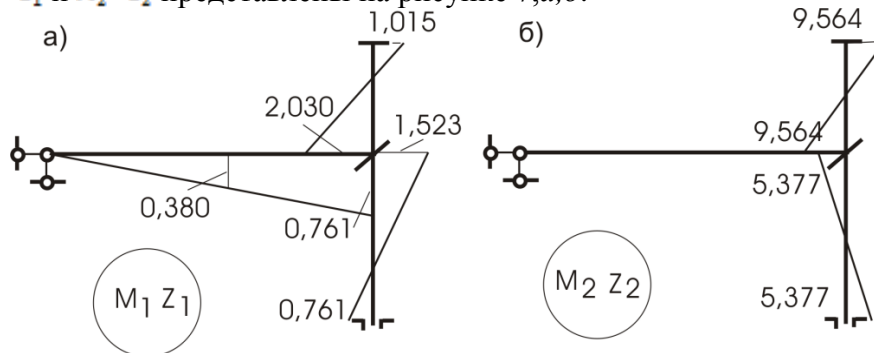


Рис. 7

Окончательная эпюра моментов показана на рисунке 8.

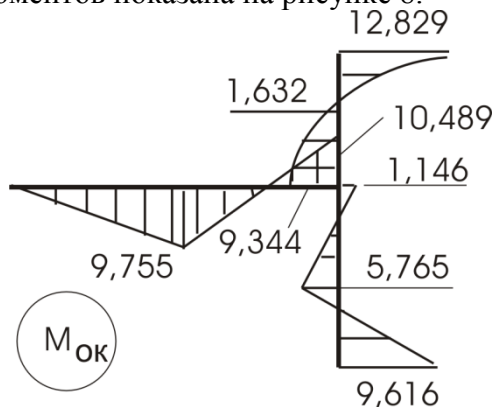


Рис. 8

д) **Статическая проверка.**

Равновесие узла 1 (рис. 9) удовлетворяет условию равновесия:

$$10,489 = 10,49.$$

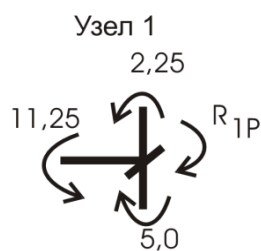


Рис. 9

Кинематическая проверка.

Выбираем основную систему метода сил и приложим в опору 2 по вертикали силу $P=1$. Построим от нее M_I (рис. 10). Перемножим полученные эпюры M_I и $M_{ок}$:

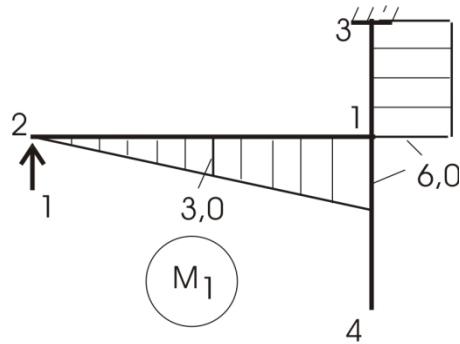


Рис.10

$$\Delta = \left(12,829 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} - 9,344 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} - \frac{2}{3} \cdot 3,375 \cdot 3 \right) \cdot 6 + \\ + 9,775 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + 9,755 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \left(3 + \frac{1}{3} \cdot 3 \right) - 10,489 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \left(3 + \frac{2}{3} \cdot 3 \right) = \\ = -9,138 + 87,795 - 78,667 = -0,01.$$

Погрешность составляет:

$$\frac{0,01}{87,795} \cdot 100\% = 0,01\%$$

По эюре $M_{ок}$ строим эюру $Q_{ок}$ уже разобранными ранее приемами (рис. 11,а), по $Q_{ок}$ построим эюру $N_{ок}$ (рис. 11,б).

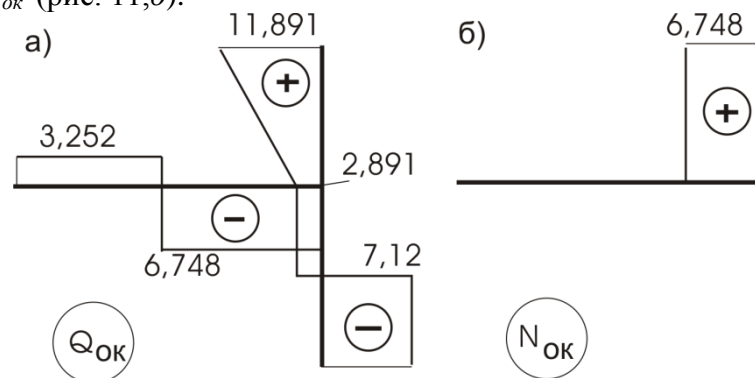


Рис.11

Форма отчетности: Выполнить задание на практическом занятии в рабочей тетради.

Задания для самостоятельной работы:

1. Повторение лекционного материала.
2. Изучить алгоритм расчета статически неопределимых систем по методу перемещений.
3. Освоить выполнение всех проверок, которые необходимы соблюдать при расчете.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Определить степень кинематической неопределимости системы.
2. выбор основной системы метода перемещений.
3. Составление канонических уравнений.
4. Рассматриваем единичные и грузовое состояния основной системы для построения соответствующих эюр моментов.
5. Определение коэффициентов системы канонических уравнений. Проверка правильности их определения.
6. Решение системы канонических уравнений и определение неизвестных перемещений.
7. Построение итоговой эюры моментов и ее проверка.
8. Построение эюр Q и N .

Основная литература

1. Шейн, А.И. Краткий курс строительной механики : учебник для вузов / А. И. Шейн. – Москва : Бастет, 2011. – 272 с.

2. Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М. : АСВ, 2014. – 224 с.

Дополнительная литература

1. Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. н 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с.

2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ,1996. – 541 с.

3. Дарков А. В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов.- 8-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш.шк, 1986.- 606с.

4. Коваленко, Г. В. Примеры расчета плоских стержневых систем: учебно-методическое пособие / Г. В. Коваленко, И. В. Дудина. - Братск: БрГУ, 2014. - 126 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение статически неопределимых систем.
2. Какие классические методы используются при расчете статически неопределимых систем?
3. Дайте определение степени кинематической неопределимости заданной системы.
4. Поясните физический смысл коэффициентов канонических уравнений метода перемещений при неизвестных.
5. Поясните физический смысл свободных членов в канонических уравнениях метода перемещений.
6. Как выполняется проверка правильности окончательной эпюры изгибающих моментов?

Практическое занятие № 2 – Расчет на устойчивость систем с несколькими степенями свободы.

Цель работы: Получить практические навыки и умение рассчитывать на устойчивость стержневые системы с двумя степенями свободы.

Задание: Расчет на устойчивость системы с двумя степенями свободы (рис. 1). Требуется определить критические силы и формы потери устойчивости системы.

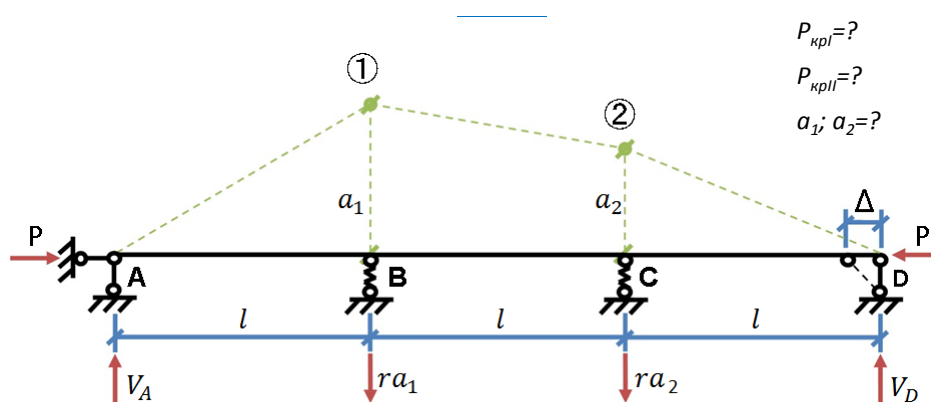


Рис. 1

Исходные данные:

$a_1; a_2$ – параметры формы потери устойчивости.

Число степеней свободы $m=2$

$ra_1; ra_2$ – реакции в упруго податливых опорах.

Порядок выполнения:

Обозначим

$a_1; a_2$ – параметры формы потери устойчивости.

Число степеней свободы $m=2$

$ra_1; ra_2$ – реакции в упруго податливых опорах.

Определяем из условий равновесия системы в деформированном состоянии реакции на опорах А и D:

$$\begin{cases} \sum M_A = 0 \rightarrow V_D \\ \sum M_D = 0 \rightarrow V_A \end{cases}$$

$$ra_1 \cdot l + ra_2 \cdot 2l - V_D \cdot 3l = 0$$

$$V_D = \frac{l(a_1 + a_2)}{3l} = \frac{r}{3}(a_1 + 2a_2)$$

$$V_A = \frac{r}{3}(2a_1 + a_2)$$

Необходимо получить соотношение параметров a_1 и a_2 , определяющих формы потери устойчивости. Расчет может выполняться статическим и энергетическим методами.

Статический метод

$$\begin{cases} \sum M_1^{\text{лев}} = 0 \\ \sum M_2^{\text{прав}} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{r}{3}(2a_1 + a_2)l - Pa_1 = 0 \\ \frac{r}{3}(a_1 + 2a_2)l - Pa_2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} (2rl - 3P)a_1 - rla_2 = 0 \\ rla_1 + (2rl - 3P)a_2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

1) $a_1=a_2=0$ – первоначальная форма равновесия

2) $a_1 \neq 0; a_2 \neq 0$

Система (3) будет иметь ненулевые решения, если определитель, составленный из коэффициентов системы будет $\neq 0$:

$$D = \begin{vmatrix} (2rl - 3P) & rl \\ rl & (2rl - 3P) \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

$$(2rl - 3P)^2 - (rl)^2 = 0 \quad (5)$$

Определяем критические значения силы P , соответствующие 1-ой и 2-ой формам потери устойчивости.

$$\begin{cases} P_{крI} = \frac{rl}{3} \\ P_{крII} = rl \end{cases}$$

Критерий устойчивости - $P \leq P_{кр \min}$

Определяем параметры a_1, a_2 для каждой формы потери устойчивости.

a_1, a_2 находятся из решения системы (3)

1-я форма потери устойчивости $a_1 = -a_2$

2-я форма потери устойчивости $a_1 = a_2$

Симметричная и кососимметричная форма потери устойчивости представлены на рис. 2.

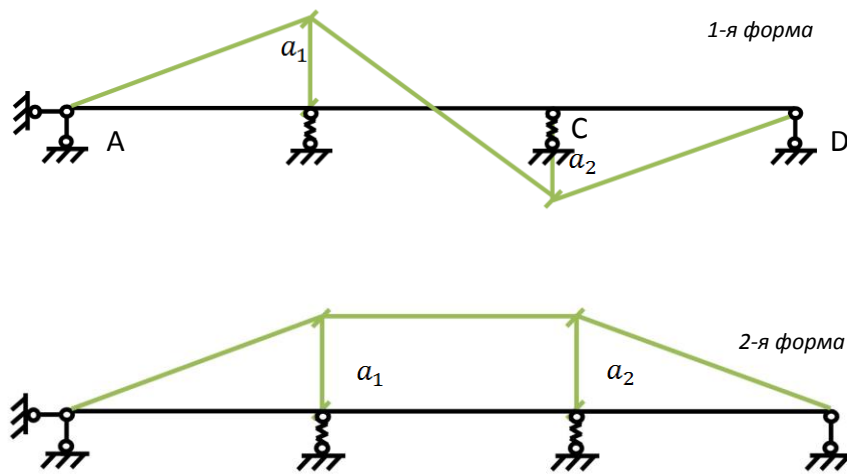


Рис. 2

Форма отчетности. Выполнить задание на практическом занятии в рабочей тетради и использовать его при подготовке к зачету.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработка лекционного материала.
2. Решить задачу энергетическим методом.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Определить число степеней свободы системы при расчете на устойчивость.
2. Изучить основной алгоритм расчета на устойчивость статическим и энергетическим методом.
3. Уяснить, что для каждой формы потери устойчивости системы получается свое значение критической силы. Наибольшую опасность для конструкции имеет наименьшее значение критической силы.
4. Знать критерий устойчивости системы: $P \leq P_{кр \min}$.

Основная литература:

1. Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 256 с.
2. Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. - М. : АСВ, 2014. - 224 с.

Дополнительная литература

1. Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. н 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ,1996. – 541 с.
3. Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем: учебное пособие для вузов / А.М. Масленников.– М.: АСВ, 2000. – 204 с.
4. Строительная механика. динамика и устойчивость сооружений./ Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат1984. – 416 с.
5. Клейн Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем).- М.: Высшая школа, 1972. – 318 с.

6.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое устойчивость системы.
2. Какие возможны формы равновесного состояния системы.
3. Дайте определение критического состояния системы.
4. Что такое потери устойчивости системы.
5. Какие различают виды потери устойчивости.
6. Какие существуют методы определения критических нагрузок.
7. Критерии определения устойчивости упругих систем.
8. Суть статического критерия проверки устойчивости.
9. Сколько форм потери устойчивости может иметь заданная система с определенным количеством степеней свободы.

Практическое занятие № 3 – Примеры определения критических сил для центрально сжатого упругого стержня с разными закреплениями концов.

Цель работы: Получить практические навыки и умение рассчитывать на устойчивость центрально-сжатые упругие стержни.

Задание: Для заданных упругих стержней (рис. 1, 2, 3, 4) определить критические силы $P_{кр}$ и расчетные длины стержней.

Порядок выполнения:

Определяем критическую силу согласно формуле Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2} \quad (1)$$

$$EJ = const$$

$$\mu = 1$$

l_0 – расчетная длина стержня равна длине волны синусоиды, по которой проходит 1-я форма устойчивости.

$$l_0 = l$$

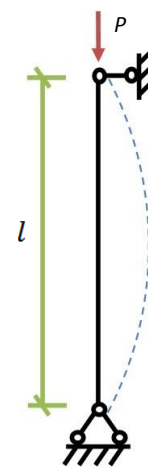


Рис. 1

$$P_{кр} = \frac{4\pi^2 EJ}{l^2} \quad (2)$$

$$l_0 = 0,5l$$

$$\mu = 0,5$$

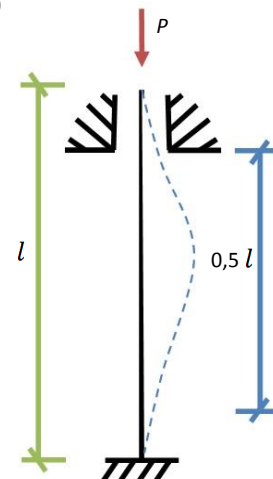


Рис. 2

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{4l^2} \quad (3)$$

$$l_0 = 2l$$

$$\mu = 2$$

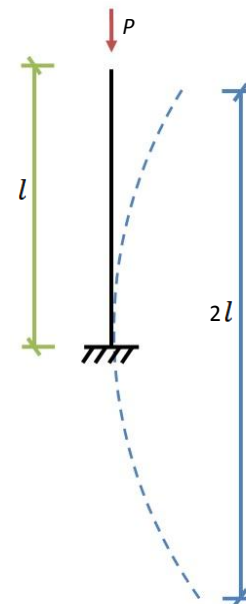


Рис. 3

$$P_{кр} = \frac{2,05\pi^2 EJ}{l^2} \quad (4)$$

$$l_0 = 0,7l$$

$$\mu = 0,7$$

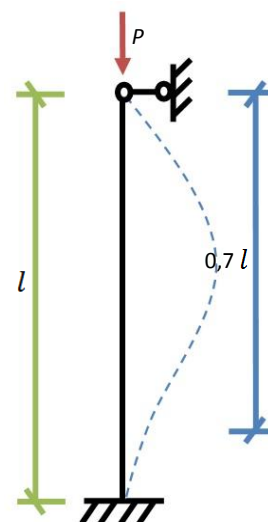


Рис. 4

Выразим эти формулы единообразно:

Для этого выразим l_0 через фактическую длину стержня l .

Вводим коэффициент μ :

$$l_0 = \mu \cdot l \quad (5)$$

μ – коэффициент, который зависит от способов закрепления концов стержня и определяет длину волны синусоиды, по которой происходит потеря устойчивости.

Проанализировав формулы с (1) по (4) и с учетом формулы (5) можно записать:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} \quad (6)$$

Формула Эйлера в общем виде:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2} \quad (7)$$

Форма отчетности: Выполнить задание на практическом занятии в рабочей тетради.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработка лекционного материала.
2. Освоить алгоритм определения критической нагрузки для сжатых стержней статическим методом.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Определить число степеней свободы системы при расчете на устойчивость.
2. Изучить расчет на устойчивость систем статическим и энергетическим методом.
3. Уяснить, что для каждой формы потери устойчивости системы получается свое значение критической силы. Наибольшую опасность для конструкции имеет наименьшее значение критической силы.
4. Знать критерий устойчивости системы: $P \leq P_{кр \min}$.

Основная литература:

1. Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 256 с.
2. Шеин, А.И. Краткий курс строительной механики : учебник для вузов / А. И. Шеин. – Москва: Бастет, 2011. – 272 с.
3. Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М. : АСВ, 2014. – 224 с.

Дополнительная литература

1. Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. н 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ, 1996. – 541 с.
3. Саргсян А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: учебник/ А.Е.Саргсян.- М.: Высш. шк., 2004.- 462с.
4. Санжаровский Р.С. Теория расчета строительных конструкций на устойчивость и современные нормы: Учеб. пособие для вузов.- М.: АСВ, 2002.- 127с.
5. Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем: учебное пособие для вузов / А.М. Масленников.– М.: АСВ, 2000. – 204 с.
6. Дарков А. В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1986.– 606с.
7. Строительная механика. динамика и устойчивость сооружений./ Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат 1984. – 416 с.

8. Клейн Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем).- М.: Высшая школа, 1972. – 318 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое устойчивость системы.
2. Что такое потеря устойчивости системы.
3. Как определяется число степеней свободы системы при расчете на устойчивость.
4. Какие существуют методы определения критических нагрузок.
5. Критерии определения устойчивости упругих систем.
6. Физический смысл расчетной длины l_0 сжатого стержня.
7. От чего зависит расчетная длина стержня.
8. Формула Эйлера для определения критической нагрузки сжатого упругого стержня.

Практическое занятие № 4 – Расчет плоских рам на устойчивость на основе метода перемещений.

Цель работы: Получить практические навыки по расчету на устойчивость плоских статически неопределимых рам.

Задание:

Для заданной рамы (рис. 1) выполнить пример расчета рамы на устойчивость, используя метод перемещений.

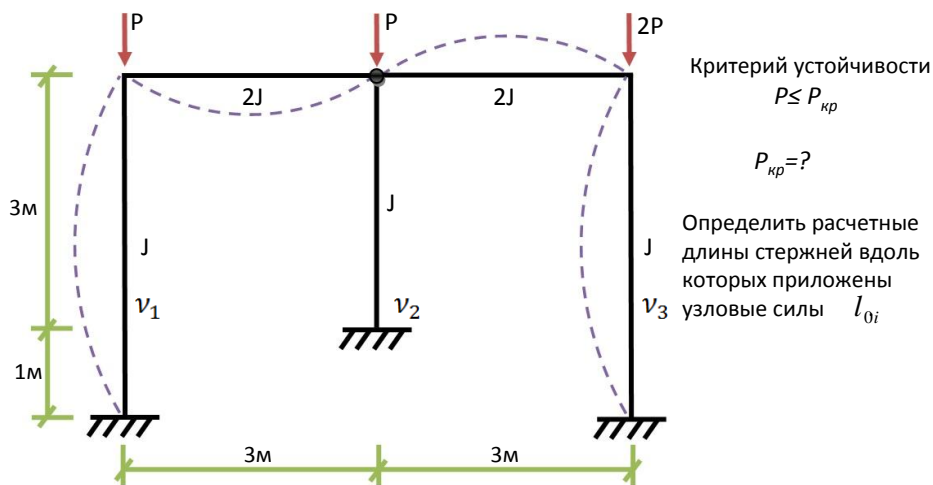


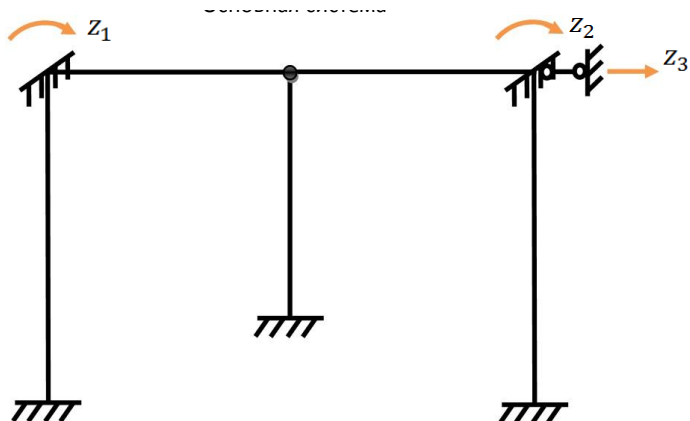
Рис. 1

Порядок выполнения:

Определяем степень кинематической неопределимости системы:

$$n = n_y + n_n = 2 + 1 = 3.$$

Основная система метода перемещений



$z_i \neq 0$
 $R_{ip} = Q$, так как отсутствуют изгибные нагрузки

Рис. 2

Записываем систему канонических уравнений метода перемещений:

$$\begin{cases} z_1 r_{11} + z_2 r_{12} + z_3 r_{13} = 0 \\ z_1 r_{21} + z_2 r_{22} + z_3 r_{23} = 0 \\ z_1 r_{31} + z_2 r_{32} + z_3 r_{33} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$r_{ij} = f(v)$ v - параметр нагрузки

$$v = l \sqrt{\frac{P}{EJ}} \quad (2)$$

$v = ? \rightarrow P_{кр}$

$$v_1 = 4 \sqrt{\frac{P}{EJ}} = v \quad v_2 = 3 \sqrt{\frac{P}{EJ}} = 0,75v \quad v_3 = 4 \sqrt{\frac{2P}{EJ}} = 1,41v$$

Рассмотрим единичные состояния основной системы и построим единичные эпюры моментов с помощью таблиц.

Для элементов, которые не теряют устойчивость, эпюры строятся по обычным таблицам метода перемещения

Для элементов, теряющих устойчивость, используется таблица спецкурса по строительной механике.

Для элементов, не теряющих устойчивость, эпюры будут прямолинейные. Для теряющих устойчивость – криволинейные.

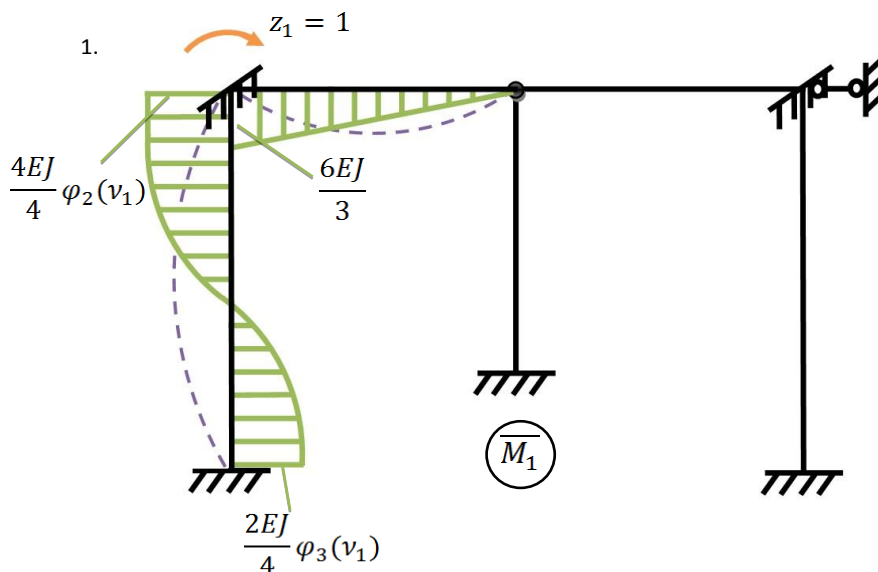


Рис. 3

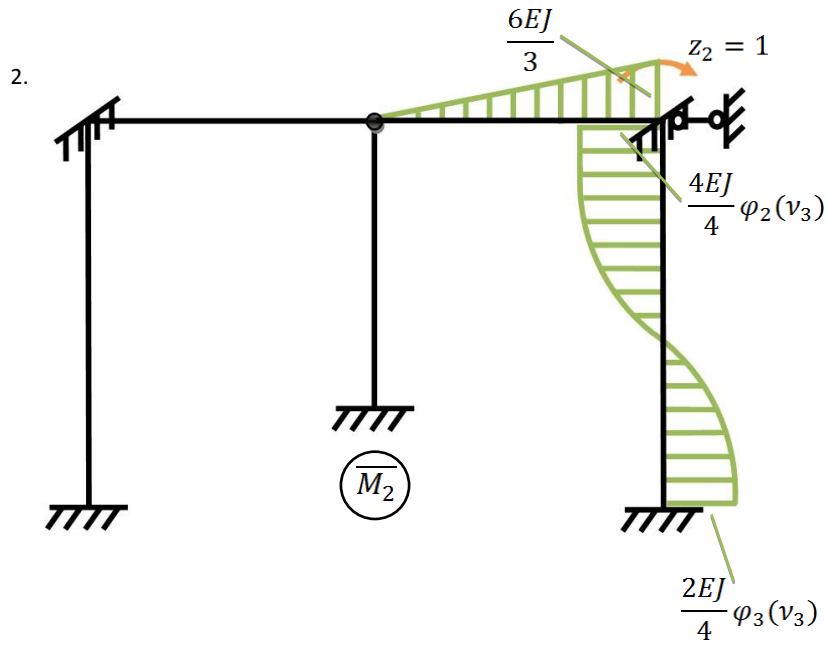


Рис. 4

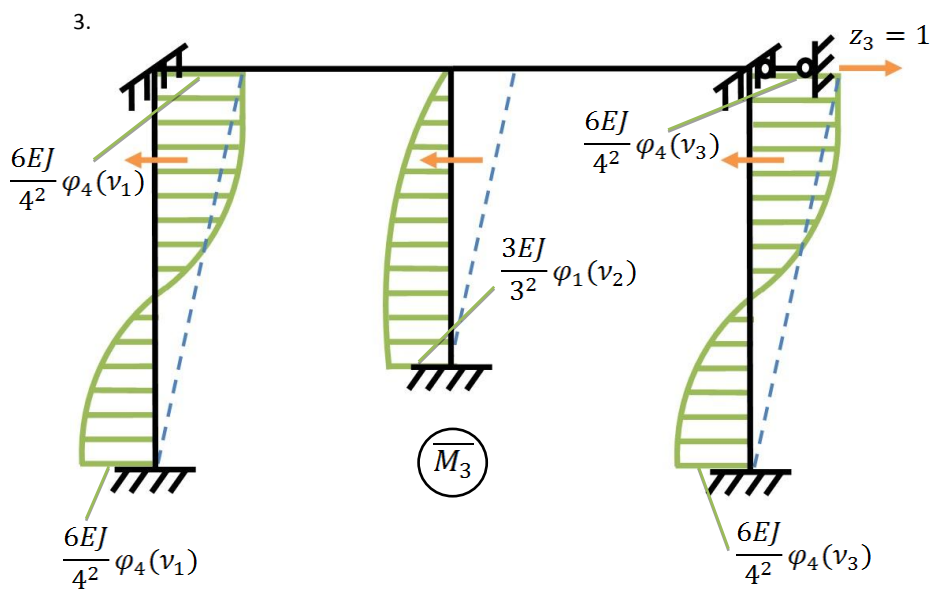


Рис. 5

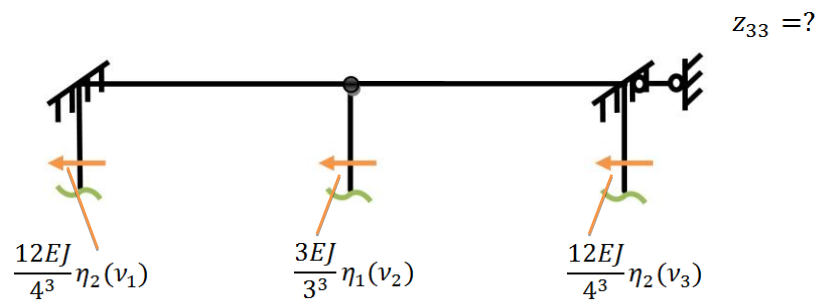


Рис. 6

$$r_{33} = EJ\{0,187[\eta_2(v) + \eta_2(1,41v)] + 0,111\eta_1(0,75v)\}$$

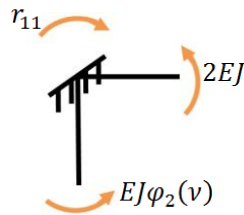


Рис. 7

$$r_{11} = EJ[\varphi_2(v) + 2]$$

$$r_{12} = r_{21} = 0$$

$$r_{13} = r_{31} = -\frac{3}{8}EJ\varphi_4(v)$$

$$r_{22} = EJ[\varphi_2(1,41v) + 2]$$

$$r_{23} = r_{32} = -\frac{3}{8}EJ\varphi_4(1,41v)$$

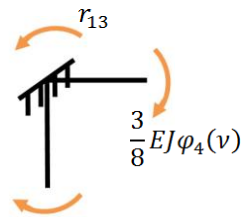
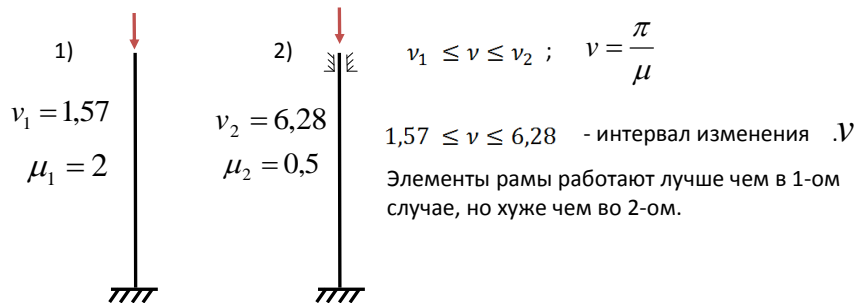


Рис. 8

Подставляем полученные реакции в уравнение устойчивости, составленное на основе определителя для системы (1).

Решается такое уравнение методом подбора. Левую часть этого уравнения обозначим через A , правую часть через B . Обе части A и B зависят от ν .

Для параметра ν определяем интервал его изменения с учетом работы отдельных стержней.



Решение уравнения будем выполнять методом подбора, используя графическую интерпретацию. При графической интерпретации ν должно изменяться на графике небольшими шагами, например через шаг, равный 0,5.

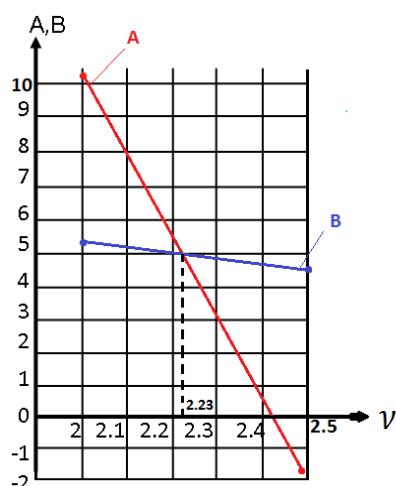
1 приближение

2 приближение

$$\begin{aligned} \nu &= 2,0 \\ \varphi_2(\nu) &= 0,8590 \\ \varphi_4(\nu) &= 0,9313 \\ \eta_4(\nu) &= 0,5980 \\ \varphi_2(1,41\nu) &= 0,7016 \\ \varphi_3(1,41\nu) &= 1,1774 \\ \eta_1(0,75\nu) &= 0,0893 \\ \eta_2(1,41\nu) &= 0,1965 \\ A &= 10,167 \\ B &= 5,2 \\ A &\neq B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nu &= 2,5 \\ A &= -1,84 \\ B &= 4,73 \\ A &\neq B \end{aligned}$$

Приступаем к построению графика.



Для левой стойки определяем параметр ν точка пересечения линий A, B.

$$\nu = 2,23$$

$$P_{кр} = \frac{2,23^2 EJ}{4^2} = 0,311 EJ$$

Для средней стойки

$$\nu = 2,23 \cdot 0,75 = 1,67$$

$$P_{кр} = \frac{1,67^2 EJ}{3^2} = 0,311 EJ$$

Для правой стойки

$$\nu = 1,41 \cdot 2,23 = 3,144$$

$$P_{кр} = \frac{3,144^2 EJ}{4^2} = 0,622 EJ$$

$$P_{кр \min} = 0,311 EJ$$

$P \leq P_{кр \min}$ - критерий устойчивости

Расчетные длины стержней

$$l_0 = \mu \cdot l \qquad \mu = \frac{\pi}{\nu}$$

Для левой стойки

$$\mu_1 = \frac{\pi}{2,23} = 1,41$$

$$l_{01} = 1,41 \cdot 4 = 5,64 \text{ м}$$

Для средней стойки

$$\mu_2 = \frac{\pi}{1,67} = 1,88$$

$$l_{02} = 1,88 \cdot 3 = 5,64 \text{ м}$$

Для правой стойки

$$\mu_3 = \frac{\pi}{3,14} = 1$$

$$l_{03} = 4 \text{ м}$$

Форма отчетности: Выполнить задание на практическом занятии в рабочей тетради.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработка лекционного материала.
2. Повторение алгоритма расчета статически неопределимых систем по методу перемещений.
3. Научиться грамотно пользоваться таблицами метода перемещений статически неопределимых обычных систем и при расчете на устойчивость.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Определение степени кинематической неопределимости плоских рам.
2. выполнить выбор основной системы метода перемещений.
3. Составление канонических уравнений метода перемещений при расчете на устойчивость плоских рам.
4. Построить эпюры единичных моментов в основной системе с помощью таблиц.
5. Из условия равновесия фиктивных связей выразить реакции в них через специальные функции, зависящие от параметра нагрузки ν .
6. Составляем уравнение устойчивости на основе равенства нулю определителя, полученного из коэффициентов канонического уравнения.
7. Используя метод подбора и графическую интерпретацию, решаем полученное уравнение устойчивости и находим искомый параметр нагрузки ν .
8. Определяем критические силы для элементов, которые могут потерять устойчивость, и определяем $P_{кр, \min}$.
9. Записываем критерий обеспечения устойчивости плоской рамы и определяем

расчетные длины l_0 сжатых стержней.

Основная литература:

1. Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 256 с.
2. Шеин, А.И. Краткий курс строительной механики: учебник для вузов / А. И. Шеин. – Москва: Бастет, 2011. – 272 с.
3. Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М.: АСВ, 2014. – 224 с.

Дополнительная литература

1. Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. н 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ, 1996. – 541 с.
3. Саргсян А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: учебник/ А.Е.Саргсян.- М.: Высш. шк., 2004.- 462с.
4. Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем: учебное пособие для вузов / А.М. Масленников.– М.: АСВ, 2000. – 204 с.
5. Дарков А. В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1986.– 606с.
6. Строительная механика. динамика и устойчивость сооружений./ Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат 1984. – 416 с.
7. Клейн Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем).- М.: Высшая школа, 1972. – 318 с.
8. Коваленко, Г. В. Примеры расчета плоских стержневых систем: учебно-методическое пособие / Г. В. Коваленко, И. В. Дудина. - Братск: БрГУ, 2014. - 126 с.
9. Коваленко, Г. В. Расчет плоских рам на устойчивость: методические указания и контрольные задания. - Братск: БрГУ, 2017. - 32 с.

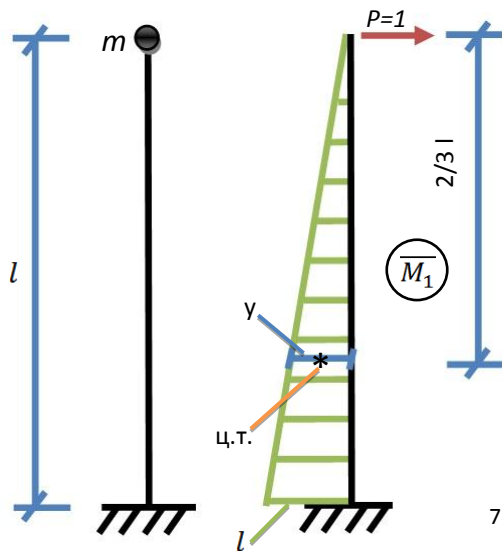
Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Почему метод перемещений при расчете рам на устойчивость предпочтительнее метода сил.
2. Почему в канонических уравнениях свободные коэффициенты $R_{ip} = 0$.
3. Для каких стержней используются обычные таблицы метода перемещений и для каких – таблицы спецкурса строительной механики.
4. Как получается уравнение устойчивости и относительно какого параметра оно решается?
5. Каким методом решается полученное уравнение устойчивости.
6. Как записать основной критерий обеспечения устойчивости плоской рамы.

Практическое занятие № 5 – Определение частоты собственных колебаний системы с одной и несколькими степенями свободы.

Цель работы: Получить практические навыки по определению частоты собственных колебаний точным и приближенными методами.

Задание: Определить частоту собственных колебаний и уравнение колебаний для стержня с одной степенью свободы (рис. 1). Задачу решить с использованием метода начальных параметров.



$$EJ = const$$

$$\omega = ? \text{ (частота собственных колебаний)}$$

$$y = ?$$

Начальные параметры:

$$y_{t=0} = y(0)$$

$$\dot{y}_{t=0} = 0$$

Рис. 1

Порядок выполнения:

1. Круговая частота собственных колебаний определяется из условия (1):

$$\omega^2 = \frac{1}{m \cdot \delta_{11}} \quad (1)$$

$$\delta_{11} = \text{Эп}\bar{M}_1 \cdot \text{Эп}\bar{M}_1 \quad (2)$$

$$\delta_{11} = \frac{l^2}{2EJ} \cdot \frac{2}{3}l = \frac{l^3}{3EJ} \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{3EJ}{ml^3}} \quad (4)$$

$$y = y(0) \cos \sqrt{\frac{3EJ}{ml^3}} t \quad (5)$$

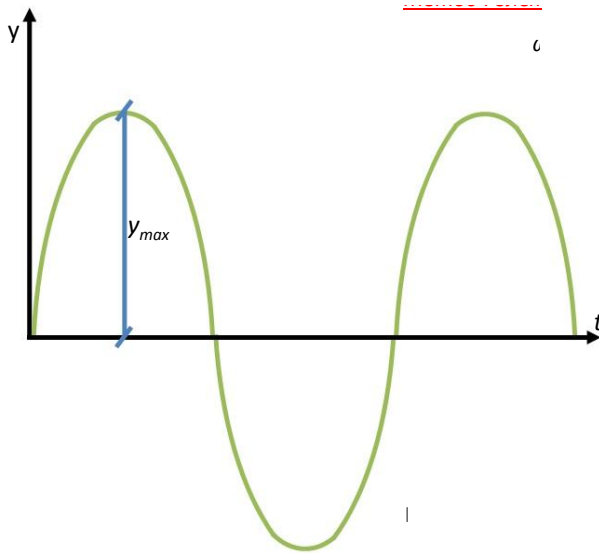
– уравнение движения при собственных колебаниях системы с одной степенью свободы. Решение задачи с одной степенью свободы о собственных колебаниях системы является точным.

2. Рассмотрим определение частоты собственных колебаний системы с «n» степенями свободы приближенными методами динамики сооружений:

- методом Рэлея;
- методом Донкерля.

При большом количестве степеней свободы системы рассчитываются, как правило, приближенными методами.

Метод Рэлея



ω – частота собственных колебаний для системы с « n » степенями свободы.

$$T + U = C, \quad (1)$$

где $C = const$;

T – кинетическая энергия системы;

U – потенциальная энергия системы.

$$T = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (2)$$

$$U = \frac{P \cdot \Delta}{2} \quad (3)$$

Рис. 2

Известно, что перемещения и скорости перемещений находятся в противофазе.

В тот момент, когда скорость имеет нулевое значение, перемещение достигает своего амплитудного значения.

Поскольку кинетическая энергия пропорциональна квадрату скорости, а потенциальная энергия пропорциональна амплитуде перемещения, то в том случае, если $T=0$, $U - U_{\max} = C$.

И, наоборот: при $U = 0$, $T = T_{\max} = C$.

Из этого следует, что

$$U_{\max} = T_{\max} = C. \quad (4)$$

Рассматриваем систему с « n » массами.

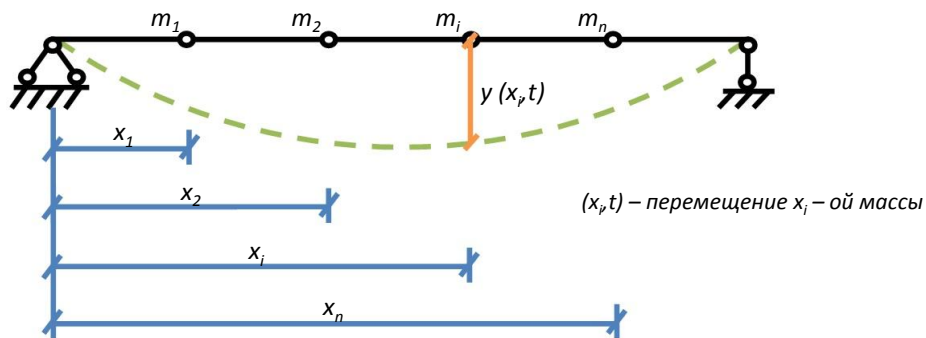


Рис. 3

Допустим, что балка совершает колебания по основной форме согласно зависимости:

$$y(x, t) = y(x) \cdot \sin(\omega t + \gamma). \quad (5)$$

Тогда скорость будет определяться, как производная $\frac{\partial x}{\partial t}$:

$$\dot{y}(x, t) = y(x) \cdot \omega \cos(\omega t + \gamma). \quad (6)$$

Выражаем энергию по формуле (2) и (3) и делаем подстановку в формулу (4).

$$U_{max} = \frac{g \sum_{i=1}^n m_i \cdot y(x_i)}{2} \quad (7)$$

$$T_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \omega^2 \cdot y^2(x_i)}{2} \quad (8)$$

$$\omega^2 \sum_{i=1}^n m_i y^2(x_i) = y \sum_{i=1}^n m_i y(x_i) \quad (9)$$

$$\omega^2 = \frac{g \sum_{i=1}^n m_i \cdot y(x_i)}{\sum_{i=1}^n m_i \cdot y^2(x_i)} \quad \text{– формула Рэля} \quad (10)$$

Применение формулы Донкерлея

Этот метод определения приближенного значения основной частоты собственных колебаний базируется на условии равенства частот колебаний двух разных систем с одной степенью свободы.

Рассмотрим две балки одинакового пролета и одинаковой жесткости, причем в первой из них сосредоточенная масса располагается в точке i , а во второй – масса m_k располагается в точке k .

Тогда легко вычислить частоты собственных колебаний этих балок.

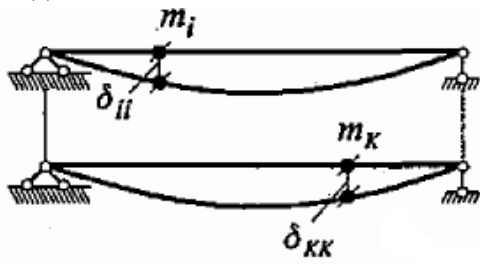


Рис. 4

$$\omega_i^2 = \frac{1}{m_i \delta_{ii}}, \quad \omega_k^2 = \frac{1}{m_k \delta_{kk}}$$

Из условия равенства этих частот следует

$$m_i \delta_{ii} = m_k \delta_{kk}$$

Таким образом, получается:

$$m_k = m_i \frac{\delta_{ii}}{\delta_{kk}} = \eta_{ki} m_i, \quad (11)$$

где $\eta_{ki} = \frac{\delta_{ii}}{\delta_{kk}}$ – коэффициент переноса массы из точки i в точку k .

Следовательно, отсюда вытекает, что если массу, расположенную в точке i перенести в точку k с коэффициентом, то значение собственной частоты колебаний не изменится.

Рассмотрим балку с n сосредоточенными массами.

На основании предыдущего определения все массы можно соответствующим образом перенести в какую-либо точку k .

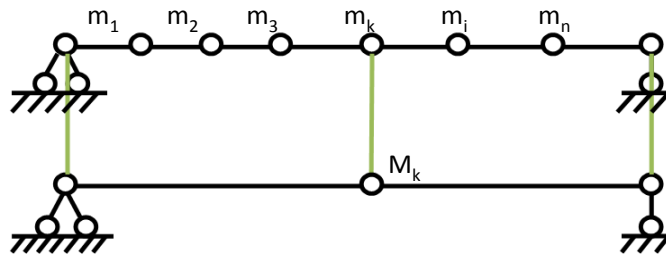


Рис. 5

Тогда согласно (11) имеем

$$M_K = \eta_{K1}m_1 + \eta_{K2}m_2 + \dots + \eta_{Kn}m_n = \sum_{i=1}^n \eta_{ki}m_i \quad (12)$$

Умножая (11) на δ_{kk} , получаем

$$M_K \delta_{KK} = \delta_{11}m_1 + \delta_{22}m_2 + \dots + \delta_{nn}m_n = \sum_{i=1}^n \delta_{ii}m_i \quad (13)$$

$$\omega^2 = \frac{1}{M_K \delta_{KK}} \quad \text{или} \quad M_K \delta_{KK} = \frac{1}{\omega^2},$$

где ω – частота одномассовой системы с приведенной массой M_K

$$\delta_{ii}m_i = \frac{1}{\omega_i^2},$$

где ω_i – парциальные частоты.

Тогда (13) можно переписать в виде:

$$\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} + \dots + \frac{1}{\omega_m^2} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\omega_i^2} \quad \text{– Формула Донкерлея} \quad (14)$$

Доказано, что основная частота колебаний заданной многомассовой системы, вычисленная по формуле (14), будет всегда меньше истинной частоты колебаний.

Таким образом, если формула Рэля дает приближение к истинному значению частоты «сверху», то формула Донкерлея дает приближение «снизу». Поэтому одновременное применение формул Рэля и Донкерлея позволяет установить границы, в пределах которых находится истинное значение основной частоты колебаний.

Форма отчетности: Выполнить задание на практическом занятии и в качестве домашнего задания освоить приближенный метод Донкерлея.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработка лекционного материала по основам динамического расчета конструкций.
2. Освоить методику расчета системы с одной степенью свободы при свободных и вынужденных колебаниях.
3. Изучить и закрепить на практических занятиях приближенные методы динамики сооружений по определению частоты собственных колебаний системы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Освоить определение числа степеней свободы системы при динамическом воздействии.
2. Научиться составлять динамическую расчетную схему сооружения.

3. Изучить составление уравнения движения при динамическом воздействии.
4. Уравнения движения системы с одной степенью свободы без учета и с учетом сил сопротивления.
5. Определение частоты собственных колебаний системы точным и приближенными методами.

Основная литература:

1. Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 256 с.
2. Шеин, А.И. Краткий курс строительной механики: учебник для вузов / А. И. Шеин. – Москва: Бастет, 2011. – 272 с.
3. Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М.: АСВ, 2014. – 224 с.

Дополнительная литература

1. Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. и 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ, 1996. – 541 с.
3. Саргсян А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: учебник/ А.Е.Саргсян.- М.: Высш. шк., 2004.- 462с.
4. Дукарт А.В. Динамический расчет балок и рам: Учеб. пособие для вузов.- М.: АСВ, 2002.- 144с.
5. Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем: учебное пособие для вузов / А.М. Масленников.– М.: АСВ, 2000. – 204 с.
6. Дарков А. В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1986.– 606с.
7. Строительная механика. динамика и устойчивость сооружений./ Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат 1984. – 416 с.
8. Клейн Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем).- М.: Высшая школа, 1972. – 318 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Перечислить виды динамических нагрузок.
2. Какие колебания называются свободными или собственными?
3. Какие колебания называются вынужденными?
4. Какое явление называется резонансным?
5. Дать определение круговой частоты свободных колебаний.
6. Дать определение периода собственных и вынужденных колебаний системы.
7. Какие системы являются консервативными и неконсервативными?
8. Какие приближенные методы динамики сооружений используются при определении частоты собственных колебаний системы?

Практическое занятие № 6 – Расчет плоских рам на вибрационную нагрузку.

Цель работы: Получить практические навыки и умение рассчитывать статически неопределимые рамы на динамическую нагрузку.

Задание: Для заданной статически неопределимой симметричной рамы (рис. 1),а) требуется найти частоты собственных колебаний и выполнить расчет на заданную нагрузку $F(t) = F \sin \theta t$, $F = 6 \text{ кН}$. Выполнить построение эпюр динамических усилий: $M_{дин}$, $Q_{дин}$, $N_{дин}$.

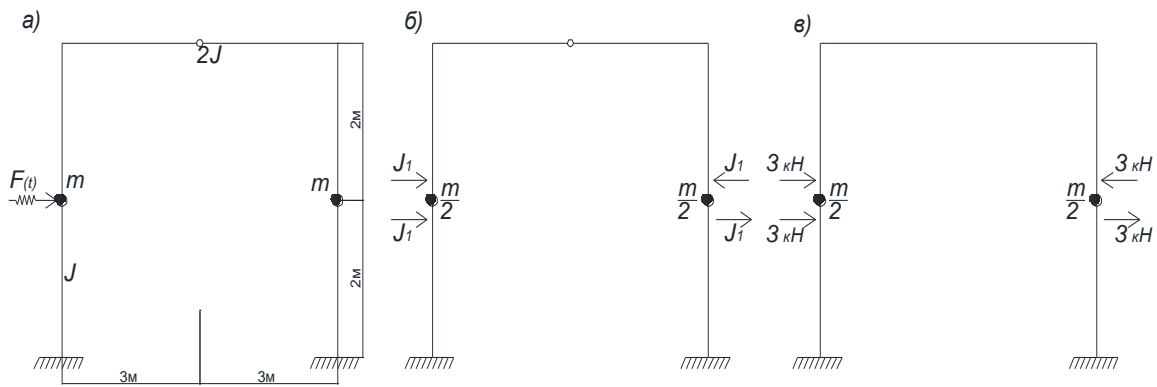


Рис. 1

Порядок выполнения:

На рис. 1, б и в, показана основная система для динамического расчета рамы с группировкой неизвестных инерционных сил и разложением заданной нагрузки на симметричную и кососимметричную составляющие.

В силу разделения симметричных и кососимметричных колебаний $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$, и система уравнений при вынужденных колебаниях расчленяется на два независимых уравнения, определяющих так называемые парциальные частоты

$$\left(\delta_{11} - \frac{1}{0,5m\omega^2}\right) J_1 = 0; \quad \left(\delta_{22} - \frac{1}{0,5m\omega^2}\right) J_2 = 0.$$

Отсюда имеем

$$\omega_1^2 = 1/0,5m\delta_{11}; \quad \omega_2^2 = 1/0,5m\delta_{22}.$$

Для вычисления δ_{11} и δ_{22} строим единичные эпюры от $J_1 = 1$ и $J_2 = 1$ (рис. 2, б и в, б)

На рис. 2, в и в, приведены эпюры \bar{M}_1 и \bar{M}_2 , построенные в основной системе метода сил от $J_1 = 1$ и $J_2 = 1$.

Вычисляя δ_{11} и δ_{22} по формулам (13.102) [5], получаем

$$\delta_{11} = 1,168/EJ, \quad \delta_{22} = 3,556/EJ.$$

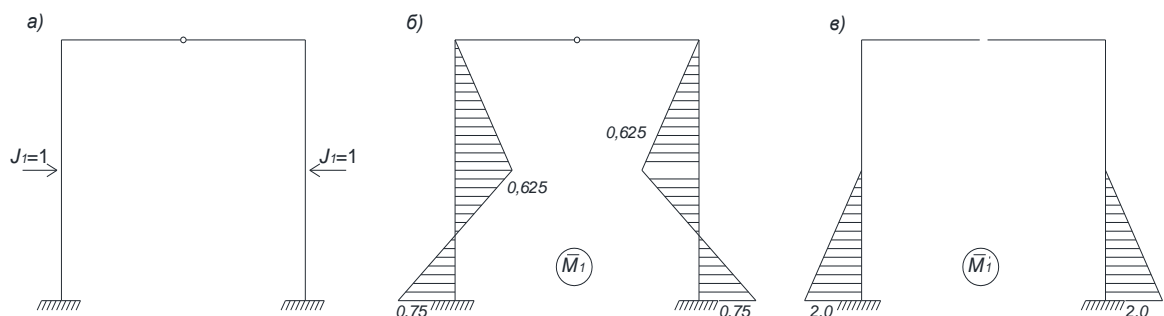


Рис. 2

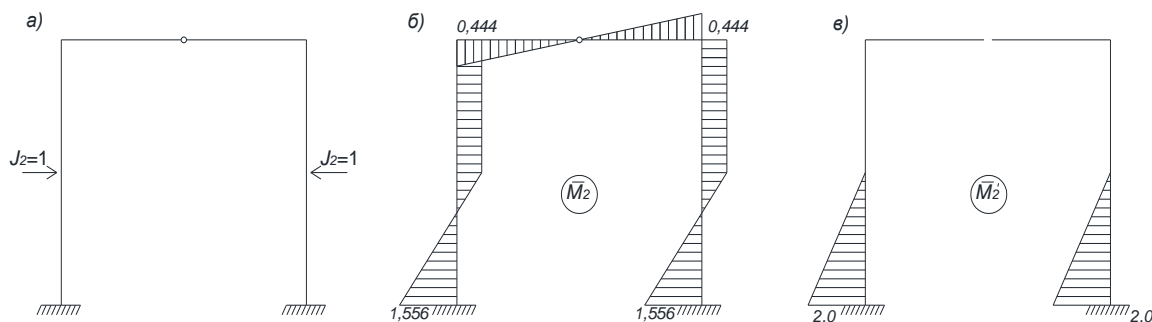


Рис. 3

Вычисляя парциальные частоты, находим

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{0,5 \cdot 1,168} \cdot \frac{EJ}{m}} = 1,309 \sqrt{\frac{EJ}{m}},$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{0,5 \cdot 3,556} \cdot \frac{EJ}{m}} = 0,750 \sqrt{\frac{EJ}{m}}.$$

Таким образом, ω_1 представляет собой частоту симметричных колебаний, а ω_2 частоту косимметричных колебаний.

В данном случае расчет заданной рамы на вынужденные колебания сводится к определению инерционных сил из уравнений

$$\delta_{11}^* J_1 + \Delta_{1P} = 0, \quad \delta_{22}^* J_2 + \Delta_{2P} = 0.$$

Зададимся частотой вынужденных колебаний $\theta^2 = 0,4EJ/m$.

Тогда можно вычислить коэффициенты δ_{11}^* и δ_{22}^*

$$\delta_{11}^* = \delta_{11} - 1/0,5m\theta^2 = 1,168/EJ - 1/0,5 \cdot 0,4 \cdot EJ = -3,832/EJ,$$

$$\delta_{22}^* = \delta_{22} - 1/0,5m\theta^2 = 3,556/EJ - 1/0,5 \cdot 0,4 \cdot EJ = -1,444/EJ.$$

Для вычисления свободных членов по формуле (13.102) [5] нужно построить соответствующие эпюры изгибающих моментов от амплитудных значений внешних сил. В данном случае эта задача упрощается, так из сопоставления рис. 1, в с рис. 2, а и 3, а следует $M_{1P} = 3\bar{M}_1$ и $M_{2P} = 3\bar{M}_2$. Отсюда получаем

$$\Delta_{1P} = 3\delta_{11} = 3,504/EJ; \quad \Delta_{2P} = 3\delta_{22} = 10,668/EJ.$$

В результате имеем

$$J_1 = -\Delta_{1P}/\delta_{11}^* = 0,913 \text{ кН}; \quad J_2 = -\Delta_{2P}/\delta_{22}^* = 7,388 \text{ кН}.$$

Вычислив инерционные силы, строим окончательную эпюру амплитудных значений изгибающих моментов (рис. 4, а). В данном случае формула (13.103) [5] запишется в следующем виде

$$M = M_{1P} + \bar{M}_1 J_1 + M_{2P} + \bar{M}_2 J_2 = \bar{M}_1(3 + J_1) + \bar{M}_2(3 + J_2).$$

Далее по эпюре M с помощью известных приемов строительной механики строим эпюры амплитудных значений поперечных сил Q и продольных сил N (рис. 4, б, в).

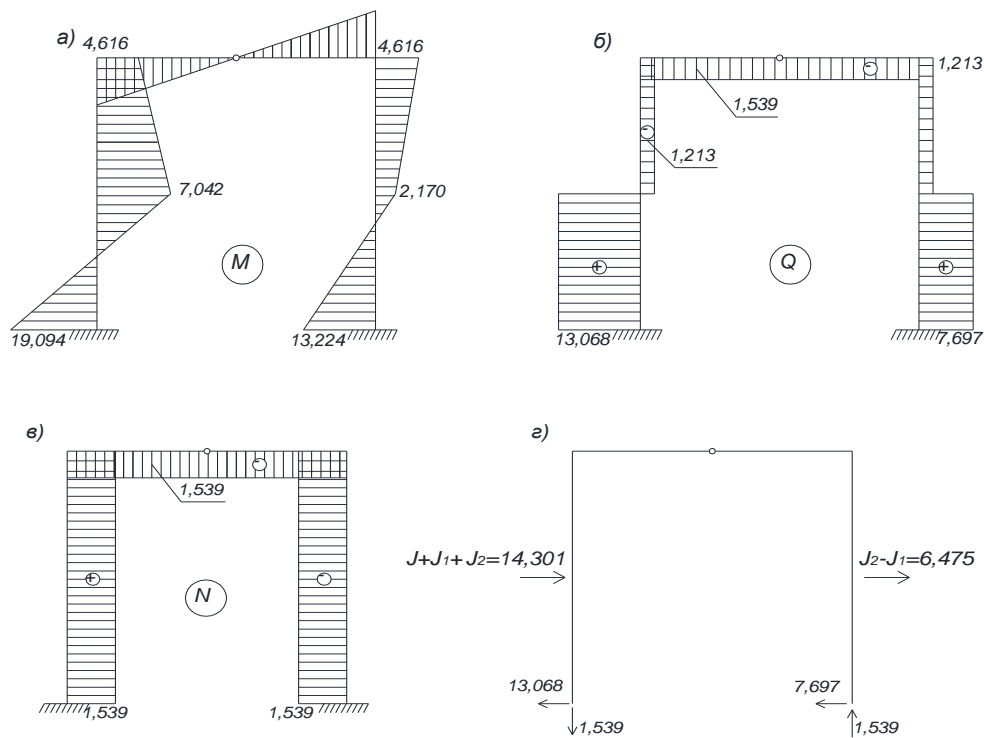


Рис. 4

На рис. 4, г приводятся все действующие на раму амплитудные значения сил – нагрузки, инерционных сил и опорных реакций, что позволяет убедиться в выполнении условий равновесия: $\sum x = 0$; $\sum y = 0$.

Значения инерционных сил, действующих на левую и правую стойку, определятся по формулам:

$$J_{\text{Л}} = J_1 + J_2; \quad J_{\text{ПР}} = J_2 - J_1;$$

Форма отчетности: Выполнить задание на практическом занятии в рабочей тетради и использовать его при подготовке к зачету.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработка лекционного материала.
2. Освоить алгоритм динамического расчета статически неопределимой рамы на вибрационную нагрузку, используя симметрию системы, разложение нагрузки на симметричную и кососимметричную составляющие, а также группировку неизвестных инерционных сил.
3. Изучить и закрепить на практических занятиях приближенные методы динамики сооружений по определению частот собственных колебаний системы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Определить степень статической неопределимости рамы и правильно выбрать основную систему метода сил.
2. Составляем систему канонических уравнений при вынужденных колебаниях с учетом разложения колебаний на симметричные и кососимметричные.
3. Записываем выражения для определения частот собственных колебаний для каждой формы соответственно.
4. Для определения единичных перемещений строим единичные эпюры от инерционных сил J_1 и J_2 .
5. После вычисления единичных перемещений δ_{11} и δ_{22} , а затем парциальные частоты

ω_1 и ω_2 , соответствующие симметричной и кососимметричной формам колебаний.

6. Затем определяются инерционные силы для каждой формы колебаний.
7. Вычислив инерционные силы, строятся окончательные эпюры амплитудных значений изгибающих моментов, а затем эпюры амплитудных значений поперечных и продольных сил.

Основная литература:

1. Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 256 с.
2. Шеин, А.И. Краткий курс строительной механики: учебник для вузов / А. И. Шеин. – Москва: Бастет, 2011. – 272 с.
3. Старцева, Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М.: АСВ, 2014. – 224 с.

Дополнительная литература

1. Александров А.В. Строительная механика. В 2 кн.: Учеб. пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев. – М.: Высш. шк. н 2.: Динамика и устойчивость упругих систем. – 2008. – 384 с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем - М.: АСВ, 1996. – 541 с.
3. Саргсян А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: учебник/ А.Е.Саргсян.- М.: Высш. шк., 2004.- 462с.
4. Санжаровский Р.С. Теория расчета строительных конструкций на устойчивость и современные нормы: Учеб. пособие для вузов.- М.: АСВ, 2002.- 127с.
5. Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем: учебное пособие для вузов / А.М. Масленников.– М.: АСВ, 2000. – 204 с.
6. Дарков А. В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1986.– 606с.
7. Строительная механика. динамика и устойчивость сооружений./ Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат 1984. – 416 с.
8. Клейн Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем).- М.: Высшая школа, 1972. – 318 с.
9. Коваленко, Г. В. Примеры расчета плоских стержневых систем: учебно-методическое пособие / Г. В. Коваленко, И. В. Дудина. - Братск: БрГУ, 2014. - 126 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Основные задачи динамической теории инженерных конструкций.
2. Какие колебания называются вынужденными?
3. Какое явление называется резонансным?
4. Сущность динамического расчета рамы на вибрационную нагрузку.
5. Дать определение инерционной силе.
6. Физический смысл коэффициента динамичности.
7. Как строится окончательная эпюра амплитудных значений изгибающих моментов с учетом вычисленных инерционных сил?

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ОС Windows 7 Professional.
2. Microsoft Imagine Premium.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

4. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
5. Информационно-справочная система «Кодекс».
6. Коваленко Г.В., Попов Я.Д. Компьютерный информационно-тестовый комплекс по курсу «Строительная механика» ГАЛИЛЕЙ / Свидет. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 990966, М.: Роспатент, 1999.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| <i>Вид занятия (Лк, ПЗ, СР)</i> | <i>Наименование аудитории</i> | <i>Перечень основного оборудования</i> | <i>№ ПЗ</i> |
|-------------------------------------|---|---|-----------------|
| Лк | лекционная аудитория (мультимедийный класс) | Маркерная доска Интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX 60 ПК: Intel(R) Core(TM) i5-2500CPU @ 3.30GHz, 4ГБ | - |
| ПЗ | лекционная аудитория (мультимедийный класс) | Маркерная доска Интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX 60 ПК: Intel(R) Core(TM) i5-2500CPU @ 3.30GHz, 4ГБ | ПЗ № 1-6 |
| СР | ЧЗ1 | Оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D | - |

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

| № компетенции | Элемент компетенции | Раздел | Тема | ФОС |
|---|---|---|--|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПК-5 | знание требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов | 1. Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины | 1.1. Устойчивость и динамика сооружений – спецкурс по строительной механике. Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами. | вопросы к зачету |
| | | 2. Устойчивость сооружений | 2.1. Основные понятия устойчивости сооружений: виды потери устойчивости, степени свободы, методы решения. | вопросы к зачету |
| 2.2. Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы (статический, энергетический методы). | | | | |
| 2.3. Устойчивость прямолинейного упругого стержня. Задача Эйлера. | | | | |
| 2.4. Расчет плоских рам на устойчивость. | | | | |
| ПК-13 | знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности | 3. Динамический расчет сооружений | 3.1. Основные понятия динамики сооружений: виды динамических нагрузок, степени свободы, методы решения. | вопросы к зачету |
| | | | 3.2. Основные способы составления уравнений движения. Свободные колебания системы с одной степенью свободы. | |
| | | | 3.3. Вынужденные колебания системы при действии вибрационной нагрузки. Особенности динамического расчета рам на вибрационную нагрузку. | |
| | | | 3.4. Понятие о расчете сооружений на сейсмическое воздействие. | |

2. Вопросы к зачету

| № п/п | Компетенции | | ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ | № и наименование раздела |
|-------|-------------|---|---|---|
| | Код | Определение | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | ПК-5 | знание требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов | <p>1.1. Устойчивость и динамика сооружений. Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами.</p> | <p>1. Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины</p> |
| 2. | ПК-13 | знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности | <p>2.1. Понятие об устойчивом и неустойчивом равновесии. Определение числа степеней свободы при расчете на устойчивость. Потеря устойчивости.</p> <p>2.2. Критическая нагрузка. Методы определения критических нагрузок.</p> <p>2.3. Устойчивость конструкций с одной степенью свободы.</p> <p>2.4. Устойчивость прямолинейного упругого стержня.</p> <p>2.5. Примеры определения критических сил упругого стержня при разных способах закрепления концов стержня.</p> <p>2.6. Расчет плоских рам на устойчивость.</p> | <p>2. Устойчивость сооружений</p> |
| 3. | | | <p>3.1. Основные понятия динамики сооружений. Динамические нагрузки. Виды колебательных процессов. Динамическая расчетная схема сооружения.</p> <p>3.2. Основные способы составления уравнений движения.</p> <p>3.3. Свободные колебания системы с одной степенью свободы.</p> <p>3.4. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при вибрационной нагрузке.</p> <p>3.5. Общее решение уравнения движения при вынужденных колебаниях.</p> <p>3.6. Расчет плоских рам на вибрационную нагрузку.</p> <p>3.7. Особенности расчета сооружений на сейсмическое воздействие.</p> | <p>3. Динамический расчет сооружений</p> |

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

| Показатели | Оценка | Критерии |
|---|--------------------------|---|
| <p>Знать <i>ПК-5:</i> – способы безопасности жизнедеятельности в критических ситуациях, в частности при сейсмическом воздействии; <i>ПК-13:</i> – состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований; – основы выбора методики и формулирования конкретных задач по тематике исследований, на основе изучения научно-технической информации, анализа отечественного и зарубежного опыта;</p> | <p>зачтено</p> | <p>Обучающийся твердо знает программный, в том числе лекционный материал, показывает умение решать практические задачи спецкурса по строительной механике: знает основные методы и приема расчета стержневых систем на устойчивость и динамику; умеет правильно выбирать расчетную схему сооружения при статическом и динамическом воздействии и привлечения для расчета соответствующего физико-математического аппарата, в том числе, с использованием методов математического (компьютерного) моделирования: хорошо владеет знанием нормативной базы в области принципов проектирования зданий, сооружений. Дополнительным условием для получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной работы, систематическая активная работа на практических занятиях.</p> |
| <p>Уметь <i>ПК-5:</i> – обеспечить требования по охране труда в связи с потерей устойчивости некоторых конструкций в стадии монтажа, эксплуатации и реконструкции объекта; <i>ПК-13:</i> – использовать основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и критического подхода при анализе литературных и патентных источников, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований; – использовать научно-техническую информацию, анализ отечественного и зарубежного опыта для выбора методики и формулирования конкретных задач по</p> | <p>не зачтено</p> | <p>Обучающийся не знает значительной части программного, в том числе лекционного, материала, допускает существенные ошибки в решении практических задач спецкурса по строительной механике; не способен правильно выбирать расчетную схему при статическом и динамическом воздействии, слабо привлекает для их решения соответствующий физико-математический аппарат; плохо знает нормативную базу в области принципов проектирования зданий, сооружений; слабо владеет использованием программно-вычислительных комплексов.</p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>тематике исследований; Владеть <i>ПК-5:</i> – методами защиты окружающей среды при неблагоприятных воздействиях, в том числе, при динамических нагрузках; <i>ПК-13:</i> –навыками и приемами подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований; –навыками и приемами использования научно-технической информации, анализа отечественного и зарубежного опыта для выбора методики и формулирования конкретных задач по тематике исследований.</p> | | |
|---|--|--|

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Б1.В.ДВ.13.02 Устойчивость и динамика сооружений направлена на ознакомление обучающихся с фундаментальными понятиями механики, принципами и методами расчета строительных конструкций; на получение теоретических знаний и практических навыков о напряженно-деформированном состоянии стержней и стержневых систем под действием различных нагрузок для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Б1.В.ДВ.13.02 Устойчивость и динамика сооружений предусматривает:

- лекции,
- практические занятия;
- зачет;
- самостоятельная работа.

В ходе освоения:

- раздела 1. Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины – обучающиеся должны получить сведения о целях и задачах дисциплины «Устойчивость и динамика сооружений», как спецкурса по строительной механике, изучить ее взаимосвязи с другими дисциплинами; знать кинематический анализ и принципы проектирования зданий и сооружений на основе нормативной базы.

- раздела 2. Устойчивость сооружений – обучающиеся должны научиться определять формы устойчивого, неустойчивого и критического равновесия стержневых систем; уметь определять количество степеней свободы, спектр критических сил и форм потери устойчивости. Знать методику расчета стержневых систем на устойчивость и критерии устойчивости.

- раздела 3. Динамический расчет сооружений – обучающиеся должны усвоить основы динамики сооружений; виды динамических нагрузок; число степеней свободы и

понятие динамической расчетной схемы. Знать решение уравнений движения при свободных и вынужденных колебаниях системы. Освоить методику динамического расчета плоских рам на вибрационную нагрузку. Обучающиеся должны ознакомиться с особенностями расчета сооружений на сейсмическое воздействие.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для расчета строительных конструкций на устойчивость и динамические воздействия.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на выбор расчетной схемы сооружения и на определение опорных реакций в конструкциях, то есть на знания, полученные при изучении дисциплин «Теоретическая механика», «Техническая механика», «Сопrotивление материалов», «Строительная механика».

Овладение ключевыми понятиями (прочность, жесткость, устойчивость) является неотъемлемой частью освоения данной дисциплины.

При подготовке к зачету рекомендуется особое внимание уделить умению решать задачи по основам теории устойчивости и динамики сооружений.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления об инженерных методах расчета строительных конструкций.

Самостоятельную работу необходимо начинать с конспекта лекций, просмотра рекомендуемой литературы, выполнения практических занятий. Производить проверку терминов, понятий с помощью справочной литературы с выписыванием основных моментов в тетрадь.

В процессе консультации с преподавателем обучающийся должен обозначить вопросы, термины, материалы, которые вызывают у него трудности.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой литературы по данной дисциплине. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и глобальной сети Интернет.

По данной дисциплине предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой, связанной с самостоятельной работой.

В период подготовки к зачету обучающиеся обращаются к пройденному учебному материалу. При этом они не только скрепляют полученные знания, но и получают новые. Подготовка к зачету включает в себя три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы к зачету и просмотр прорешенных задач на практических занятиях.

Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем, либо указана в учебно-методическом комплексе. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников и учебно-методических пособий с решенными задачами.

Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к зачету студентам необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем и, главное, на умение решать задачи устойчивости и динамики сооружений.

Зачет проводится по вопросам и задачам, охватывающим весь пройденный материал. По окончании ответа экзаменатор может задать студенту дополнительные и уточняющие вопросы. На решение задачи отводится 60 минут, и на ответ по вопросам студенту дается 20 минут. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему. Результаты зачета объявляются обучающемуся после окончания ответа в день сдачи.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Устойчивость и динамика сооружений

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины как спецкурса по строительной механике является формирование у обучающихся базовых знаний по расчету зданий и сооружений, необходимых для их проектирования или реконструкции.

Задачами изучения дисциплины являются:

- изучение методов расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость в условиях действия постоянных и переменных во времени нагрузок;
- рассмотрение критериев устойчивости упругих систем и определение критических нагрузок;
- освоение методов динамического расчета стержневых систем;
- изучение основ расчета строительных конструкций на сейсмическое воздействие.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 8 час.; ПЗ – 12 час.; СР – 48 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа, 2 зачетных единицы

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Введение. Предмет и задачи изучения дисциплины.
2. Устойчивость сооружений.
3. Динамический расчет сооружений.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - знание требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов;

ПК-13 - знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство от «12» марта 2015 г. № 201

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413

Программу составили:

Коваленко Г. В., проф. каф. СКИТС, доцент, к.т.н. _____

Дудина И.В., доцент, к.т.н. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СКИТС от «17» декабря 2018 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой СКИТС _____ Коваленко Г.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой СКИТС _____ Коваленко Г.В.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСФ от «20» декабря 2018 г., протокол № 4.

Председатель методической комиссии факультета _____ Перетолчина Л.В.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____