

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

24/17/1

**Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения
на транспорте»**

**Утверждено деканом факультета
«Транспортные сооружения
и здания»**

**ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Рабочая программа
и задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов VI курса**

специальности

**270102 ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО (ПГС)**



Москва – 2008

Программа составлена на основании примерной учебной программы данной дисциплины в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 270102(ПГС).

С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук, проф. И.А. Сазыкин

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, проф. Л.Ю. Кузьмин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная цель преподавания дисциплины — подготовка специалиста, умеющего применять полученные им знания при оценке надёжности строящихся и эксплуатируемых сооружений и строительных конструкций. В дисциплине изучаются методы инженерных обследований объектов, подлежащих капитальному ремонту или реконструкции, освидетельствования конструкций при их изготовлении и в процессе эксплуатации, проведения испытаний конструкций, контроля качества материалов.

В результате изучения дисциплины студент должен освоить основные методы натурного изучения свойств строительных конструкций и определения характеристик материалов, определяющих их несущую способность.

Материал дисциплины тесно связан с высшей математикой, физикой, геодезией, теоретической механикой, сопротивлением материалов, строительной механикой и курсами строительных конструкций из различных материалов.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучая дисциплину студент должен:

2.1. Знать и уметь использовать:

- уметь провести обследование и испытание эксплуатируемых сооружений, осуществить диагностику состояния строительных конструкций и сооружений;
- знать принципы оптимального планирования эксперимента;
- устанавливать соответствие между действительной работой конструкции и ее расчетной моделью;
- знать контрольно-измерительную аппаратуру и методы ее практического использования;
- выбрать методы восстановления и реконструкции сооружений в соответствии с изменившимися условиями эксплуатации.

2.2. Владеть:

- принципами и методиками обследования конструкций, их диагностикой и оценками их несущей способности;
- навыками проведения натуральных испытаний и определения физико-механических свойств строительных материалов и элементов конструкций;
- знаниями для восстановления эксплуатационной пригодности зданий и сооружений в связи с их ремонтом или реконструкцией.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Курс — VI
Общая трудоемкость дисциплины	90	
Аудиторные занятия:	12	
Лекции	4	
Лабораторный практикум	8	
Самостоятельная работа	63	
Контрольная работа	15	1
Вид итогового контроля		Дифференцированный зачет

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Лекции, ч	Лабораторный практикум, ч
1	Обзорная лекция		
1	Обследование конструкций и сооружений	1,5	
2	Испытания конструкций и сооружений	1,5	8
3	Оценка состояния конструкций	1	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Обследование конструкций и сооружений

Обследования конструкций зданий и сооружений.

Цели и задачи обследования, испытания и реконструкции зданий и сооружений. Примеры катастроф строительных конструкций.

Предварительное обследование. Обследование бетонных, железобетонных, каменных и армокаменных конструкций. Методы и средства наблюдения за трещинами. Обследования металлических конструкций, конструкций из дерева и пластмасс. Обследование фундаментов и оснований. Техника безопасности при проведении обследований.

Особенности обследования строительных конструкций, поврежденных пожаром.

Контроль качества изготовления элементов строительных конструкций.

Раздел 2. Испытания конструкций и сооружений

Классификация видов испытаний конструкций и сооружений. Организация проведения испытаний. Проведение испытаний статической и динамической нагрузками.

Методы и средства приложения испытательных силовых воздействий. Нагрузочные устройства для создания статических и динамических воздействий. Техника безопасности при проведении испытаний.

Основы метрологии. Обеспечение единства измерений. Параметры измерений. Величины, подлежащие измерениям в строительстве.

Аппаратура и методы регистрации результатов обследования строительных объектов, статические и динамические испытания.

Основы теории планирования экспериментов. Обработка результатов измерений.

Разрушающие и неразрушающие методы испытаний. Метод проникающих сред. Механические методы испытаний. Ультра-

звуковые методы. Радиационные методы контроля. Магнитные, электромагнитные и электрические методы. Инфракрасная дефектоскопия.

Основы методов моделирования конструкций. Основы теории подобия. Аналоговое и математическое моделирование.

Раздел 3. Оценка испытания конструкций

Ремонт и реконструкция сооружений как результаты обследований. Надежность, долговечность, ремонтпригодность конструкций и сооружений. Правила оценки физического износа жилых зданий.

4.3. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	Исследование напряженного состояния модели фермы при ее загрузке статической нагрузкой — 2 ч
2	2	Неразрушающие методы определения свойств строительных материалов — 2 ч
3	2	Измерение амплитуд прогибов и частоты колебаний в режимах свободных и вынужденных колебаний при динамических испытаниях — 1 ч
4	2	Виртуальные испытания железобетонной балки и внецентренно нагруженного железобетонного элемента с использованием программ для проведения лабораторных работ на ЭВМ — 3 ч

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа состоит из четырех разделов: один теоретический (ответ на заданный вопрос) и три практических (решение конкретных расчетных задач), в том числе:

- оценка экономического эффекта при применении эквивалентной схемы нагружения неразрезных конструкций с целью экономии загрузочного материала и времени на проведение испытаний;

- обработка данных механических испытаний проволоки диаметром 6 мм для армирования предварительно напряжённых железобетонных конструкций;
- определение круговой частоты собственных колебаний двутаврового стержня или двутавровой балки, нагруженной по заданной схеме.

Примерный объем контрольной работы — пояснительная записка на 12-15 страницах формата А4.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. С а з ы к и н И. А. Обследование и испытание сооружений. Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2003.
2. З е м л я н с к и й А. А. Обследование и испытание зданий и сооружений. Уч. пос. — М.: Изд-во «АСВ», 2001.
3. К а з а ч е к В. Г., Н е ч а е в Н. В. и др. Обследование и испытание зданий и сооружений. Учеб. — М.: Высшая школа, 2006.

Дополнительная

4. В е н ц е л ь Е. С. Теория вероятностей. Учеб. для вузов. — М.: Высшая школа, 2001.
5. СП 13-102-2003 Общие правила обследования несущих строительных конструкций. Госстрой России. Постановление №135 от 21.08. 2003.

6.2. Средства, обеспечивающие освоение дисциплины

Иллюстративные материалы, связанные с проведением работ по обследованию строительных объектов.

Программы ЭВМ для показа виртуальных испытаний конструкций.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лаборатория испытаний.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Обследование и испытание зданий и сооружений» позволяет студенту приобрести знания о основах методов испытаний сооружений, которые помогут ему принять правильные решения в последующей инженерной деятельности при проектировании и строительстве новых зданий, обследовании зданий в условиях эксплуатации с целью их реконструкции или ремонта, а также при промышленном производстве конструкций и материалов на предприятиях строительной индустрии.

Студент должен усвоить основные вопросы дисциплины в соответствии с программой. Для лучшего усвоения изучаемого материала рекомендуется вести конспект с составлением конструктивных схем и разбором примеров практических расчетов, позволяющих дать оценку качества испытываемых сооружений.

По наиболее важным разделам дисциплины даются контрольные вопросы для самопроверки, которые помогут студенту лучше изучить необходимый материал.

Основные понятия, действительные условия работы сооружений

Требования, предъявляемые к сооружениям с точки зрения предельных состояний и технико-экономических показателей конструкции. Условность расчетных схем и ряда расчетных характеристик материалов, возможность отклонений от нормативных значений нагрузок и материалов, влияние внешних воздействий, не учитываемых в обычных расчетах.

Совокупность операций по выявлению и проверке состояния обследуемых строительных объектов: обследование, испы-

тание, перерасчет. Классификация состояния объектов по различным признакам.

Вопросы для самопроверки

Требования, предъявляемые к сооружению.

Причины отклонения физических характеристик нагрузок и материалов от нормативных.

Влияние внешних воздействий.

С какими факторами приходится считаться при оценке напряженного состояния материала в испытываемых конструкциях?

Цель обследования и испытания конструкций.

Методы обследования и испытания сооружений

Виды обследования, предусмотренные строительными нормами и правилами (СНиП) и правилами технической эксплуатации зданий и сооружений.

Этапы работ, из которых складывается обследование сооружения:

- ознакомление с документацией (акты скрытых работ, акты передачи в эксплуатацию, паспорт сооружения, журналы наблюдений за работой конструкций, документы о ремонтах и т.д.);

- осмотр объекта в натуре — наиболее ответственная часть обследования. Установление соответствия между предъявленной документацией и сооружением в натуре. Детальный осмотр элементов сооружения с целью выявления повреждений;

- обмеры — проверка генеральных размеров и конфигурации сооружения. Контроль сечений и проверка очертаний ответственных элементов;

- выявление и регистрация осадок, повреждений, трещин.

Основные виды испытаний конструкций и сооружений. Основные понятия об оценке надежности конструкций, зданий и сооружений: безотказность, долговечность, ремонтнопригодность.

Вопросы для самопроверки

Приведите классификацию обследований и испытаний.

Перечислите задачи испытаний эксплуатируемых сооружений.

Назовите особенности проведения приемочных испытаний и испытаний в научно-исследовательских целях.

Обоснуйте необходимость проведения тщательного осмотра сооружения при его обследовании.

Содержание основных операций при обследовании сооружения.

Что выявляется при обследовании сооружения?

Какие приспособления и приборы применяются при обследовании сооружений для выявления дефектов и повреждений?

Контроль качества материалов и конструкций

Особое внимание при изучении раздела следует уделить показателям качества строительной продукции. Номенклатура показателей фиксируется в стандартах, технических условиях и другой нормативно-технической документации.

Контроль качества играет первостепенную роль в управлении качеством продукции. Входной, операционный, приемочный контроль. Выборочный и сплошной, разрушающий и неразрушающий контроль.

Основные группы операций при обследовании конструкций и материалов:

- определение физико-механических характеристик материала (прочности, деформативности, объемной массы, однородности, влажности);
- дефектоскопия материалов и соединений (нарушение сплошности, поражение гниением или коррозией);
- толщинометрия (для конструкций, доступных при измерении только с одной стороны);
- проверка химического состава и структуры материала.

Студент должен изучить способы оценки качества материала в сооружении:

- способы, связанные с отбором образцов и нарушением сплошности материала;
- неразрушающие методы, когда все измерения производят непосредственно на объекте без повреждения конструкций;
- промежуточные, не требующие выемки образцов, но оставляющие на объекте следы проведенных операций (например, вмятины на поверхности).

Следует подробно изучить приемы отбора образцов материала, в том числе образцов из металлических, бетонных и деревянных конструкций.

Необходимо научиться правильно оценивать прочность материала с применением прибора Польди, эталонного молотка Кашкарова и др.

Студент должен иметь представление о использовании в обследованиях и испытаниях конструкций, особенно эксплуатируемых, неразрушающих методов контроля качества материалов, сварных соединений и других параметров. Эффективно комплексное применение различных методов неразрушающего контроля, взаимно контролирующих и дополняющих друг друга.

Вопросы для самопроверки

Перечислите виды контроля качества строительной продукции.

Назовите способы взятия образцов в металлических конструкциях.

То же, в деревянных конструкциях.

То же, в бетонных конструкциях.

Как оценить прочность металла без разрушения конструкций?

То же, бетона.

То же, древесины.

Приведите классификацию неразрушающих методов контроля качества материалов.

В чем преимущество неразрушающих методов контроля качества материалов?

Какие методы неразрушающего контроля качества применяются в бетонных и железобетонных конструкциях?

То же, в металлических конструкциях?

То же, в конструкциях из дерева и пластмасс?

Какие физические принципы положены в основу неразрушающих методов контроля качества материалов?

Для определения каких физико-механических характеристик используются неразрушающие методы испытаний?

Статические испытания

Определяемые характеристики: несущая способность, жесткость и трещиностойкость. В зависимости от поставленных задач испытания подразделяются на приемочные и научно-исследовательские, испытания эксплуатируемых сооружений и конструкций серийного производства.

Важное значение имеет выбор элементов сооружений и схемы загрузки при соблюдении следующих принципов: минимальное количество нагруженных элементов при минимальных затратах времени и средств; нагружение наиболее интенсивно работающих элементов и имеющих возможно четкую схему статического опирания.

Следует знать основные подходы при назначении режима испытаний, при выборе вида и величины испытательной нагрузки.

Должно быть уделено внимание изучению испытательного оборудования и измерительных приборов, применяемых при статических испытаниях конструкций. Для измерения линейных перемещений применяются прогибомеры и индикаторы; угловых перемещений — клинометры и отвесы; линейных деформаций — механические тензометры и тензорезисторы; для измерения усилий — динамометры. Следует тщательно изучить принципы работы приборов, уметь правильно их размещать на испытываемых конструкциях.

Студент должен знать методы проверки приборов и оценки погрешности измерений, овладеть методами статистической обработки результатов испытаний, знать основные правила техники безопасности.

Вопросы для самопроверки

Назовите основные характеристики, определяемые при статических испытаниях.

Перечислите задачи статических испытаний.

Как выбрать элементы для испытаний?

Как выбрать схемы загрузки?

Перечислите основные требования, предъявляемые к статическим нагрузкам, виды нагрузок, способы и средства их приложения.

Какие параметры регламентируют режим испытания?

Какова продолжительность нагружения испытываемого сооружения в соответствии с требованиями норм?

Перечислите измерительные приборы, применяемые при статических испытаниях.

Назовите приборы для измерения линейных перемещений и деформаций.

Как измерить перемещения с помощью геодезических инструментов и фотометрических методов?

Дают ли тензометры и тензорезисторы непосредственно величину измеряемого напряжения?

Как обработать результаты испытаний с использованием методов статистики?

Динамические испытания

При изучении этого раздела необходимо знать основные характеристики динамической работы строительных конструкций. Особое внимание должно быть уделено видам и характеру воздействия динамических нагрузок на конструкции и сооружения. Для оценки работы конструкций необходимо знать основные формы колебаний и соответствующие им спектры частот.

Важно разобраться с явлением резонанса, уметь определять по резонансным кривым частоты собственных колебаний исследуемых элементов и интенсивность затухания возникших колебаний.

Следует знать принципы действия вибрационных машин и аппаратуру для измерения вибрационных характеристик.

Необходимо уметь определять частоту и амплитуду колебаний по записи вибрографа и вычислять частоту собственных и вынужденных колебаний теоретически.

Вопросы для самопроверки

Цели и задачи испытаний конструкций динамической нагрузки.

Назовите основные виды динамических испытаний.

Какие задачи решают в ходе вибрационных испытаний?

Какова работа конструкций при динамическом воздействии? Собственные и вынужденные колебания конструкции. Явление резонанса.

В чем заключается принцип работы вибрационной машины?

Какие способы применяют для получения собственных колебаний?

Объясните влияние резонанса на несущую способность конструкции.

Перечислите динамические характеристики материала.

Объясните физический смысл коэффициента поглощения. Логарифмический декремент колебаний и способы его определения.

Перечислите способы измерения перемещений при динамических испытаниях.

Перечислите характеристики, определяемые при испытании ударной нагрузкой.

То же при испытании вибрационной нагрузкой.

Назовите особенности обработки результатов динамических испытаний.

Основы метрологии и стандартизации в строительстве

Роль метрологии как науки об измерениях, методах и средствах для обеспечения требуемой точности с целью повышения качества изготовления и монтажа строительных конструкций,

деталей и узлов. Система метрологической аттестации средств измерений. Требования обязательной государственной и ведомственной проверки средств измерений.

Основные задачи стандартизации. Стандарты государственные, отраслевые и стандарты предприятий, стандарты методов испытаний, правил приемки, маркировки и т. д.

Вопросы для самопроверки

Какие задачи решаются метрологией в строительстве?

Назовите основные системы метрологического обеспечения.

Стандарты, их классификация по сфере действия и содержанию.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

В контрольной работе студент должен ответить на заданные ему вопросы и решить три задачи, связанные с постановкой и обработкой испытаний строительных конструкций

Задание к выполнению раздела 1

В письменном виде дать ответы на поставленные в табл. 1 вопросы. В необходимых случаях привести схемы и основные расчетные формулы. Общий объем текста — 3 страницы формата А4 (включая схемы и формулы).

Задание к выполнению раздела 2

В практике испытаний конструкций и сооружений иногда приходится отступать от расчетных схем с целью экономии загрузочного материала и времени на проведение испытаний. Наиболее часто этот прием применяется при испытаниях статически неопределимых неразрезных конструкций (балок, плит и т. д.). Экономический эффект в этих случаях может быть достигнут либо загрузением не всех пролетов конструкции, либо загрузением одного пролета, но нагрузкой большей интенсивности.

Таблица 1

Вариант (пред- последняя цифра учебного шифра)	Вопрос	Литература
1, 2	Задачи и состав работ по обследованию сооружений. Порядок проведения наружных осмотров. Замеры и инструментальные съемки. Перерасчет конструкций.	1, 2, 3, 5
3, 4	Статические испытания. Испытательная нагрузка, ее виды и требования к ней. Нагрузочные устройства, вспомогательное оборудование, меры по обеспечению безопасности испытаний	1, 2, 3, 5
5, 6	Распределение пробных нагрузок на исследуемых конструкциях. Выбор элементов для испытаний. Выбор схемы загрузки. Эквивалентные схемы загрузки	1, 2, 3, 5
7, 8	Размещение приборов на испытываемой конструкции. Измерение линейных и угловых перемещений, прогибов. Измерение напряжений в конструкции и ее элементах	1, 2, 3, 5
9, 0	Динамические испытания. Динамические характеристики, определяемые при испытаниях. Испытательная нагрузка, требования к ней, ее виды. Ударные приспособления. Вибрационные машины	1, 2, 3, 5, 6

Целью данного раздела является определение расчетного изгибающего момента в заданном сечении неразрезной четырехпролетной балочной конструкции при двух схемах загрузки: по расчетной схеме (при самом невыгодном загрузении ее пролетов) и по упрощенной схеме, предлагаемой в задании.

Необходимо вычислить и сравнить между собой величины моментов по обеим схемам загрузки и дать экономическую оценку упрощенного варианта.

Методические указания к выполнению раздела 2

По табл. 2 в соответствии с учебным шифром студента находится вариант задания. Производится расчет момента по расчетной (верхней) схеме в сечении, отмеченном в табличке задания вертикальной чертой. Черта на схеме поставлена либо в середине пролета, либо над опорой.

Аналогично выполняются вычисления для второго варианта загрузки (нижняя схема). Полученные результаты сравниваются между собой в процентах.

Неразрезная четырехпролетная балочная система является трижды статически неопределимой. Расчет такой системы производится путем превращения ее в статически определимую с удовлетворением ряда дополнительных условий, связанных с таким превращением. Для определения неизвестных изгибающих моментов следует применять теорему о трех моментах.

Длины пролетов в табл. 2 показаны в метрах, величина равномерно распределенной нагрузки равна 10 кН/м.

Необходимо вычертить расчетную схему балки, эпюры изгибающих моментов и привести расчеты с необходимыми пояснениями.

Задание к выполнению раздела 3

По результатам механических испытаний проволоки диаметром 6 мм для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций определить следующие статистические характеристики временного сопротивления разрыву σ_g :

- выборочное среднее \bar{x} , кгс/мм²;
- среднее квадратичное отклонение (эмпирический стандарт) S , кгс/мм²;
- наибольшую вероятную ошибку ϵ_β и границы доверительного интервала I_1 и I_2 при доверительной вероятности β ;
- коэффициент однородности K_0 .

		Вариант (последняя	
Вариант (последняя цифра учебного шифра)		1; 6	2; 7
	1; 6		
	2; 7		
	3; 8		
	4; 9		
	5; 0		

Таблица 2

цифра учебного шифра)		
3; 8	4; 9	5; 0

Методические указания к выполнению раздела 3

Результаты механических испытаний приведены в табл. 5. Элемент, стоящий на пересечении столбца и строки, включается в выборку один раз, т. е. общее число элементов выборки n равно 19.

Выборочное среднее вычисляется как среднее арифметическое из n элементов выборки:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

Границы доверительного интервала I_1 , I_2 рассчитываются по формулам:

$$I_1 = \bar{x} - \varepsilon_\beta; \quad \varepsilon_\beta = \bar{S} t_\beta;$$

$$I_2 = \bar{x} + \varepsilon_\beta; \quad \bar{S} = \frac{S}{\sqrt{n}}.$$

Здесь ε_β — наибольшая вероятная ошибка при оценке истинного значения \bar{x} ;

\bar{S} — среднее квадратичное отклонение выборочного среднего;

t_β — параметр, зависящий от доверительной вероятности.

Величина σ_β распределена по нормальному закону.

Значения параметра t_β даны в табл. 3 в соответствии с учебным шифром студента.

Таблица 3

Показатели	Вариант (первая цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
β	0,95		0,96		0,97		0,98		0,99	
t_{β}	1,960		2,053		2,169		2,325		2,576	

Для статистических расчетов используются данные табл. 5.

Вычисление выборочного среднего \bar{x} и эмпирического стандарта S рекомендуется выполнять в форме табл. 4.

Таблица 4

i	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1
2			
.			
.			
.			
19			

$$\sum_{i=1}^n x_i =$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 =$$

Выборочное среднее \bar{x} определяется как сумма всех строк колонки 2, деленная на $n = 19$; сумма всех строк колонки 4 используется при вычислении S .

Коэффициент однородности определяется по формуле:

$$K_0 = \frac{\bar{x} - 3S}{\bar{x}}$$

Рекомендуемая литература [1; 2; 4].

Таблица 5

Временное сопротивление x , кгс/мм²

Предпоследняя цифра учебного шифра	Вариант (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	174,5	181,5	174,5	173,5	172,0	172,0	175,0	177,0	172,5	175,0
2	182,5	172,5	175,5	176,0	176,0	177,5	178,0	179,5	179,5	178,5
3	180,0	172,5	177,0	180,0	182,5	181,5	177,5	176,5	177,0	177,5
4	176,0	177,5	175,5	173,0	175,5	177,5	176,5	177,5	176,5	176,0
5	176,5	175,5	175,5	177,5	176,5	176,5	172,5	177,0	175,0	174,5
6	182,5	183,5	183,5	182,5	178,5	181,5	182,5	180,0	179,0	188,0
7	176,5	174,0	178,0	176,5	173,5	177,5	173,0	175,5	180,0	177,0
8	182,5	176,0	175,5	177,0	177,5	174,5	172,5	177,5	178,5	175,5
9	176,5	180,0	178,0	177,5	177,0	181,5	178,5	181,0	182,5	177,5
0	175,0	176,0	175,5	177,5	176,0	180,0	177,0	174,5	180,5	176,5

Задание к выполнению раздела 4

Определить круговую частоту собственных колебаний ω (с^{-1}) двутаврового стержня (рис.1) или двутавровой балки из стали и объяснить явление резонанса. Собственным весом конструкции пренебречь. Данные для расчета принять по табл. 6 в соответствии с учебным шифром студента.

В табл. 6: N — номер прокатного двутавра; l — величина пролета балки или длина стержня, м; G — вес груза, тс.

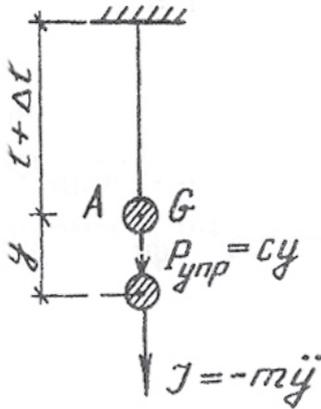


Рис. 1

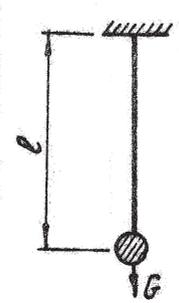
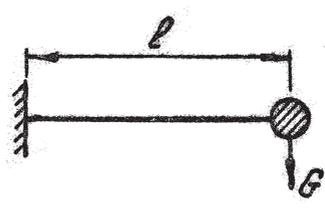
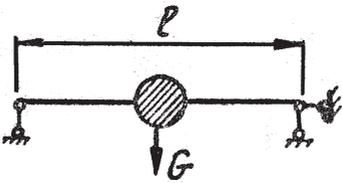
Предпоследняя цифра шифра	Вид опирания балки	Обозначения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1		N 1 G
2		N 1 G
3		N 1 G
4		N 1 G
5		N 1 G
6		N 1 G

Таблица 6

Вариант (последняя цифра шифра)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24 5,0 5,10	40 6,5 2,25	27 5,0 6,32	30 6,0 3,25	22 5,5 5,00	33 4,5 1,33	40 6,0 2,35	33 5,0 1,55	40 6,0 2,54	27 4,5 6,85
30 6,5 7,23	33 6,0 2,67	40 6,0 17,4	27 5,6 6,98	30 6,0 9,64	45 5,0 18,4	22 6,0 5,12	45 5,5 15,3	33 4,5 9,2	40 4,5 14,7
30 7,0 5,62	24 5,0 5,00	33 6,0 11,2	40 6,0 13,8	30 6,5 7,12	27 6,5 6,35	24 5,0 5,81	40 6,0 21,4	36 5,0 14,7	45 5,5 21,8
24 6,0 1,02	40 7,0 0,97	27 5,0 0,34	40 5,0 0,62	33 5,0 0,43	22 5,0 0,15	45 6,5 1,30	24 5,5 0,18	45 6,5 1,10	22 5,0 0,10
27 5,0 0,73	30 7,0 0,85	27 5,5 0,11	27 6,5 0,23	33 6,0 0,96	40 6,5 1,03	33 5,5 0,68	40 7,0 0,53	33 5,5 0,42	40 5,5 0,39
40 6,5 1,50	22 5,0 0,44	33 6,5 0,68	40 7,0 0,79	27 4,5 0,21	33 6,0 0,35	27 5,0 0,41	33 6,0 0,64	22 4,5 0,10	33 4,5 0,42

1	2	3
7		N 1 G
8		N 1 G
9		N 1 G
0		N 1 G

Окончание табл. 6

<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
24	40	22	22	33	30	38	36	30	30
5,0	5,0	4,5	5,0	6,0	6,0	5,0	5,5	6,0	5,5
2,01	3,15	1,80	1,02	2,90	1,88	3,01	2,50	1,82	2,00
40	22	45	27	30	27	36	30	45	30
7,0	5,0	4,5	5,0	6,0	5,0	5,5	6,0	6,0	5,5
3,40	1,84	3,55	1,70	2,45	2,01	4,11	2,12	4,21	2,00
27	45	27	27	30	36	45	45	24	45
4,5	5,5	4,5	5,0	6,0	5,0	6,5	5,5	5,5	5,5
2,18	4,07	3,00	2,00	1,98	2,97	2,48	4,32	2,65	2,22
36	27	27	33	45	24	24	24	27	36
5,0	6,0	6,0	7,0	6,0	5,0	5,0	5,5	5,0	5,5
3,32	2,32	1,50	3,19	4,11	2,01	2,01	1,65	2,01	2,61

Методические указания к выполнению раздела 4

Конструкцию с подвешенным на ней грузом G можно рассматривать как систему с одной степенью свободы (см. рис. 1), находящуюся в равновесии под действием восстанавливающей упругой силы $P_{\text{упр}} = cy$ (c — жесткость системы) и силы инерции $J = -my$. Составляя условие равновесия для этих сил, получим:

$$m \ddot{y} + cy = 0. \quad (4.1)$$

где $\ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2} = -$ ускорение при колебании, или

$$\ddot{y} + \omega^2 y = 0. \quad (4.2)$$

Здесь ω — круговая частота собственных колебаний системы;

$$m = \frac{G}{g} \text{ — масса груза.}$$

Круговая частота свободных колебаний системы определяется по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (4.3)$$

Жесткость системы для стержня по схеме, показанной на рис. 1, $c = \frac{EA}{l}$. (4.4)

Для консольной балки с сосредоточенной нагрузкой на свободном конце $c = \frac{3EI}{l^3}$. (4.5)

Для балки, свободно лежащей на двух опорах с сосредоточенной нагрузкой в середине пролета $c = \frac{48EI}{l^3}$. (4.6)

В этих формулах:

E — модуль упругости стали;

A — площадь сечения стержня;

I — момент инерции сечения;

l — длина стержня или пролет балки.

Дифференциальное уравнение (4.2) представляет собой уравнение собственных незатухающих колебаний системы с одной степенью свободы. Искомая частота собственных колебаний системы определяется по формуле (4.3). Жесткость системы c , характеризующая ее упругие свойства, численно равна силе, которую необходимо приложить к системе в точке A (см. рис. 1), чтобы переместить ее на величину, равную единице.

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рабочая программа
и задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *Г.В.Тимченко*
Компьютерная верстка *Л.В.Орлова*

Тип. зак.
Подписано в печать 25.09.08
Усл. печ. л. 2,0

Изд. зак.210
Гарнитура NewtonС

Тираж 500 экз.
Формат 60×90¹/₁₆

Издательский центр и Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2