Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.09.2025 16:07:08
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ К.И. Лушин
27 февраля 2025 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика и устойчивость сооружений

Специальность
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация
Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Квалификация
Инженер-строитель

Формы обучения
Очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

Должность, степень, звание
Доцент, кандидат архитектуры, с.н.с. /  / Е.Н. Зайченко
И.О. Фамилия

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Промышленное, гражданское и
подземное строительство», к.т.н.,
доцент  / И.С. Пуляев /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 6
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 6
3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
3.3 Содержание дисциплины 8
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 10
4.2 Основная литература 10
4.3 Дополнительная литература 11
4.4 Электронные образовательные ресурсы 11
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы..... 11
5. Материально-техническое обеспечение 12
6. Методические рекомендации 12
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 12
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 13
7. Фонд оценочных средств 13
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
7.3 Оценочные средства 13

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

«Динамика и устойчивость сооружений» - специальная дисциплина, которая входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений подготовки инженеровстроителей по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

К **основным целям** освоения дисциплины «Динамика и устойчивость сооружений» является формирование знаний, умений и навыков по исследованию и расчету динамики и устойчивости элементов сооружений.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Динамика и устойчивость сооружений» следует отнести:

– построение расчетных схем и математических моделей для исследования динамики и устойчивости элементов сооружений;
– исследования вибрационных, ударных и переходных в сооружениях при воздействии на них динамических нагрузок;
– исследования устойчивости сооружений – способностью сооружения
противостоять действию сил, стремящихся вывести его из состояния равновесия;
– решение проблем виброзащиты, виброизоляции и шумоглушения.

Обучение по дисциплине «Динамика и устойчивость сооружений» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК – 3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИОПК-3.1. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, методы алгебры и математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления, численных методов; физические явления и законы механики, термодинамики, электричества магнетизма, оптики. ИОПК-3.2 Выполняет анализ и моделирование, теоретические и экспериментальные исследования при решении профессиональных задач с использованием физико-математического аппарата. ИОПК-3.3. Применяет методы выявления проблем в электроэнергетической отрасли с использованием навыков аналитического и экспериментального исследования основных физических законов и технологических процессов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Динамика и устойчивость сооружений» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базовой части учебного цикла (Б1.1.34). Дисциплина логически взаимосвязана со следующими дисциплинами и практиками ООП:
Математический анализ;
Линейная алгебра;
Физика.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(е) единиц(ы) (216 часа). Изучается на 8 и 9 семестрах обучения. Форма промежуточной аттестации: экзамен в 9 семестре, зачет во 8 семестре.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			8	9
1	**Аудиторные занятия**	**108**	**54**	**54**
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	72	36	36
1.3	Лабораторные занятия		нет	нет
2	**Самостоятельная работа**	**108**	**54**	**54**
	В том числе:			
2.1	Подготовка и защита курсового проекта			
2.2	Самостоятельное изучение	108	54	54
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Зачет	Экзамен
	Итого	216	108	108

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские / практические занятия	Лабораторные	Практическая подготовка	
1.	Основные понятия и положения аналитической динамики.	**26**	4	8			14
2.	Колебания линейных систем с одной степенью свободы.	**26**	4	8			14
3.	Колебания нелинейных систем с одной степенью свободы.	**26**	4	8	-		14
4.	Параметрические колебания и автоколебания.	**26**	4	8	-		14
5.	Колебания систем с конечным числом степеней свободы.	**38**	8	16	-		14
6.	Колебания систем с распределенными параметрами.	**26**	4	8	-		14
7	Основные понятия и положения теории устойчивости и критической нагрузки.	**24**	4	8			12
8	Методы расчета критических нагрузок.	**24**	4	8			12
	Итого	**216**	**36**	**72**	**-**		**108**

3.3 Содержание дисциплины Основные понятия и положения аналитической динамики.
Введение. Предмет, задачи и содержание дисциплины. Основные положения аналитической динамики. Механическая система. Связи. Степень свободы. Обобщенные координаты, скорости и ускорения. Основные принципы аналитической динамики: Лагранжа, Даламбера, Даламбера – Лагранжа, Гамильтона. Уравнение Лагранжа II – ого рода.

Колебания линейных систем с одной степенью свободы.
Составление уравнений движения. Свободные колебания. Графическое представление колебаний на фазовой плоскости. Свободные колебания с демпфированием. Вынужденные колебания. Реакция системы на импульсное воздействие. Функция Грина. Реакция системы на гармонические воздействия. Метод Фурье. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ). Особенности колебаний при кинематическом воздействии.

Колебания нелинейных систем с одной степенью свободы.
Свободные колебания. АЧХ. Фазовая траектория. Вынужденные колебания. Приближенные методы анализа. Метод линеаризации.

Параметрические колебания и автоколебания.
Уравнение Матье - Хилла. Диаграмма устойчивости. Предельные циклы, сепаратрисы.
Колебания систем с конечным числом степеней свободы.
Составления уравнений движения. Матричная форма записи уравнений движения.
Свободные колебания. Собственные частоты и собственные формы колебаний.
Вынужденные колебания. Метод спектральных представлений Фурье. Метод функции Грина. Метод главных координат.

Колебания систем с распределенными параметрами.
Продольные колебания стержня. Свободные колебания, спектр собственных частот и форм колебаний. Ортогональность собственных форм. Крутильные колебания вала.
Поперечные колебания балки.

Основные понятия и положения теории устойчивости и критической нагрузки.
Введение. Понятия о потере устойчивости и критической нагрузке.
Основные допущения и критерии устойчивости.

Методы расчета критических нагрузок.
Метод непосредственного интегрирования дифференциального уравнения изогнутой оси стержня. Расчет рам на устойчивость.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия
Практическая работа №1. Колебания линейной системы с одной степенью свободы.
Практическая работа №2. Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы. Свободные колебания.
Практическая работа №3. Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы. Вынужденные колебания.
Практическая работа №4. Расчет сооружений на сейсмическое воздействие.
Практическая работа №5. Расчет отдельных элементов сооружений на устойчивость.
Практическая работа №6. Расчет на устойчивость рамы.
Практическая работа №7. Колебания линейной системы с одной степенью свободы.
Практическая работа №8. Колебания линейной системы с двумя степенями свободы.
Практическая работа №9. Расчет модели высотного сооружения на колебания.
Практическая работа №10. Расчет на устойчивость сжатых стержней.

3.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрены учебным планом.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)
Курсовые работы не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены.

4.2 Основная литература

1. Дарков, А.В. Строительная механика [Электронный ресурс] : учеб. / А.В. Дарков, В.А. Шапошников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 656 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/121.
2. Васильков, Г.В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.В. Васильков, З.В. Буйко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 256 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5110.

4.3 Дополнительная литература

1. Светлицкий, В.А. Строительная механика машин. Механика стержней. В 2 т. Т.2. Динамика [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2009. — 384 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59574.
2. Кузьмин, Л.Ю. Строительная механика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Ю. Кузьмин, В.Н. Сергиенко. — Электрон. дан. — Санкт- Петербург: Лань, 2016. — 296 с.
— Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/76273.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР находится в разработке.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативнотехническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. НП «АВОК» – помощник инженера по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике https://www.abok.ru/
8. Е-ДОСЬЕ – Электронный эколог. Независимая информация о российских организациях, база нормативных документов и законодательных актов https://e-ecolog.ru/
9. www archi.ru
10. www.greenproekt.com

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами: АВ2218, АВ2224 и аудитории общего фонда. Для проведения семинарских и

лабораторных работ используются аудитории: АВ2226, и аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Динамика и устойчивость сооружений» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, семинарские/практические работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка и защита элементов и проектных решений и узлов избранного проекта и города.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебнометодической работы.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.
В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.
В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.
6.1.10. Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.
6.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.
6.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS Мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствие с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".
Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля: - контроль текущей успеваемости (текущий контроль); - промежуточная аттестация.
В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:
В восьмом семестре:
- подготовка и выполнение практических заданий и их защита; контрольная работа; тест; зачет.
В девятом семестре:

- выполнение практических заданий и их защита; контрольная работа; тест; защита практических работ; экзамен.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).
Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание: Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен.
Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Необходимым условием прохождения промежуточной аттестации является выполнение всех видов работ, предусмотренных данной рабочей программой по дисциплине «Архитектура гражданских и промышленных зданий». На дату проведения промежуточной аттестации студенты должны выполнить все виды учебной и самостоятельной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Архитектура гражданских и промышленных зданий».

Шкала оценивания для зачета:

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной и самостоятельной работы, предусмотренные РПД. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных РПД. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания для экзамена:

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной и самостоятельной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом может быть допущена незначительная ошибка, неточность, затруднение при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной и самостоятельной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной и самостоятельной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы:
самостоятельные работы, контрольная работа, тесты.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на 8 и 9 семестрах обучения в форме зачета и экзамена.

Зачет проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня.

Регламент проведения зачета и экзамена:

1. В билет включается (3) вопроса из разных разделов дисциплины и (одно, два) практических задания
2. Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и лабораторных занятиях (прилагается).
3. Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, устное собеседование - до 10 минут.
4. Проведение аттестации (зачета и экзамена) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий"

Форма, предусмотренная учебным планом – зачет и экзамен Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии. До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все расчетно-графические лабораторные работы, контрольные работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице: Перечень обязательных работ

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Самостоятельная\практическая работа.	Оформленные отчеты по всем работам, предусмотренные рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено».
Лабораторная работа.	Не предусмотрено.
Контрольная работа	Контрольные работы, выполненные на положительную оценку

Если не выполнен один или более видов учебной или самостоятельной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

7.3.3. Вопросы для подготовки к зачету

1. Задачи динамики сооружений.
2. Расчетные схемы и математические модели для исследования динамики сооружений.
3. Виды динамических нагрузок на сооружения.
4. Характеристики внешних динамических воздействий.
5. Степень свободы динамической системы.
6. Критерии устойчивости равновесия системы.
7. Способы составления уравнений движения механических систем.
8. Обобщенные координаты, скорости и ускорения механической системы.
9. Составления уравнений движения системы на основе уравнений Лагранжа 2-ого рода.
10. Свободные колебания линейной системы с одной степенью свободы.
11. Свободные колебания линейной системы с одной степенью свободы и вязким трением.
12. Сухое и вязкое трение. Декремент и логарифмический декремент колебаний.
13. Вынужденные колебания линейной системы с одной степенью свободы. Реакция на произвольное нагружение.

14. Реакция линейной диссипативной системы с одной степенью свободы на гармоническое воздействие.
15. Реакция линейной диссипативной системы с одной степенью свободы на периодическое негармоническое воздействие.
16. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) линейной диссипативной системы с одной степенью свободы.
17. Колебания линейной диссипативной системы с одной степенью свободы при кинематическом воздействии.
18. Защита от вибрации. Коэффициент вибропередачи.
19. Колебания нелинейной упругой системы с одной степенью свободы. Свободные колебания без потерь.
20. Вынужденные колебания нелинейной упругой системы с одной степенью свободы при гармоническом нагружении.
21. Амплитудно-частотная характеристика нелинейной системы с одной степенью свободы.
22. Понятие о параметрических колебаниях. Уравнение Матье.
23. Понятие о автоколебаниях.
24. Свободные колебания систем с конечным числом (2 и более) степеней свободы.

7.3.4. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Собственные частоты и собственные формы колебаний систем с конечным числом (2 и более) степеней свободы.
2. Векторно-матричная форма записи уравнений движения систем с конечным числом (2 и более) степеней свободы.
3. Вынужденные колебания систем с конечным числом (2 и более) степеней свободы.
4. Вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы при гармоническом нагружении. Динамический виброгаситель.
5. Свободные продольные колебания стержня.
6. Свободные крутильные колебания вала.
7. Свободные изгибные колебания балки.
8. Понятие о потере устойчивости и критической нагрузки.
9. Основные допущения и критерии устойчивости.
10. Определение критической нагрузки методом интегрирования дифференциального уравнения изогнутой оси стержня.
11. Гибкость стержня. Радиус инерции поперечного сечения стержня.
12. Критическая сила и критическое напряжение для стержня.
13. Диаграмма зависимости критического напряжения от гибкости стержня. Три типа стержней.
14. Предельная гибкость стержня. Типы стержней в зависимости от величины гибкости.
15. Критическое напряжение для стержней большой гибкости. Формула Л. Эйлера.
16. Критическое напряжение для стержней средней гибкости. Эмпирическая формула Ф.С. Ясинского.
17. Условие устойчивости сжатого стержня. Допускаемое напряжение на устойчивость. 18. Практический расчет на устойчивость сжатия стержней с использованием коэффициента снижения основного допускаемого напряжения на сжатие или с помощью коэффициента продольного изгиба стержня.
19. Расчет коэффициента запаса устойчивости сжатого стержня.
20. Три вида расчета на устойчивость: проверочный, определение допускаемой нагрузки и проектный расчет по подбору размеров поперечного сечения стержня.
21. Рациональные формы сечений стержней, работающих на сжатие.