

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА МАШИН

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровое моделирование механических систем и процессов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Заочная
Факультет	И Робототехника и инновационная инженерия
Выпускающая кафедра	ИЗ Механика деформируемого твердого тела
Кафедра-разработчик рабочей программы	ИЗ Механика деформируемого твердого тела

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	8	2	4	2	136	0	0	136	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

15.03.03 Прикладная механика

год набора группы: 2026

Программу составили:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Титух Игорь Николаевич, к.т.н., доцент, доцент

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Воронов Алексей Сергеевич, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

НЗ Механика деформируемого твердого тела

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА МАШИН

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-8.1 — Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

ПК-8.2 — Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-8.1

знания:

Основные этапы кинематического и динамического анализа механических систем с использованием CAE-пакетов;

умения:

Строить или адаптировать твердотельную CAD-модель механической системы для последующего импорта в CAE-модуль;

навыки:

Проведение параметрических исследований: анализ влияния жесткости опор, массы исполнительных органов или скорости вращения на динамические характеристики.

ПК-8.2

знания:

Принципы задания динамических нагрузок (гармонические, ударные, случайные вибрации) и законов движения ведущих звеньев;

умения:

Сравнивать результаты численного моделирования (CAE) с расчетами по аналитическим формулам;

навыки:

Формулировать рекомендации по изменению конструкции (добавление ребер, изменение сечения, установка демпферов) на основе полученных данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДИНАМИКА МАШИН** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН, УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ, МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ФИЗИКА, ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ, УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, МЕХАНИКА СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА, ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-11 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии
- ПК-8.1 — Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач
- ПК-8.2 — Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружении, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-8.1	ПК-8.2
4	7	Раздел 1. Собственные колебания. 1. Понятие собственных колебаний; 2. Собственные колебания одномассовых систем; 3. Собственные колебания двумассовых систем; 4. Собственные колебания систем со многими степенями свободы; 5. Собственные колебания систем с распределенными инерционно-жесткостными параметрами. Продольные колебания стержня. Крутильные колебания вала. Изгибные колебания балок; 6. Энергетический метод определения собственных частот и форм колебаний; 7. Конечно-элементное решение задач на определение собственных форм и частот колебаний инженерных систем.	72	4	1	2	1	68	50	50
4	7	Раздел 2. Гармонические колебания. 1. Понятие вынужденных колебаний; 2. Вынужденные колебания одномассовых систем; 3. Амплитудно-фазовая характеристика. Амплитудно-частотная характеристика; 4. Влияние демпфирования. Коэффициент демпфирования. Коэффициент динамичности; 5. Конечно-элементное решение задач на вынужденные колебания; 6. Движение деформируемых тел при действии аperiodической нагрузки. Интеграл Дюамеля.	72	4	1	2	1	68	50	50
Всего за 7 семестр			144	8	2	4	2	136	100	100
Всего по дисциплине			144	8	2	4	2	136	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Собственные колебания.	Определение собственных частот и форм колебаний стержней и стержневых систем	1
2	Раздел 2. Гармонические колебания.	Расчет на прочность стержневой системы при действии гармонической вибрации точным методом	1
Всего за 7 семестр			2

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Собственные колебания.	Конечно-элементное решение задачи об определении собственных колебаний рамы в ПК ANSYS	2
2	Раздел 2. Гармонические колебания.	Построение амплитудно-частотной характеристики стержневой системы	1
3		Расчет на прочность стержневой системы при действии гармонической вибрации	1
Всего за 7 семестр			4

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Собственные колебания.	Решение индивидуального практического задания	20
2		Оформление отчета о лабораторной работе	20
3		Изучение литературы по тематике дисциплины	28
4	Раздел 2. Гармонические колебания.	Подготовка к экзамену	20
5		Решение индивидуального практического задания	15
6		Оформление отчета о лабораторной работе	15
7		Изучение литературы по тематике дисциплины	18
Всего за 7 семестр			136

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Ю. Кирпичников. . Резонансная вибрация и звукоизлучение инженерных конструкций. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
2. И. И. Вульфсон. . Динамика машин. Колебания. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
3. <https://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Интерактивная доска.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ДИНАМИКА МАШИН** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Н Робототехника и инновационная инженерия* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *НЗ Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-8.1 Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач;

ПК-8.2 Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с расчетами механических систем на динамическую нагрузку - вибрационную и ударную.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**2 ч.**), практические занятия (**2 ч.**), лабораторный практикум (**4 ч.**), самостоятельная работа студента (**136 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 8 ч. аудиторных занятий, и 136 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Собственные колебания.		
Решение индивидуального практического задания	И. И. Вульфсон. . Динамика машин. Колебания: Москва: Юрайт, 2020 (1-3) В. Ю. Кирпичников. . Резонансная вибрация и звукоизлучение инженерных конструкций: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-3)	20
Оформление отчета о лабораторной работе		20
Изучение литературы по тематике дисциплины		28
Итого по разделу 1		68
Раздел 2. Гармонические колебания.		
Подготовка к экзамену	И. И. Вульфсон. . Динамика машин. Колебания: Москва: Юрайт, 2020 (1-3)	20
Решение индивидуального практического задания		15
Оформление отчета о лабораторной работе		15
Изучение литературы по тематике дисциплины		18
Итого по разделу 2		68

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- лабораторная работа;
- индивидуальное практическое задание;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы к экзамену

1. Понятие собственных колебаний. Уравнение для одномассовой системы;
2. Собственные колебания систем с двумя степенями свободы;
3. Собственные колебания систем со многими степенями свободы;
4. Собственные колебания стержня (продольные);
5. Собственные колебания вала (крутильные);
6. Собственные колебания балки (изгибные);
7. Вынужденные колебания. Определение. Уравнение для одномассовой системы;
8. АЧХ и ФЧХ. Вид для одномассовой системы;
9. Виды демпфирования;
10. Решение уравнения вынужденных колебаний одномассовой системы. Интеграл Дюамеля;
11. Уравнение движения при действии гармонической нагрузки. Сущность метода суперпозиций и полного метода;
12. Методы численного решения уравнения движения деформируемых систем;

Лабораторная работа

Лабораторная работа - конечно-элементное определение собственных частот и форм колебаний стержней и стержневых систем. Расчет при действии апериодической динамической нагрузки.

Для того, чтобы лабораторная работа была принята в ней должны отсутствовать существенные ошибки и неточности. После верного выполнения работа защищается путем письменного ответа на вопросы преподавателям по тематике ЛР

Индивидуальное практическое задание

Индивидуальное практическое задание размещено в соответствующем курсе в ЭИОС Moodle.voenmeh.ru

Тематика ИПЗ - аналитическое определение собственных форм и частот колебаний рамы. Оценка прочности рамы при действии гармонической нагрузки.

Для того, чтобы ИПЗ было принято преподавателем в нем должны отсутствовать существенные ошибки и неточности; задание должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017

Экзамен

Экзамен проходит в формате письменного ответа на вопросы, размещенные в УМК дисциплины.

Каждому обучающемуся предоставляется 3 вопроса в билете.

Критерии перевода:

Верный ответ на 1 вопрос - "Удовлетворительно"

Верные ответы на 2 вопроса - "Хорошо"

Верные ответы на все 3 вопроса - "Отлично"

В течении семестра действует балльно-рейтинговая система (БРС) оценки знаний. Обучающийся имеет право на получение оценки в соответствии с БРС без дополнительной сдачи экзамена в формате, описанном выше.

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания:

85 - 100 «отлично»

75 – 84 «хорошо»

60 - 74 «удовлетворительно»

менее 60 «неудовлетворительно»

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-8.1	ПК-8.2	
4	7	Раздел 1. Собственные колебания.	72	4	1	2	1	68	50	50	Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание, Лабораторная работа
4	7	Раздел 2. Гармонические колебания.	72	4	1	2	1	68	50	50	Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание, Лабораторная работа
Всего за 7 семестр			144	8	2	4	2	136	100	100	
Всего по дисциплине			144	8	2	4	2	136	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ДИНАМИКА МАШИН

ПК-8.1 - Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

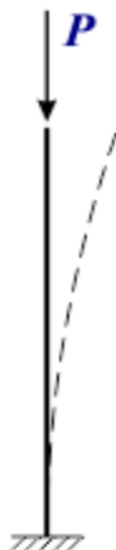
- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Закончите определение. Коэффициент, который показывает, во сколько раз амплитуда измеряемой величины при гармонических колебаниях выше амплитуды измеряемой величины при статическом нагружении - это...
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Зачастую, при анализе прочности конструкций при действии динамических нагрузок уровень диссипации энергии описывается с помощью одного коэффициента - ... Ответ дайте в именительном падеже
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между схемой закрепления сжимаемого стержня и коэффициентом приведения длины, который ей соответствует. Каждой позиции левого столбца сопоставьте позицию в правом столбце.

Литера

Схема закрепления

Коэффициент
№ приведения
длины

А



1 0.5

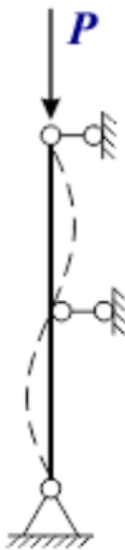
Б



2 1

В

3 2



Г

4

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между уравнением метода конечных элементов и задачей, для решения которой оно используется. Каждой позиции левого столбца сопоставьте позицию в правом.

Литера	Решаемая задача	№	Уравнение МКЭ
А	Определение собственных частот колебаний системы	1	$\{u\} = [K]^{-1}\{P\}$
Б	Анализ переходных процессов	2	$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\}$
В	Статика деформируемых систем	3	$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{P\}$
Г	Воздействие гармонической вибрации на конструкцию	4	

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность этапов проведения анализа устойчивости конструкции в ANSYS Workbench

1. Анализ результатов;

2. Проведение анализа статической прочности;
 3. Импорт/создание геометрии и конечно-элементной модели;
 4. Импорт результатов Static Structural в модуль Eigenvalue Buckling;
 5. Задание граничных условий;
 6. Решение задачи об устойчивости системы.
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
- Установите последовательность этапов расчета механической системы на прочность при действии гармонической вибрации в ANSYS Workbench с учетом преднапряжения от статических нагрузок
1. Проведение анализа статической прочности;
 2. Импорт/создание геометрической и конечно-элементных моделей;
 3. Проведение модального анализа;
 4. Проведение анализа прочности при действии ГВ;
 5. Анализ результатов;
 6. Импорт результатов Static Structural в модуль Modal;
 7. Импорт результатов Modal в Harmonic Response;
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- В каком модуле в ANSYS Workbench проводится анализ переходных процессов?
1. Modal;
 2. Static Structural;
 3. Harmonic Response;
 4. Transient structural;
 5. Random vibration
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какое количество первых собственных частот у НЕЗАКРЕПЛЕННОГО тела равно нулю?
1. Три;
 2. Шесть;
 3. Все;
 4. Одна
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Из предложенного списка выберите уравнения для определения собственных частот колебаний одномассовой системы

1
$$m\ddot{x} + kx = 0$$

2
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

3
$$m\ddot{x} + kx = P(t)$$

4
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = P(t)$$

- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- От каких физико-механических параметров зависят собственные частоты колебаний механических систем?
1. Плотность;
 2. Модуль Юнга;
 3. Коэффициент линейного температурного расширения;

4. Предел прочности
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Чему численно равен коэффициент относительного демпфирования?
1. Отношение фактического коэффициента демпфирования к критическому;
 2. Отношение критического коэффициента демпфирования к фактическому;
 3. Отношение первых двух собственных частот;
 4. Отношение максимальной амплитуды колебаний при действии ГВ к амплитуде статического перемещения

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из представленных задач являются задачами динамики деформируемого твердого тела?

1. Расчет на усталостную прочность вала при действии знакопеременных нагрузок;
2. Расчет напряженно-деформированного состояния вращающегося диска турбомашин;
3. Анализ прочности печатной платы в составе ракеты, запускаемой в космос;
4. Расчет напряженно-деформированного состояния рессоры трактора при движении по неровностям

ПК-8.2 - Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
При действии сжимающей силы на прямой стержень его собственные частоты колебаний будут...
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
При действии растягивающей силы на прямой стержень его собственные частоты колебаний будут...
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Сопоставьте материал и его материальный коэффициент демпфирования

Материал	Материальный коэффициент относительного демпфирования
Сталь	0.0001
Резина	0.1
Дерево	0.05
Алюминий	0.01

- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите правильную последовательность действий инженера при расчете вынужденных колебаний жесткого ротора, вызванных эксцентриситетом массы, при изменении частоты вращения от 0 до резонансной области.

1. Запись уравнения движения ротора с учетом восстанавливающей силы (жесткость вала) и силы вязкого демпфирования.
2. Построение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) для оценки максимальной амплитуды колебаний.
3. Определение критической угловой скорости (частоты собственных колебаний) системы.
4. Составление выражения для вынуждающей силы, обусловленной дисбалансом (произведение массы дисбаланса на эксцентриситет и квадрат угловой скорости).
5. Нахождение частного решения дифференциального уравнения в виде гармонических колебаний с частотой вынуждающей силы.

- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что называется критической угловой скоростью вала ?

- А) Угловая скорость, при которой амплитуда вынужденных колебаний ротора становится равной нулю.
- Б) Угловая скорость, при которой частота собственных поперечных колебаний вала равна частоте его вращения.
- В) Угловая скорость, при которой момент сопротивления вращению становится максимальным.
- Г) Угловая скорость, при которой дисбаланс ротора автоматически исчезает за счет центробежных сил.

- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Для плоского кривошипно-ползунного механизма полное уравнивание сил инерции:

- А) достигается всегда с помощью одного противовеса на кривошипе.
- Б) практически невозможно без значительного усложнения конструкции, так как остается неуравновешенный момент сил.
- В) достигается полным статическим уравниванием всех звеньев.
- Г) не требуется при частоте вращения менее 1000 об/мин.

- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в хронологическом порядке физические эффекты, возникающие в механической системе (например, вибростенд с демпфером) при плавном увеличении частоты вынуждающей силы от нуля до значения, превышающего собственную частоту системы, при наличии вязкого трения.

1. Резкий рост амплитуды колебаний, ограниченный только силами демпфирования.

2. Практически статическое отклонение системы (амплитуда \approx статической деформации под действием амплитуды силы).
3. Опережение колебаний по фазе относительно вынуждающей силы на 180° (противофазные колебания).
4. Совпадение частоты вынуждающей силы с собственной частотой системы.
5. Сдвиг фазы колебаний относительно вынуждающей силы на 90° (резонансный сдвиг).
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
- Установите соответствие между типом неуравновешенности ротора и его графическим изображением на виброизмерительном приборе (вид годографа вектора дисбаланса) при разгоне через критическую частоту вращения

Тип дисбаланса	Форма годографа (траектория конца вектора вибросмещения)
1. Статический (эксцентриситет массы)	А. Окружность, смещенная относительно начала координат
2. Моментный (чистая парная сил)	Б. Замкнутая петля, вырождающаяся в отрезок прямой
3. Квазистатический (общий случай)	В. Эллипс, сужающийся в точку на резонансе
4. Динамический (эллиптическая прецессия)	Г. Прямая линия, проходящая через начало координат

- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- При прохождении гибким ротором первой критической скорости в условиях малого демпфирования фаза колебаний ротора относительно вектора дисбаланса изменяется скачком примерно на:**
- А) 0°
 Б) 45°
 В) 90°
 Г) 180°
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие из перечисленных мер позволяют снизить передачу вибрации от машины на основание (эффективность виброизоляции)?**
- (Выберите все верные варианты)
1. Увеличение массы виброизолируемой машины.
 2. Уменьшение частоты собственных колебаний виброизоляторов (снижение их жесткости).
 3. Увеличение коэффициента вязкого демпфирования в опорах выше оптимального значения.
 4. Расположение виброизоляторов как можно ближе к центру масс машины.
 5. Увеличение частоты возмущающей силы относительно собственной частоты системы (в зарезонансной области).
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Для параллельного динамического гасителя колебаний (гаситель Фрама) справедливы следующие утверждения:**
- (Выберите все верные варианты)
1. Гаситель эффективно подавляет колебания только на одной (своей резонансной) частоте.
 2. Присоединение гасителя создает две новые резонансные частоты (антирезонанс и расщепление резонансов).
 3. Масса гасителя должна быть как минимум равна массе основной системы.
 4. Оптимальная настройка гасителя достигается, когда его собственная частота равна частоте возмущающей силы.
 5. Без демпфирования в гасителе его работа возможна только при точной настройке на постоянную частоту возмущения.
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие из перечисленных утверждений о статической и динамической балансировке жестких роторов являются верными?**
- (Выберите все верные варианты)
1. Статическая балансировка на параллельных линейках позволяет выявить и устранить только статический дисбаланс (смещение центра масс).
 2. Если ротор отбалансирован статически, он автоматически считается отбалансированным динамически.
 3. Для полной балансировки жесткого ротора (устранения и статического, и моментного дисбаланса) достаточно установить корректирующие массы в двух произвольных плоскостях коррекции.
 4. Ротор, имеющий только моментный дисбаланс (чистую пару сил), будет казаться статически уравновешенным (не создавать «тяжелой точки» при покое).

5. Динамическая балансировка всегда выполняется во вращающемся состоянии ротора с измерением вибрации на опорах.