

# ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)

УТВЕРЖДЕНА  
приказом ректора  
от «25» мая 2018 г. № 414-1

## Б1.В.ДВ.03.02 «Динамика транспортных сооружений»

### рабочая программа дисциплины

Специальность	23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей	
Квалификация	Инженер путей сообщения	
Форма обучения	заочная	
Нормативный срок обучения	6 лет	
Кафедра-разработчик	«Строительство железных дорог, мостов и тоннелей»	
Общая трудоемкость, з.е.	3	Виды контроля в семестрах:
Часов по учебному плану	108	Зачет, 3 курс

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Курс	3	Итого
Вид занятий	Часов по учебному плану	Часов по учебному плану
Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий	12	12
– лекции	6	6
– лабораторные	6	6
Самостоятельная работа	92	92
Зачет	4	4
Итого	108	108

Иркутск

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- |     |   |
|-----|---|
| 1.1 | Формирование у специалиста основных и важнейших представлений о динамической работе и реакции на различные динамические воздействия конструкций мостов, путепроводов, эстакад, а так же других транспортных сооружений. |
|-----|---|

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.ДВ.03.02
--------------------	---------------

### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

2.1.1	знание дисциплин: математика, физика, теоретическая механика, информатика, инженерная графика, сопротивление материалов
-------	---

2.1.2	владение следующими компетенциями: ОПК-1, ОПК-3, ОПК-7
-------	--

### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

2.2.1	Мосты на железных дорогах
-------	---------------------------

2.2.2	Содержание и реконструкция мостов и тоннелей
-------	--

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ОПК-7: способностью применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, о системах сил, напряжениях и деформациях твердых и жидких тел**

### Знать:

Уровень 1	основные понятия, принципы, гипотезы, объекты изучения, основные законы и теоремы в теории колебаний; цели, задачи динамического расчета транспортных сооружений; возможности математического решения задач динамики сооружений.
-----------	--

Уровень 2	методы расчета динамической реакции простейших колебательных систем.
-----------	--

Уровень 3	современное состояние развития теории динамических расчетов конструкций; современные методы решения задач динамики сооружений с использованием высокопроизводительных алгоритмов решения и программные продукты, основанные на этих алгоритмах.
-----------	---

### Уметь:

Уровень 1	находить законы движения в системах с одной и многими степенями при отсутствии внешних воздействий (свободные колебания).
-----------	---

Уровень 2	находить законы движения в системах с одной и многими степенями в условиях гармонического внешнего воздействия с использованием динамического коэффициента; составлять расчетные схемы транспортных сооружений при расчетах на динамические воздействия.
-----------	--

Уровень 3	находить законы движения в системах с одной и многими степенями при произвольном динамическом воздействии с использованием программного обеспечения
-----------	---

### Владеть:

Уровень 1	методами оценки динамических характеристик сооружения
-----------	---

Уровень 2	методами оценки поведения конструкций при вынужденных колебаниях, методами расчета упругой системы на различные виды динамических воздействий
-----------	---

Уровень 3	методами численного решения задач динамики сооружений
-----------	---

**ПК-18: способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения**

### Знать:

Уровень 1	цели, задачи динамического расчета транспортных сооружений; возможности математического решения задач динамики сооружений
-----------	---

Уровень 2	особенности численного решения задач динамики сооружений
-----------	--

Уровень 3	современные методы решения задач динамики сооружений с использованием высокопроизводительных алгоритмов решения и программные продукты, основанные на этих алгоритмах.
-----------	--

### Уметь:

Уровень 1	решать динамические задачи на собственные и вынужденные колебания
-----------	---

Уровень 2	пользоваться вспомогательными способами решения динамических задач с использованием стандартного программного обеспечения (например: mathcad)
-----------	---

Уровень 3	составлять расчетные схемы транспортных сооружений при расчетах на динамические воздействия
-----------	---

### Владеть:

Уровень 1	технологией расчета на собственные и вынужденные колебания при помощи решения вековых уравнений
-----------	---

Уровень 2	методикой определения динамического коэффициента при различных видах динамических воздействий
-----------	---

Уровень 3	методами численного решения динамических задач в специализированных программных комплексах
-----------	--

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные понятия, принципы, гипотезы, объекты изучения, основные законы в теории колебаний, методы расчета транспортных сооружений на динамику, нормативные требования к транспортным сооружениям; возможности инженерного расчета динамических систем.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	проводить анализ существующих конструкций на восприятие динамических воздействий, проводить расчеты на определение динамических характеристик, проектировать конструкции с учетом защиты от влияний динамики (гашений колебаний, антисейсмических мероприятий и пр.)
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами определения динамических характеристик характерных динамических воздействий: гармоническая нагрузка, сейсмическая нагрузка, ветровая нагрузка, ударная нагрузка; методами выявления основных закономерностей свободных и вынужденных колебаний упругих линейных систем; методами расчета упругой системы на различные виды динамических воздействий; методами динамического расчета, заложенного в современные нормативные документы; численными алгоритмами решения задач теории колебаний.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр/ Курс	Часов	Компетенции	Литература	Интрер-акт.	Примечание
	<b>Раздел 1. Общие сведения о динамике механических систем. Колебания систем с одной степенью свободы.</b>						
1.1	Общие сведения о динамике механических систем. Число степеней свободы деформируемой системы. Способы дискретизации континуальных систем. Колебания систем с одной степенью свободы. Уравнения движения и свободные колебания системы. /Лек/	3	2	ОПК-7	Л2.1 Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
1.2	Определение собственной частоты через энергию. Формула Рэля /СР/	3	2	ОПК-7	Л2.1 Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
1.3	Гипотеза вязкого трения. Влияние сил сопротивления на свободные колебания / СР /	3	2	ОПК-7	Л2.1 Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
1.4	Уравнения движения при вынужденных колебаниях с сопротивлением. Резонанс / СР /	3	2	ОПК-7	Л2.1 Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
1.5	Интеграл Дюамеля. Кинематическое возбуждение колебаний. / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.3 Л3.1	0	
1.6	Понятие о методах составления уравнений движения деформируемой системы / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
1.7	Реакция системы с одной степенью свободы на некоторые виды воздействия / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.4 Л3.1	0	
1.8	Определение характеристик свободных колебаний простейших конструкций с одной степенью свободы / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.2 Л3.1	0	
1.9	Задача на составление уравнения движения начинающего движения лифта / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.2	0	
1.10	Свободное колебательное движение материальной точки / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.2	0	
1.11	Лабораторная работа "Определение частот свободных колебаний шарнирно-опертой балки" /Лаб/	3	2	ОПК-7	Л1.2 Л1.3 Л3.1	2	
1.12	Измерение параметров колебаний шарнирно-опертой балки /Лаб/	3	2	ОПК-7 ПК-18	Л1.2	2	
1.13	Обработка результатов и динамический анализ колебаний шарнирно-опертой балки и консольно-защемленной балки /Лаб/	3	2	ОПК-7 ПК-18	Л1.2	2	
1.14	Расчет и оформление лабораторной работы "Определение частот свободных колебаний шарнирно-опертой балки" / СР /	3	20	ОПК-7 ПК-18	Л1.2 Л1.3 Л3.1 Л4.1	0	
	<b>Раздел 2. Колебания систем со многими степенями свободы</b>						
2.1	Собственные колебания в системах со многими степенями свободы /Лек/	3	2	ОПК-7	Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
2.2	Ортогональность форм собственных колебаний / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.2 Л1.4 Л3.1	0	
2.3	Основы спектральной теории расчета сооружений на сейсмические воздействия /Лек/	3	2	ОПК-7	Л2.1 Л1.3 Л2.1 Л3.1	0	
2.4	Аэродинамика мостов / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.2 Л3.1 Э1	0	
2.5	Динамический анализ шарнирно-опертой балки / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.3 Л3.1	0	

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Интер-акт.	Примечание
2.6	Расчет параметров собственных колебаний статически неопределимой системы: рама, балка. Примеры / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.3 Л3.1	0	
2.7	Поиск собственных векторов, собственных форм колебаний систем: балки, рамы. Примеры расчета, самостоятельные расчеты по заданиям. Объяснение лабораторной работы "Параметры свободных колебаний систем со многими степенями свободы" / СР /	3	2	ОПК-7	Л1.3 Л3.1	0	
2.8	Выполнение письменной проверочной работы по пройденным темам. Объяснение результатов. / СР	3	2	ОПК-7		0	
2.9	Численные методы динамики сооружений. Теория и практика расчетов / СР /	3	4	ОПК-7 ПК-18	Л1.2 Л3.1	0	
2.10	Расчеты частот и форм собственных колебаний систем. Расчеты по индивидуальным заданиям / СР /	3	4	ОПК-7 ПК-18	Л1.3 Л3.1	0	
2.11	Расчет и оформление результатов расчета лабораторной работы "Параметры свободных колебаний систем со многими степенями свободы" / СР /	3	34	ОПК-7	Л1.3 Л2.1 Л3.1 Л4.1	0	
	Итого 3 курс		108				

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине разрабатывается в соответствии с Положением о формировании фондов оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной и государственной итоговой аттестации № П.250000.06.7.188-2015.

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по данной дисциплине оформляется в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещаются в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.2	Доев В.С., Доронин Ф.А., Индейкин А.В.	Теория колебаний в транспортной механике [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп.- URL: <a href="http://e.lanbook.com/view/book/4167/">http://e.lanbook.com/view/book/4167/</a>	М.: УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2011	100% онлайн
Л1.3	Уздин А.М., Елизаров С.В., Белаш Т.А.	Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. Дополнительно [Электронный ресурс] URL: <a href="http://e.lanbook.com/view/book/6085/">http://e.lanbook.com/view/book/6085/</a>	М.: УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2012	100% Онлайн
Л1.4	Васильков Г.В., Буйко З.В.	Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений [Электронный ресурс]: учеб. пособие.- URL: <a href="http://e.lanbook.com/view/book/5110/">http://e.lanbook.com/view/book/5110/</a>	СПб.: Лань, 2013	100% онлайн

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Дарков А.В., Шапошников Н.Н.	Строительная механика [Электронный ресурс], учебник.-URL <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=121">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=121</a>	СПб.: Лань, 2010	100% онлайн

#### 6.1.3. Методические разработки

Л3.1	Баранов Т.М.	Курс лекций по дисциплине "Динамика транспортных сооружений" <a href="http://sdo2.irgups.ru/course/view.php?id=1317">http://sdo2.irgups.ru/course/view.php?id=1317</a>	Личный кабинет обучающегося	100% онлайн
------	--------------	--	-----------------------------	----------------

#### 6.1.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Л4.1	Баранов Т.М.	Сборник методических материалов по семинарам <a href="http://sdo2.irgups.ru/course/view.php?id=1317">http://sdo2.irgups.ru/course/view.php?id=1317</a>	Личный кабинет обучающегося	100% онлайн
------	--------------	--	-----------------------------	----------------

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Видеоматериалы видов колебаний пролетных стропильных мостов из «Youtube»	<a href="http://www.youtube.com/watch?v=OCgo6WXOIn0">http://www.youtube.com/watch?v=OCgo6WXOIn0</a> <a href="http://www.youtube.com/watch?v=Gq-sUhP3kDI">http://www.youtube.com/watch?v=Gq-sUhP3kDI</a> <a href="http://www.youtube.com/watch?v=Gq-sUhP3kDI">http://www.youtube.com/watch?v=Gq-sUhP3kDI</a> <a href="http://rutube.ru/tracks/2816551.html">http://rutube.ru/tracks/2816551.html</a>		
----	--	--	--	--

### 6.3. Перечень информационных технологий

#### 6.3.1 Перечень базового программного обеспечения

#### 6.3.2 Перечень специализированного программного обеспечения

#### 6.3.3 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	КонсультантПлюс® : справочно-правовая система [Электронный ресурс] в локальной сети науч.-техн. б-ки ИрГУПС. – Режим доступа: <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a> .	РИЦ № 166 Регистрационный номер: 157983, 62850 Действует с 01.01.2016		
---------	---	--	--	--

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых проектов, работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (ноутбук, проектор, экран), служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для проведения занятий лекционного типа имеются учебно-наглядные пособия (презентации).
7.2	Лаборатория "САПР мостов". Компьютерный класс с доступом в Интернет и мультимедийным оборудованием. Д416 Д-416 – учебная лаборатория «САПР мостов» с оснащением: 1) компьютеры и программное обеспечение: 14 студенческих компьютеров IBM Intel 1155 Corei3-2100 с установленным программным обеспечением, 12 мониторов LG Flatron E2341T, 1-Samsung LS 24C350, 1-LOC I2367Fm; 2) мебель офисная – 19 столов и стульев 3) проекционное оборудование для показа презентаций: Проектор Beng MX514 – 1, Экран Drapper LUMA 191*244-120" – 1; 4) оргтехника: принтер HP LaserJet 1320 – 1 плоттер HP Designjet 500 plus Лаборатория "Содержание и реконструкция мостов" с многоцелевыми измерительными приборами "Тензор МС" Имеются натурные модели динамических систем для демонстрации при чтении лекций и проведения лабораторных занятий (балка, ферма)
7.3	Помещения для самостоятельной работы обучающихся: – читальные залы; – учебная лаборатория «САПР мостов» – Д-416; – учебные залы вычислительной техники: А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507.

## 8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекции составляют основу теоретической подготовки студентов. Цель их состоит в том, чтобы дать студентам систему научных знаний по дисциплине, подготовить их к изучению разделов дисциплины на других видах занятий и в период самостоятельной работы.</p> <p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки. Обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.</p>
Практическое занятие	<p>Практическое занятие предполагает выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя практических работ.</p> <p>Для защиты лабораторных работ и практических занятий студент должен знать теоретические положения по теме, содержание и порядок выполнения работы. На практических занятиях отрабатывается теоретический материал динамического расчета отдельной строительной конструкции, например рамы с двумя степенями свободы.</p> <p>Выполнению практических заданий предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.</p> <p>Применяется коллективная форма работы, так и индивидуальная. Максимальное использование индивидуальных форм проводится с целью повышения ответственности каждого студента за самостоятельное выполнение полного объема работ. Индивидуальная - каждый студент индивидуальное задание.</p> <p>Для повышения эффективности проведения практического занятия разработан отчет, который студент может скачать из личного кабинета. Студент проводит расчеты с учетом выданного преподавателем индивидуального задания, оформляет отчет и защищает выполненную работу преподавателю.</p>
Лабораторная работа	<p>Особенностью дисциплины Б1.В.ДВ.05 «Динамика транспортных сооружений» является разнообразие средств решения одной и той же задачи динамики сооружений. Это могут быть «ручные» расчеты по уравнениям движения, использование программных средств. Каждый подход может контролироваться другим.</p> <p>На лабораторных работах студенты отрабатывают решения по индивидуальным заданиям</p> <p>При подготовке к лабораторным работам и практическим занятиям изучается теоретический материал и рекомендуемая литература по теме занятия. Используя методические указания к лабораторным и практическим занятиям, необходимо ознакомиться с целями, задачами и методикой их выполнения. Особенностью лабораторных работ и практических занятий является своевременность их выполнения, так как исходными данными к последующей работе являются результаты, полученные на предшествующем занятии. Используя методические указания к лабораторным занятиям, необходимо ознакомиться с целью занятия и методикой его выполнения.</p> <p>Для защиты лабораторных занятий студент должен выполнить контрольные задания и ответить на дополнительные вопросы к лабораторным, студент должен уметь анализировать полученные результаты, делать выводы, предлагать варианты оптимизации объекта исследования, а также уметь пояснить логику выбора и обосновать принятые решения.</p>
<p>Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.</p>	

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**для проведения текущего контроля успеваемости**  
**и промежуточной аттестации по дисциплине**

*Б1.В.ДВ.03.02 «Динамика транспортных сооружений»*



# 1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Дисциплина **Б1.В.ДВ.03.02 «Динамика транспортных сооружений»** участвует в формировании компетенции:

**ОПК-7: способностью применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, о системах сил, напряжениях и деформациях твердых и жидких тел**

**Таблица траекторий формирования у обучающихся компетенций ОПК-7  
при освоении образовательной программы**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индекс и наименование дисциплин, практик, участвующих в формировании компетенции	Семестр изучения дисциплины	Этапы формирования компетенции
ОПК-7	способностью применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, о системах сил, напряжениях и деформациях твердых и жидких тел	Б1.В.ДВ.03.02 Динамика транспортных сооружений	2	1
		Б1.Б.1.23 Соппротивление материалов	3, 4	2, 3
		Б1.Б.1.27 Гидравлика и гидрология	4, 5	3, 4
		Б1.Б.1.24 Строительная механика	5, 6	4, 5
		Б1.Б.1.31 Железнодорожный путь	5	4
		Б1.Б.1.36 Основания и фундаменты транспортных сооружений	5	4
		Б1.Б.1.38 Строительные конструкции и архитектура транспортных сооружений	5	4

**ПК-18: способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения**

**Таблица траекторий формирования у обучающихся компетенций ПК-18  
при освоении образовательной программы**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индекс и наименование дисциплин, практик, участвующих в формировании компетенции	Семестр изучения дисциплины	Этапы формирования компетенции
ПК-18	способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения	Б1.В.ДВ.03.02 Динамика транспортных сооружений	2	1
		Б1.Б.1.34 Тоннельные пересечения на транспортных магистралях	7	2

**Таблица соответствия уровней освоения компетенции ОПК-7  
планируемым результатам обучения**

Код компетенции	Наименование компетенции	Наименования разделов/тем дисциплины	Уровни освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)
ОПК-7	способностью применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, о системах сил, напряжениях и деформациях твердых и жидких тел	<p><b>Раздел 1. Общие сведения о динамике механических систем. Колебания систем с одной степенью свободы.</b>                      1. Общие сведения о динамике механических систем. Число степеней свободы деформируемой системы. Способы дискретизации континуальных систем. Колебания систем с одной степенью свободы. Уравнения движения и свободные колебания системы.                      2. Определение собственной частоты через энергию. Формула Рэлея                      3. Гипотеза вязкого трения. Влияние сил сопротивления на свободные колебания                      4. Уравнения движения при вынужденных колебаниях с сопротивлением. Резонанс                      5. Интеграл Дюамеля. Кинематическое возбуждение колебаний.</p>	Минимальный уровень	Знать основные понятия, принципы, гипотезы, объекты изучения, основные законы и теоремы в теории колебаний; цели, задачи динамического расчета транспортных сооружений;
				Уметь находить законы движения в системах с одной степенью при отсутствии внешних воздействий (свободные колебания).
				Владеть методами оценки динамических характеристик сооружения
			Базовый уровень	Знать методы расчета динамической реакции простейших колебательных систем.
				Уметь находить законы движения в системах с одной степенью в условиях гармонического внешнего воздействия с использованием динамического коэффициента;
				Владеть методами оценки поведения конструкций при вынужденных колебаниях, методами расчета упругой системы на различные виды динамических воздействий
		Высокий уровень	Знать современное состояние развития теории динамических расчетов конструкций	
			Уметь находить законы движения в системах с одной степенью при произвольном динамическом воздействии с использованием программного обеспечения	
			Владеть методами численного решения задач динамики сооружений	
		<p><b>Раздел 2. Колебания систем со многими степенями свободы</b>                      6. Собственные колебания в системах со многими степенями свободы                      7. Ортогональность форм собственных колебаний                      8. Основы спектральной теории расчета сооружений на сейсмические воздействия                      9. Аэродинамика мостов</p>	Минимальный уровень	Знать возможности математического решения задач динамики сооружений.
				Уметь находить законы движения в системах многими степенями при отсутствии внешних воздействий (свободные колебания).
				Владеть методами оценки динамических характеристик сооружения
Базовый уровень	Знать методы расчета динамической реакции сложных колебательных систем.			
	Уметь находить законы движения в системах с многими степенями в условиях гармонического внешнего воздействия с использованием динамического коэффициента; составлять расчетные схемы транспортных сооружений при расчетах на динамические воздействия.			
	Владеть методами оценки поведения конструкций при вынужденных колебаниях, методами расчета упругой системы на различные виды динамических воздействий			
Высокий уровень	Знать современные методы решения задач динамики сооружений с использованием высокопроизводительных алгоритмов решения и программные продукты, основанные на этих алгоритмах.			
	Уметь находить законы движения в системах с многими степенями при произвольном динамическом воздействии с использованием программного обеспечения			
	Владеть методами численного решения задач динамики сооружений			

**Таблица соответствия уровней освоения компетенции ПК-18  
планируемым результатам обучения**

Код компетенции	Наименование компетенции	Наименования разделов/тем дисциплины	Уровни освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)
ПК-18	способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения	<b>Раздел 2. Колебания систем со многими степенями свободы</b> <b>6. Собственные колебания в системах со многими степенями свободы</b> <b>7. Ортогональность форм собственных колебаний</b> <b>8. Основы спектральной теории расчета сооружений на сейсмические воздействия</b> <b>9. Аэродинамика мостов</b>	Минимальный уровень	<b>Знать</b> цели, задачи динамического расчета транспортных сооружений; возможности математического решения задач динамики сооружений.
				<b>Уметь</b> решать динамические задачи на собственные и вынужденные колебания.
				<b>Владеть</b> технологией расчета на собственные и вынужденные колебания при помощи решения вековых уравнений
			Базовый уровень	<b>Знать</b> особенности численного решения задач динамики сооружений.
				<b>Уметь</b> пользоваться вспомогательными способами решения динамических задач с использованием стандартного программного обеспечения.
				<b>Владеть</b> методикой определения динамического коэффициента при различных видах динамических воздействий
			Высокий уровень	<b>Знать</b> современные методы решения задач динамики сооружений с использованием высокопроизводительных алгоритмов решения и программные продукты, основанные на этих алгоритмах.
				<b>Уметь</b> составлять расчетные схемы транспортных сооружений при расчетах на динамические воздействия
				<b>Владеть</b> методами численного решения динамических задач в специализированных программных комплексах

## Б1.В.ДВ.03.02 «Динамика транспортных сооружений»

№	Сем. Неделя	Название оценочного мероприятия (текущая, промежуточная, форма)	Объект контроля (тема, компетенция)	Наименование оценочного средства, форма (устно, письменно, компьютерные технологии)	
1	2	3	4	5	
6 семестр					
1	1-2 недели	Текущий	Общие сведения о динамике механических систем. Число степеней свободы деформируемой системы. Способы дискретизации континуальных систем. Колебания систем с одной степенью свободы. Уравнения движения и свободные колебания системы. Понятие о методах составления уравнений движения деформируемой системы.	ОПК-7	УП
2	3-4 недели	Текущий	Определение собственной частоты через энергию. Формула Рэлея. Реакция системы с одной степенью свободы на некоторые виды воздействия	ОПК-7	УП
3	5-6 недели	Текущий	Гипотеза вязкого трения. Влияние сил сопротивления на свободные колебания. Определение характеристик свободных колебаний простейших конструкций с одной степенью свободы.	ОПК-7	УП, ЛР
4	7-8 недели	Текущий	Уравнения движения при вынужденных колебаниях с сопротивлением. Резонанс. Динамический анализ шарнирно-опретой балки	ОПК-7	УП, ЛР
5	9-10 недели	Текущий	Интеграл Дюамеля. Кинематическое возбуждение колебаний. Расчет параметров собственных колебаний статически неопределимой системы: рама, балка. Примеры	ОПК-7	УП
6	11-12 недели	Текущий	Собственные колебания в системах со многими степенями свободы. Поиск собственных векторов, собственных форм колебаний систем: балки, рамы. Примеры расчета, самостоятельные расчеты по заданиям. Объяснение лабораторной работы "Параметры свободных колебаний систем со многими степенями свободы"	ОПК-7 ПК-18	УП, ЛР
7	13-14 недели	Текущий	Ортогональность форм собственных колебаний. Выполнение письменной проверочной работы по пройденным темам. Объяснение результатов	ОПК-7 ПК-18	УП, ЛР, КС
8	15-16 недели	Текущий	Основы спектральной теории расчета сооружений на сейсмические воздействия	ОПК-7 ПК-18	УП
9	17-18 недели	Текущий	Аэродинамика мостов. Моделирование систем из индивидуальных заданий в ППК Midas Civil с целью подтверждения результатов определения параметров собственных колебаний систем со многими степенями свободы – с оформлением результатов в виде презентации	ОПК-7 ПК-18	УП, Пр
10		Промежуточный	Курс лекций	ОПК-7 ПК-18	Зачет

Примечание: количество часов лекций, практических занятий и лабораторных работ соответствует учебному плану и рабочей программе дисциплины.

## 2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания заносятся преподавателем в журнал и учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и/или двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств сформированности компетенций представлен в нижеследующей таблице

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
<b>Текущий контроль успеваемости</b>			
1	Учет посещения (УП)	Средство для контроля посещения занятий как гарантии освоения материала дисциплины.	Журнал посещений
2	Лабораторная работа (ЛР)	Средство для проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по разделу дисциплины.	Комплекты заданий для выполнения лабораторных работ по темам дисциплины
3	Круглый стол (КС)	Средство проверки усвоения тематики дисциплины в рамках лекционного курса и самостоятельной работы студентов.	Комплект заданий для самостоятельного выполнения
4	Презентация (Пр)	Средство проверки самостоятельной работы студентов.	Темы презентаций
<b>Промежуточная аттестация</b>			
5	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по дисциплине. Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений навыками обучающихся	Комплект вопросов для тестирования

Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета, а также шкала для оценивания уровня освоения компетенций

Шкалы оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенций
«зачтено»	Обучающийся защитил все лабораторные работы не ниже «удовлетворительно», получил на круглом столе оценку не ниже «удовлетворительно», ответил правильно на 60 % и более вопросов из теста. Показал удовлетворительные и лучше знания в рамках учебного материала, а так же продемонстрировал умения и владения навыками применения полученных знаний при решении задач в рамках учебного материала.	Минимальный, Базовый, Высокий
«не зачтено»	Обучающийся не защитил все лабораторные работы, или на круглом столе получил оценку ниже «удовлетворительно», или ответил правильно на менее 60 % вопросов из теста. Показал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала.	Компетенции не сформированы

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости.

#### Учет посещения занятий (УП)

Оценка	Критерий оценки
Аттестован	Посещение 70-100% занятий
Аттестован условно	Посещение 50-70% занятий. В случае подряд 3 пропусков занятий необходим документ о причине пропусков и разрешение деканата.
Не аттестован	Посещение менее 50% занятий. К занятиям не допускается без разрешения деканата.

#### Защита Лабораторных работ (ЛР)

Оценка	Критерий оценки
«отлично»	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание лабораторной работы. Показал отличные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Лабораторная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. Ответил на все дополнительные вопросы на защите ЛР.
«хорошо»	Обучающийся выполнил задание лабораторной работы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки при оформлении лабораторной работы. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите ЛР.
«удовлетворительно»	Обучающийся выполнил задание лабораторной работы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Качество оформления имеет существенные недостатки. Ответил на половину дополнительных вопросов на защите ЛР.
«неудовлетворительно»	Обучающийся продемонстрировала слабые знания при решении задач в рамках усвоенного учебного материала, не ответил больше, чем на половину вопросов.

#### Круглый стол (КС)

Оценка	Критерий оценки
«отлично»	Обучающийся правильно выполнил все 6 из 6 заданий круглого стола. Четко, грамотно и самостоятельно ответил на поставленные вопросы
«хорошо»	Обучающийся правильно выполнил 4 – 5 из 6 заданий круглого стола.
«удовлетворительно»	Обучающийся ответил на 3 из 6 заданий круглого стола. Остальные задания не выполнены, или выполнены частично.

#### Презентация (Пр)

Оценка	Критерий оценки
«отлично»	Обучающийся подготовил презентацию на выбранный объект по рассматриваемой теме. Презентация содержит интересный материал, хорошо систематизированный и оформленный, студент отлично разобрался в вопросах, рассматриваемых в докладе.
«хорошо»	Обучающийся подготовил презентацию на выбранный объект по рассматриваемой теме. Презентация содержит материал, отвечающий рассматриваемой тематике, студент хорошо разобрался в вопросах, рассматриваемых в докладе.
«удовлетворительно»	Обучающийся подготовил презентацию на выбранный объект по рассматриваемой теме. Материал презентации не достаточно качественно систематизирован и оформлен, студент слабо разобрался в вопросах, рассматриваемых в докладе.

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Темы Круглого стола**

Вариант 1.

1. Свободные колебания (диф. уравнение, решение, обозначения)
2. Что такое степени свободы.
3. Дан маятник, составить уравнение свободных колебаний с использованием принципа Даламбера
4. Что такое динамический коэффициент. Чему равен при гармонической внешней нагрузке
5. Формула Рэлея – что определяет. Границы применимости. Чему равна максимальная потенциальная энергия деформации стержня.
6. Влияние сил сопротивления. Что такое декремент колебаний. Чему равен.
7. Мода колебаний. Как отыскать собственную частоту.

Вариант 2.

1. Вынужденные колебания (диф. уравнение, решение, обозначения)
2. Что такое частота колебаний (угловая, техническая, единицы измерения)
3. Приведен график свободных колебаний, какие обозначения используются.
4. Что такое биения. Когда возникают и обусловлены.
5. Формула Рэлея – что определяет. Недостатки. Чему равна максимальная кинетическая энергия при колебаниях стержня.
6. Влияние сил сопротивления. Что такое декремент колебаний. Чему равен.
7. Мода колебаний. Как найти собственный вектор колебаний.

#### **3.2 Темы презентаций**

Моделирование колебательной системы в ПК Midas Civil с целью подтверждения результатов определения параметров собственных колебаний систем со многими степенями свободы по индивидуальным заданиям

#### **3.3 Перечень вопросов к зачету**

Задание #1

Вопрос: Свойство материальной точки стремиться сохранить неизменной скорость своего движения (свое кинематическое состояние).

Запишите ответ:

Задание #2

Вопрос: Закон пропорциональности силы и ускорения - Ускорение, сообщаемое материальной точке силой, прямо пропорционально силе и обратно пропорционально массе этой точки.

$$m\ddot{x} = \sum X_i;$$

$$m\ddot{y} = \sum Y_i;$$

$$m\ddot{z} = \sum Z_i.$$

Выберите один из 4 вариантов ответа:

- 1) Первый закон Ньютона
- 2) Второй закон Ньютона
- 3) Третий закон Ньютона
- 4) Не относится к законам Ньютона

Задание #3

Вопрос: Задачей динамического расчета является Выберите несколько из 4 вариантов ответа:

- 1) определение во времени закона движения масс деформируемой системы
- 2) выявление частот и форм колебаний
- 3) оценка прочности системы
- 4) нахождение динамического коэффициента

Задание #4

Вопрос: Наименьшее число независимых геометрических параметров (перемещений), через которые выра-

жаются перемещения всех материальных точек системы при всевозможных ее деформациях

Запишите ответ:

Задание #5

Вопрос: Число степеней свободы (маятник в плоскости)

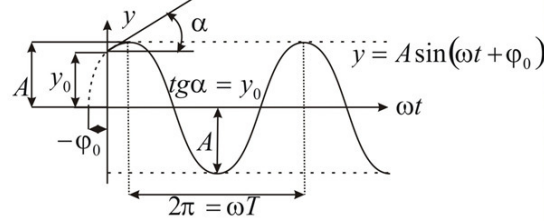
Изображение: Запишите число:

Задание #6

Вопрос: В уравнении свободных незатухающих колебаний правая часть равна  $\ddot{y} + \omega^2 y = ?$  Запишите число:

Задание #7

Вопрос: В графике свободных незатухающих колебаний: Изображение:



Укажите соответствие для всех 4 вариантов ответа:

начальная фаза

амплитуда колебаний

угловая (круговая) частота колебаний

начальное смещение

$\omega$

$y_0$

$A$

$\phi_0$

Задание #8

Вопрос: Уравнение движения  $\ddot{y} + \omega^2 y = \frac{P}{m} \sin \theta t$  описывает Выберите один из 5 вариантов ответа:

движение при отсутствии внешних сил

движение при действии периодической гармонической силы

затухающие колебания при действии периодической гармонической силы

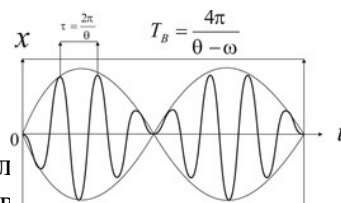
движение при свободных затухающих колебаниях

ни одно из перечисленных

Задание #9

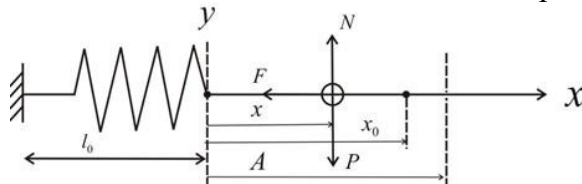
Вопрос: Гармонические колебания частотой, периодом и переменной амплитудой, меняющейся гармоническому закону, но с меньшей частотой и большим периодом называются:

Изображение: Запишите ответ:



Задание #10

Вопрос: Частота свободных колебаний маятника (см. рис.) определяется по формуле (где  $m$  - масса;  $\gamma$  - жесткость;  $\delta$  - податливость,  $\gamma$  - статический прогиб)



Изображение:

Выберите один из 4 вариантов ответа:

Задание #11

Вопрос: Формула определения частоты свободных колебаний через энергию (формула Рэля) - два ответа

Выберите несколько из 4 вариантов ответа:



$$\ddot{y} + \omega^2 y = \frac{P(t)}{m}; \quad \omega = \sqrt{\frac{r_{11}}{m}} = \sqrt{\frac{1}{m\delta_{11}}}; \quad \omega = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}}; \quad \omega^2 = \frac{\Pi_{\max}}{K_{\max}}$$

Задание #12

Вопрос: Согласно гипотезе вязкого трения сила сопротивления при колебательном движении пропорциональна

Выберите один из 4 вариантов ответа:

Перемещению точки

Первой производной перемещения по времени

Второй производной перемещения по времени

Сила не связана с перемещениями

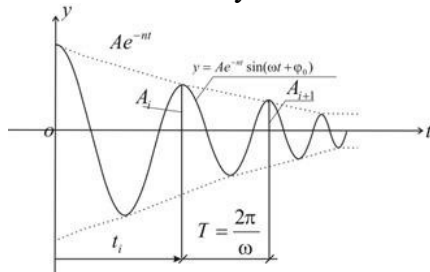
Задание #13

Вопрос: Уравнение движения при свободных колебаниях при наличии вязкого трения. Выберите один из 4 вариантов ответа:

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + \omega_0^2 y = 0; \quad y(t) = y_1 + y_2 = -A \frac{\theta}{\omega} \sin \omega t + A \sin \theta; \quad \ddot{y} + \omega^2 y = 0; \quad \ddot{y} + \omega^2 y = \frac{P}{m}$$

Задание #14

Вопрос: График свободных затухающих колебаний (см. рис.). Отношение соседних амплитуд называется



Изображение:

Запишите ответ:

Задание #15

Вопрос: График свободных затухающих колебаний.

$$\delta = \ln \left( \frac{A_i}{A_{i+1}} \right) = nT \quad \text{называется}$$

Отношение натурального логарифма соседних амплитуд

Запишите ответ:

Задание #16

Вопрос: Коэффициент неупругого сопротивления материала, характеризующий рассеивание энергии при гармоническом и близком к гармоническому колебательном движении зависит от

Выберите несколько из 4 вариантов ответа:

1) частоты внешнего воздействия

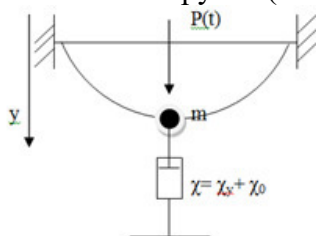
2) свойств материала

3) механических напряжений внутри

4) ни от чего не зависит

5) Задание #17

Вопрос: Гармонические колебания задемпфированной системы с одной степенью свободы под действие внешней гармонической нагрузки (см. рис.)



Изображение:

Выберите несколько из 3 вариантов ответа:

$$\ddot{y} + \omega^2 y = 0; \quad \ddot{y} + 2n\dot{y} + \omega_0^2 y = 0; \quad \ddot{y} + 2n\dot{y} + \omega_0^2 y = \frac{P(t)}{m} \equiv \frac{P_0}{m} \sin \theta$$

Задание #18

Вопрос: Динамический коэффициент при установившихся колебаниях задемпфированной системы с одной степенью свободы (см. рис.) равен

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2\right]^2 + \gamma^2}}$$

ной степенью свободы (см. рис.) равен

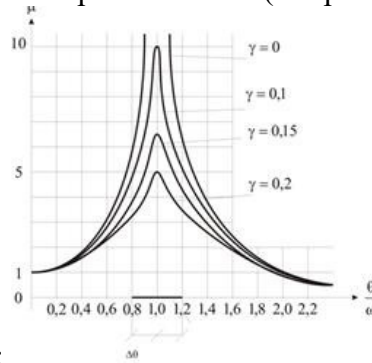
, где. Что есть  $\theta$  ?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

- 1) частота свободных колебаний незадемпфированной системы
- 2) частота изменения динамического коэффициента
- 3) частота изменения вынуждающей силы
- 4) установившаяся частота колебаний системы

Задание #19

Вопрос: АЧХ при вынужденных колебаниях с сопротивлением (см. рис.).



Зона при  $0,8 < \omega < 1,2$  называется Изображение:

Запишите ответ:

Задание #20

Вопрос: Смещение точки закрепления системы (опора моста при смещении грунта под ней) вызывает свободные колебания системы. Данное возбуждение считается.

Выберите один из 4 вариантов ответа:

- 1) Статическим
- 2) Динамическим
- 3) Кинематическим
- 4) Сейсмическим

Задание #21

Вопрос: Внешними силами при кинематическом возбуждении колебаний являются Выберите один из 4 вариантов ответа:

- 1) Силы инерции
- 2) Силы сопротивления
- 3) Силы трения
- 4) Силы собственного веса

Задание #22

$$y = Ae^{-nt} \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{1}{m\omega} \int_0^t P(\tau) e^{-n(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau$$

Вопрос: Интеграл Дюамеля

позволяет найти Выберите

один из 4 вариантов ответа:

- 1) уравнение движения систем со многими степенями свободы на действие произвольной функции  $P(t)$
- 2) уравнение движения системы с одной степенью свободы на действие произвольной функции  $P(t)$
- 3) уравнение движения системы с одной степенью свободы на действие только единичного импульса
- 4) уравнение движения систем со многими степенями свободы на действие только гармонических нагрузок

#### **4 Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В таблице дано описание процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий, соответствующих рабочей программе дисциплины, и процедур оценивания результатов обучения с помощью спланированных оценочных средств.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Лабораторная работа (ЛР)	Текущая аттестация – ЛР. Лабораторная работа выполняется в соответствии с заданием и рекомендациями на выполнение лабораторных работ. Лабораторная работа, как правило, выполняется во время академических двух часов, завершается и оформляется самостоятельно во внеурочное время. Учебная презентация преподавателя содержит учебные указания, пример расчета и вопросы к защите лабораторной работы. Лабораторная работа оформляется и сдается в печатном виде. Защита осуществляется после проверки лабораторной работы во время занятий.

Круглый стол (КС)	Текущая аттестация – КС. Круглый стол проводится во время практического занятий согласно календарного графика и занимает целое занятие. График проведения Круглых столов может быть «плавающим», но Преподаватель должен заранее – за месяц – предупредить о теме Круглого стола.
Презентация (Пр)	Текущая аттестация – Пр. Студенты готовят (проводят необходимые расчеты и подкрепляют их наглядными иллюстрациями) отдельные презентации на заданные темы
Зачет	Промежуточная аттестация в форме зачета проводится путем компьютерного тестирования. Вопросы к тестированию охватывают все основные темы учебного курса. Студенты заранее имеют список вопросов для подготовки, но без вариантов ответов. Тестирование проводится при помощи компьютерной программы в аудитории Д416. На тестирование отводится 40 минут. По результатам тестирования может проводиться устное собеседование с обучаемым с целью дополнительной проверки сформированности заданных компетенций. Обучающиеся, не защитившие в течение семестра лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины, либо получившие на круглом столе оценку ниже «удовлетворительно», к сдаче зачета не допускаются.

