

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

Институт Транспортных Систем

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИТС  
\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов  
«29» октября 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б.1.В.ОД.3 «Динамика машин» для подготовки бакалавров**

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 15.03.03 «Прикладная механика»  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: \_\_\_\_\_ «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры»  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_ 2021

Выпускающая кафедра: \_\_\_\_\_ АГДПМиСМ  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: \_\_\_\_\_ АГДПМиСМ  
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: \_\_\_\_\_ 288/8  
(часов/з.с.)

Промежуточная аттестация: \_\_\_\_\_ Экзамен (7 семестр), Зачет (8 семестр)  
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик(и): \_\_\_\_\_ Кошелева О.А., ст. преподаватель  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021 год

Рецензент: Родюшкин Владимир Митрофанович, зав. лабораторией волновой динамики, экспериментальной механики и виброзащиты машин ИПМ РАН – филиал ФГБНУ «ФИЦ ИПФ РАН», д.т.н.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«11» октября 2021г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.03.03 "Прикладная механика", утвержденным приказом Минобрнауки России от 9.08.2021 №729 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ (протокол от 28.10.2021 г. № 4).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «Аэро-гидродинамика, прочность машин и сопротивление материалов» (протокол от «15» октября 2021 г. № 3).

Заведующий кафедрой «Аэро-гидродинамика, прочность машин и сопротивление материалов», д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_  
(подпись) С.И. Герасимов

Рабочая программа рекомендована советом ИТС к утверждению (протокол от «21» октября 2021 г. № 4/1).

Председатель совета ИТС,  
директор ИТС, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_  
(подпись) А.В. Тумасов

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 15.03.03-д-35  
Начальник методического отдела УМУ

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	6
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	12
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	19
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	20
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	21
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	22
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	24
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	25
12. Лист актуализации рабочей программы дисциплины.....	40

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Целью освоения дисциплины является:

- формирования знаний основных законов динамики различного вида конструкций и деталей машин;
- формирования навыков по методам расчета динамических характеристик собственных и вынужденных колебаний конструкций, а также напряжений и деформаций различных элементов конструкции при динамических нагрузках.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать общее представление о теории колебаний систем с распределенными массами;
- научить студента умению использовать теоретические положения и практические выкладки в процессе расчета динамической прочности различных элементов машин и конструкций (как аналитическими, так и численными методами).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Б1.В.ОД.3 «Динамика машин» включена в перечень вариативной части дисциплин и направлена на углубление уровня освоения компетенции ПК-4. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОП ВО и УП.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется данная дисциплина являются:

«Математика», «Теоретическая механика», «Соппротивление материалов», «Аналитическая динамика и теория колебаний», «Строительная механика машин».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходим для освоения предметов «Теория надежности», «Конструкционная прочность» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Динамика машин» у обучающегося частично формируется компетенция ПК-4, полное формирование которой последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ПК-4

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками							
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.
ПК-4	Вычислительная механика								
	Устойчивость механических систем								
	<b>Динамика машин</b>								
	Конструкционная прочность								
	Теория надежности								
	Тонкостенные конструкции								

Статистическая динамика									
Механика разрушения									
Строительная механика машин									
Строительная механика летательных аппаратов									
Проектирование тонкостенных конструкций									
Прочность конструкций летательных аппаратов									
Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной (расчетной) деятельности									
Производственная практика – научно-исследовательская деятельность									
Преддипломная практика									
Конечно-элементное представление в сопротивлении материалов									
Конструкция скоростных аппаратов и особенности их прочностного расчета									
Государственный экзамен									
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы									

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Компетенция ПК-4 формируется с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этих компетенций и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2).

**Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ПК-4.</b> Способен проводить расчетные работы для обеспечения необходимой прочности, динамики, устойчивости, ресурса и надежности машин и конструкций	<b>ИПК-4.4.</b> Применяет методы механики сплошных сред для анализа динамики конструкций	основные законы динамики различного вида конструкций и деталей машин	использовать методы расчета динамических характеристик собственных и вынужденных колебаний конструкций	навыками по расчету динамики различных элементов машин и конструкций	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов, решение практических задач (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов и типовые задачи
	<b>ИПК-4.5.</b> Проводит расчеты прочности конструкций при динамических внешних нагрузках	теоретические основы о динамических деформациях различного вида конструкций и деталей машин	использовать методы расчета напряжений и деформаций различных элементов конструкции при динамических нагрузках	навыками по расчету динамической прочности различных элементов машин и конструкций как аналитическими, так и численными методами		

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (з.е.) или 288 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 130 часов, самостоятельная работа обучающихся - 122 часа (таблица 3).

**Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ**

Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч/з.е.		
	Всего	в том числе в 7 семестре	в том числе в 8 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость, ч/з.е.	288 (8 з.е.)	135 (3,75 з.е.)	153 (4,25 з.е.)
1. Контактная работа:	130	55	75
1.1. Аудиторная работа, в том числе:			
Занятия лекционного типа (Л)	58	34	24
Практические занятия (ПЗ)	65	17	48
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:			
Текущий контроль, консультации по дисциплине	7	4	3

Вид учебной работы	Трудоемкость, ч/з.е.		
	Всего	в том числе в 7 семестре	в том числе в 8 семестре
Курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-	
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	122	44	78
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы, подготовка к практическим занятиям)	94	44	50
Расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)	28	-	28
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-	-
Подготовка к экзамену (контроль)	36	36	-

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов и тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных и внеаудиторных занятий, самостоятельной работы студента и периодического (текущего) контроля.

**Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Таблица 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам									
Планируемые (контролируемые) результаты освоения и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов				
		Лекции	Практические занятия	Текущий контроль					
ПК-4 ИПК-4.4. ИПК-4.5.	Введение	1			1		Лекция		
	Раздел 1. Колебания систем с распределенными параметрами							-	-
	Тема 1.1. Поперечно - изгибные колебания балок	14		0,25	4	п.2,3,7 табл.9 РПД	Лекция		
	Практическое занятие 1. Свободные поперечно - изгибные колебания балок при различных граничных закреплениях		3	0,5	4	п.2,3,7 табл.9 РПД			
	Практическое занятие 2. Вынужденные поперечно - изгибные колебания под действием различных гармонических силовых факторов, без учета сопротивления и при наличии сопротивления.		4	0,5	5	п.2,3,7 табл.9 РПД			
	Практическое занятие 3. Поперечно-изгибные колебания с дополнительными силовыми факторами		4	0,25	5	п.2,7 табл.9 РПД			



	<b>Практическое занятие 4.</b> Колебания струны		1	0,25	1	п.2,7 табл.9 РПД			
	<b>Тема 1.2.</b> Продольные колебания балок	4		0,25	3	п.2,7 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>Практическое занятие 5.</b> Собственные продольные колебания стержня с различными закреплениями по концам.		1	0,25	2	п.2,7 табл.9 РПД			
	<b>Тема 1.3.</b> Крутильные колебания балок	4		0,25	2	п.2,7 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>Практическое занятие 6.</b> Собственные крутильные колебания стержня с различными закреплениями по концам.		2	0,25	3	п.2,6,7 табл.9 РПД			
	<b>Тема 1.4.</b> Упругие волны в стержнях.	1				п.1,2 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>Практическое занятие 7.</b> Соотношение скоростей и частот при различных типах колебаний		2	0,25	1	п.6,7 табл.9 РПД			
	<b>Раздел 2</b> Силы, вызывающие колебания машин и конструкций (вибрацию)								
	<b>Тема2.1.</b> Поршневые механизмы	6		0,5	6	п.3,7 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>Тема 2.2.</b> Двигатели	3		0,25	4	п.3,7 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>Тема 2.3.</b> Автоколебания	1		0,25	3	п.2,6,7 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>ИТОГО ЗА 7 СЕМЕСТР</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>44</b>				

<b>Раздел 3</b> Общая вибрация корпуса корабля						Тест		
<b>Тема 3.1</b> Дифференциальное уравнение колебаний корпуса корабля.	6		0,25	3	п.1,3 табл.9 РПД	Лекция		
<b>Практическое занятие 8.</b> Расчет присоединенных масс воды при колебаниях корпуса корабля		4	0,25	1	п.4 ,5 табл.9 РПД			
<b>Тема 3.2</b> Свободные колебания корпуса корабля	8		0,25	3	п.1,6,7 табл.9 РПД	Лекция		
<b>Практическое занятие 9.</b> Свободные колебания корпуса корабля (метод Релея-Папковича).		4	0,25	2	Расчетно-графическая работа (раздел 1) п.6,7 табл.9 РПД	Расчёты на компьютере с использованием ППП MathCad и EXEL		
<b>Практическое занятие 10.</b> Свободные колебания корпуса корабля (метод конечных разностей при определении частот свободных колебаний корпуса корабля).		6	0,25	5	п.1,6,7 табл.9 РПД			
<b>Тема 3.3</b> Вынужденные колебания корпуса корабля	8		0,25	3	п.1,6,7 табл.9 РПД	Лекция		
<b>Практическое занятие 11.</b> Вынужденные колебания корпуса корабля (решение в виде ряда, решение в замкнутой форме, Интегрирование уравнений по методу Рунге-Кутта).		4	0,25	7	Расчетно-графическая работа (раздел 2) п.1,6,7 табл.9 РПД	Расчёты на компьютере с использованием ППП MathCad и EXEL		
<b>Раздел 4</b> Местная вибрация корпуса корабля								

	<b>Практическое занятие 12.</b> Вибрация балок судового набора		7	0,25	5	п.2,6,7 табл.9 РПД			
	<b>Практическое занятие 13.</b> Вибрация рам		8	0,25	5	п.2,6,7 табл.9 РПД			
	<b>Практическое занятие 14.</b> Вибрация перекрытий		7	0,25	6	п.2,6,7 табл.9 РПД			
	<b>Практическое занятие 15</b> Вибрация пластин		8	0,25	6	п.2,6,7 табл.9 РПД			
	<b>Раздел 5</b> Меры борьбы с вибрацией различных объектов	2		0,25	4	п.5,7 табл.9 РПД	Лекция		
	<b>Расчётно-графическая работа (РГР)</b>				28	п.6,7 табл.9 РПД			
	<b>ИТОГО ЗА 8 СЕМЕСТР</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>3</b>	<b>78</b>				
<b>ИТОГО:</b>		<b>58</b>	<b>65</b>	<b>7</b>	<b>122</b>				

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки знаний, умений и навыков или опыта деятельности

Таблица 5 – Перечни контрольных вопросов и заданий по темам занятий для проведения текущего контроля успеваемости

Номер темы		Перечни контрольных вопросов и заданий
цикла лекций	практических занятий	
1.1	1,2,3,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Основные понятия о колебаниях систем с распределенными параметрами.</li> <li>Вывод дифференциального уравнения свободных колебаний призматических балок. Представление решения в форме бесконечного ряда.</li> <li>Граничные условия для форм свободных колебаний призматических балок. Решение для балки свободно опертой по концам. Определение собственных частот.</li> <li>Граничные условия для форм свободных колебаний призматической балки со свободными концами. Определение собственных частот. Сводные данные по существующим решениям для балок с различными опорными закреплениями.</li> <li>Вывод общего дифференциального уравнения для вынужденных колебаний.</li> <li>Вынужденные колебания призматических балок без учета сопротивления. Представление решения в виде ряда. Вынужденные колебания для случаев действия гармонической силы и гармонического момента, приложенных в пролетах балки.</li> <li>Представление решения для вынужденных колебаний призматических балок в замкнутой форме (без учета сопротивления).</li> <li>Частные решения для вынужденных колебаний призматической балки, свободно опертой по концам в замкнутой форме при действии гармонического момента на опоре или гармонической силы в пролете</li> <li>Вынужденные колебания призматических балок с учетом сопротивления (как внешнего, так и внутреннего).</li> <li>Представление решения с учетом сопротивления в виде ряда. Частные решения для случаев гармонической силы в пролете и гармонического момента.</li> <li>Представление решения в замкнутой форме. Ограничения и недостатки этого решения.</li> <li>Качественный анализ влияния осевой силы и упругого основания на формы и частоты собственных колебаний балок. Частные случаи для балок с различными опорными закреплениями. Колебания струны.</li> </ul>
1.2	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Продольные колебания стержней. Вывод дифференциального уравнения. Решения в замкнутой форме и форме ряда. Скорость распространения продольной упругой волны. Граничные и начальные условия. Собственные продольные колебания стержня со свободными концами.</li> </ul>
1.3	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Крутильные колебания стержней. Вывод дифференциального уравнения. Скорость распространения поперечной упругой волны при кручении (чистом сдвиге). Собственные крутильные колебания стержня со свободными концами.</li> </ul>
1.4	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Упругие волны в стержнях. Скорости распространения упругих волн при продольных, крутильных и изгибных колебаниях стержней. Скорости распространения упругих волн при колебаниях струны. Соотношение скоростей при различных типах колебаний.</li> </ul>
2.1	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Силы, вызывающие колебания машин и конструкций. Неуравновешенные инерционные усилия от поршневых механизмов, возникающие в одноцилиндровом двигателе. Инерционные усилия в многоцилиндровом двигателе. Суммирование усилий. Опрокидывающие моменты в двигателях.</li> </ul>
2.2	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Неуравновешенные инерционные усилия, вызываемые движителями. Неуравновешенность гребных и воздушных винтов. Типы неуравновешенности. Частоты вынужденных колебаний, вызываемых</li> </ul>

		винтами.
2.3	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Источники колебаний механических систем, обусловленные усилиями неперiodического характера. Автоколебания конструкций и механизмов.</li> </ul>
3.1	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Общая вибрация корпуса корабля. Исходные предпосылки. Дифференциальные уравнения колебаний корпуса корабля (с учетом изгиба и сдвига). Возможные упрощения в уравнениях.</li> <li>Влияние забортной воды на колебания корпуса корабля. Влияние различных факторов на величину присоединенных масс воды при колебаниях. Присоединенные массы воды при колебаниях пластин и перекрытий.</li> </ul>
3.2	9,10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Свободные колебания корпуса корабля. Метод Релея - Папковича. Учет различных факторов при определении частот свободных колебаний корпуса корабля (ортогонализации) форм колебаний, учет вращения элементов корпуса и сдвигов.</li> <li>Применение метода конечных разностей при определении частот свободных колебаний корпуса корабля. Приближенные формулы для определения частот свободных колебаний корпуса.</li> </ul>
3.3	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Вынужденные колебания корпуса корабля. Решение в виде ряда.</li> <li>Решение для вынужденных колебаний корпуса корабля в замкнутой форме. Интегрирование уравнений по методу Рунге-Кутты.</li> </ul>
4	12,13.14,15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Местная вибрация корпуса корабля. Основные предположения и предпосылки.</li> <li>Вибрация балок судового набора. Метод 3-х динамических моментов при вынужденных и собственных колебаниях балок.</li> <li>Вибрация рам. Выбор расчетных методов при вынужденных и свободных колебаниях рам.</li> <li>Вибрация перекрытий. Метод приравнивания прогибов при вынужденных и свободных колебаниях перекрытий. Энергетический метод расчета вынужденных и свободных колебаний.</li> <li>Вибрация пластин судового корпуса. Дифференциальное уравнение свободных колебаний. Собственные колебания пластины, свободно опертой по контуру. Собственные колебания пластины, заземленной по контуру. Вибрация пластины, вызванная колебаниями их опорных контуров.</li> </ul>
5	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Меры борьбы с вибрацией различных объектов. Конструктивные мероприятия. Амортизация возмущающих усилий при вибрации неуравновешенных механизмов. Амортизация приборов при вибрации путем подвески их на упругих элементах. (динамический гаситель колебаний).</li> </ul>
6	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Автоколебания систем распределенными параметрами. Флаттер. Шимми.</li> </ul>

**Таблица 6 – Перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Формируемые компетенции	Перечень теоретических вопросов Номера вопросов	Перечень тем, по которым включены в экзаменационные билеты задачи
<b>ПК-4</b>	<p><b>Экзаменационные вопросы (7 семестр):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия о колебаниях систем с распределенными параметрами.</li> <li>2. Вывод дифференциального уравнения свободных колебаний призматических балок. Представление решения в форме бесконечного ряда.</li> <li>3. Граничные условия для форм свободных колебаний призматических балок. Решение для балки свободно опертой по концам. Определение собственных частот.</li> <li>4. Граничные условия для форм свободных колебаний призматической балки со свободными концами. Определение собственных частот. Сводные данные по существующим решениям для балок с различными опорными закреплениями.</li> <li>5. Вывод общего дифференциального уравнения для вынужденных колебаний.</li> <li>6. Вынужденные колебания призматических балок без учета сопротивления. Представление решения в виде ряда. Вынужденные колебания для случаев действия гармонической силы и гармонического момента, приложенных в пролетах балки.</li> <li>7. Представление решения для вынужденных колебаний призматических балок в замкнутой форме (без учета сопротивления).</li> <li>8. Частные решения для вынужденных колебаний призматической балки, свободно опертой по концам в замкнутой форме при действии гармонического момента на опоре или гармонической силы в пролете</li> <li>9. Вынужденные колебания призматических балок с учетом сопротивления (как внешнего, так и внутреннего).</li> <li>10. Представление решения с учетом сопротивления в виде ряда. Частные решения для случаев гармонической силы в пролете и гармонического момента.</li> <li>11. Представление решения в замкнутой форме. Ограничения и недостатки этого решения.</li> <li>12. Качественный анализ влияния осевой силы и упругого основания на формы и частоты собственных колебаний балок. Частные случаи для балок с различными опорными закреплениями. Колебания струны.</li> <li>13. Продольные колебания стержней. Вывод дифференциального уравнения. Решения в замкнутой форме и форме ряда. Скорость распространения продольной упругой волны. Граничные и начальные условия. Собственные продольные колебания стержня</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Собственные частоты и формы свободных колебаний призматических балок с различными закреплениями концов.</li> <li>2. Частоты собственных колебаний призматических балок при наличии осевой силы и упругого основания.</li> <li>3. Собственные частоты при продольных колебаниях стержней с различными закреплениями концов.</li> <li>4. Собственные частоты крутильных колебаний стержней с различными закреплениями концов.</li> <li>5. Динамические характеристики изгиба призматических балок при воздействии</li> </ol>

	<p>со свободными концами.</p> <p>14. Крутильные колебания стержней. Вывод дифференциального уравнения. Скорость распространения поперечной упругой волны при кручении (чистом сдвиге). Собственные крутильные колебания стержня со свободными концами.</p> <p>15. Силы, вызывающие колебания машин и конструкций. Неуравновешенные инерционные усилия от поршневых механизмов, возникающие в одноцилиндровом двигателе. Инерционные усилия в многоцилиндровом двигателе. Суммирование усилий. Опрокидывающие моменты в двигателях.</p> <p>16. Неуравновешенные инерционные усилия, вызываемые движителями. Неуравновешенность гребных и воздушных винтов. Типы неуравновешенности. Частоты вынужденных колебаний, вызываемых винтами.</p> <p>17. Источники колебаний механических систем, обусловленные усилиями непериодического характера. Автоколебания конструкций и механизмов.</p> <p>18. Упругие волны в стержнях. Скорости распространения упругих волн при продольных, крутильных и изгибных колебаниях стержней. Скорости распространения упругих волн при колебаниях струны. Соотношение скоростей при различных типах колебаний.</p>	<p>различных гармонических силовых факторах (вынужденные колебания).</p>
	<p><b>Перечень вопросов к зачету (8 семестр)</b></p> <p>1. Общая вибрация корпуса корабля. Исходные предпосылки. Дифференциальные уравнения колебаний корпуса корабля (с учетом изгиба и сдвига). Возможные упрощения в уравнениях.</p> <p>2. Влияние забортной воды на колебания корпуса корабля. Влияние различных факторов на величину присоединенных масс воды при колебаниях. Присоединенные массы воды при колебаниях пластин и перекрытий.</p> <p>3. Свободные колебания корпуса корабля. Метод Релея - Папковича. Учет различных факторов при определении частот свободных колебаний корпуса корабля (ортогонализации) форм колебаний, учет вращения элементов корпуса и сдвигов.</p> <p>4. Применение метода конечных разностей при определении частот свободных колебаний корпуса корабля. Приближенные формулы для определения частот свободных колебаний корпуса.</p> <p>5. Вынужденные колебания корпуса корабля. Решение в виде ряда.</p> <p>6. Решение для вынужденных колебаний корпуса корабля в замкнутой форме. Интегрирование уравнений по методу Рунге-Кутты.</p> <p>7. Местная вибрация корпуса корабля. Основные предположения и предпосылки.</p> <p>8. Вибрация балок судового набора. Метод 3-х динамических моментов при вынужденных и собственных колебаниях балок.</p> <p>9. Вибрация рам. Выбор расчетных методов при</p>	

	<p>вынужденных и свободных колебаниях рам.</p> <p>10. Вибрация перекрытий. Метод приравнивания прогибов при вынужденных и свободных колебаниях перекрытий. Энергетический метод расчета вынужденных и свободных колебаний.</p> <p>11. Вибрация пластин судового корпуса. Дифференциальное уравнение свободных колебаний. Собственные колебания пластины, свободно опертой по контуру. Собственные колебания пластины, защемленной по контуру. Вибрация пластины, вызванная колебаниями их опорных контуров.</p> <p>12. Меры борьбы с вибрацией различных объектов. Конструктивные мероприятия. Амортизация возмущающих усилий при вибрации неуравновешенных механизмов. Амортизация приборов при вибрации путем подвески их на упругих элементах. (динамический гаситель колебаний).</p> <p>13. Автоколебания систем распределенными параметрами. Флаттер. Шимми.</p>	
--	---	--

## 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Процедуры оценивания формируемых компетенций определяют следующие нормативные документы, разработанные в НГТУ и к которым возможен доступ на сайте учебно-методического управления <https://www.nttu.ru/structure/view/podrazdeleniya/uchebno-metodicheskoe-upravlenie> по вкладке «Нормативные документы и локальные акты по обеспечению образовательного процесса НГТУ»:

1. Положение о фонде оценочных средств для установления уровня сформированности компетенций обучающихся и выпускников на соответствие требованиям ФГОС ВО от 25 декабря 2014 года (СМК-ПВД-7.5-11.4-12-14).

Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18).

В результате изучения дисциплины «Динамика машин» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ПК-4 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ПК-4 в процессе текущего контроля знаний осуществляется по критериям и показателям, приведенным в таблице 7.2.

**Таблица 7.1- Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Шкала оценивания, баллы	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
41-50	Отлично	зачет
31-40	Хорошо	
21-30	Удовлетворительно	
0-20	Неудовлетворительно	незачет



**Таблица 7.2– Критерии, показатели и шкала оценивания формируемых компетенций в процессе текущего контроля знаний**

Коды		Показатели оценивания компетенций			
компетенций	индикаторов достижения компетенций	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля
	<b>ИПК-4.4.</b> Применяет методы механики сплошных сред для анализа динамики конструкций	<b>Знает и может объяснить</b> основные законы динамики различного вида конструкций и деталей машин. <b>Уверенно, свободно</b> использует методы расчета динамических характеристик собственных и вынужденных колебаний конструкций.	<b>Знает</b> основные законы динамики различного вида конструкций и деталей машин. <b>Уверенно использует</b> методы расчета динамических характеристик собственных и вынужденных колебаний конструкций.	<b>Не твердо знает</b> основные законы динамики различного вида конструкций и деталей машин. <b>Неуверенно</b> использует методы расчета динамических характеристик собственных и вынужденных колебаний конструкций.	<b>Не знает</b> основные законы динамики различного вида конструкций и деталей машин. <b>Не может</b> использовать методы расчета динамических характеристик собственных и вынужденных колебаний конструкций.

Коды		Показатели оценивания компетенций			
компетенций	индикаторов достижения компетенций	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля
<b>ПК-4</b>	<b>ИПК-4.5.</b> Проводит расчеты прочности конструкций при динамических внешних нагрузках	<b>Знает и может объяснить</b> теоретические основы о динамических деформациях различного вида конструкций и деталей машин. <b>Уверенно</b> использует методы расчета напряжений и деформаций различных элементов конструкции при динамических нагрузках.	<b>Знает</b> теоретические основы о динамических деформациях различного вида конструкций и деталей машин. <b>Уверенно</b> использует методы расчета напряжений и деформаций различных элементов конструкции при динамических нагрузках.	<b>Не твердо знает</b> теоретические основы о динамических деформациях различного вида конструкций и деталей машин. <b>Не уверенно</b> использует методы расчета напряжений и деформаций различных элементов конструкции при динамических нагрузках.	<b>Не знает</b> теоретические основы о динамических деформациях различного вида конструкций и деталей машин. <b>Не может</b> использовать методы расчета напряжений и деформаций различных элементов конструкции при динамических нагрузках.

В соответствии с пунктом 4.11 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) по итогам текущего контроля по дисциплине в семестре преподаватель решает вопрос о возможности прохождения студентом промежуточной аттестации по дисциплине. Обучающиеся, не выполнившие минимальные требования по рабочей программе дисциплины (РПД) и имеющие до 50% пропусков занятий, получают оценку «неудовлетворительно» по данной дисциплине.

В соответствии с пунктом 5.9 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) во время последней учебной недели проводится зачет со студентами, отнесенными преподавателем к первой категории, т.е. выполнившими минимальные требования по РПД и имеющими менее 50% пропусков занятий (лекций и практических занятий). Студенты, отнесенные ко второй категории, т.е. не выполнившие минимальные требования по РПД и имеющие до 50% и более пропусков занятий (лекций и практических занятий), к зачету не допускаются и получают академическую задолженность по данной дисциплине.

Для выполнения минимальных требований по изучению дисциплины обучающиеся должны иметь только положительные оценки по текущему контролю их знаний на всех занятиях, на которых они присутствовали и выступали с докладами или сообщениями и выполняли практические задания, включая обязательное присутствие на коллоквиуме.

В соответствии с пунктом 5.10 того же Положения – наиболее успешно обучающимся по дисциплине студентам преподаватель может поставить зачет без опроса (по итогам текущего контроля знаний).

Оценивание формируемых компетенций по текущей и промежуточной аттестации в целом осуществляется по шкале оценивания, представленной в таблице 7.

**Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации**

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на зачете
ПК-4	Достаточный	По критерию ИПК-4.4. с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию ИПК-4.4. с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
	Достаточный	По критерию ИПК-4.5. с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию ИПК-4.5. с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
ПК-4 (итог по экзамену)	Достаточный	По критерию ИПК-4.4. ю с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию ИПК-4.4. с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
	Достаточный	По критерию ИПК-4.5. с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию ИПК-4.5. с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
ПК-4 (итог по зачету)	Достаточный	По критерию ИПК-4.4. с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию ИПК-4.4. с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
	Достаточный	По критерию ИПК-4.5. с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию ИПК-4.5. с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература, печатные и электронные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

**Таблица 9 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий**

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
<b>1 Основная литература</b>		
1	Волков В.М. Надежность машин и тонкостенных конструкций: Учебное пособие / В.М. Волков; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород, 2011. - 365 с.	18
2	Александров А.В, Потапов В.Д, Зылев В.Б Строительная механика. В 2-х кн. Кн.2: Динамика и устойчивость упругих систем: Учебное пособие / А.В Александров; М: Высшая школа, 2008.- 384 с.	8
<b>2 Дополнительная литература</b>		
3	Белозеров Б.П и др. Справочник конструктора: Справочно-методическое пособие / Б.П. Белозеров; СПб.: Политехника, 2006.- 1027 с.	12
4	Короткин А.И. Присоединенные массы судостроительных конструкций: Справочник / А.И. Короткин; СПб.: Мор Вест, 2007.- 447 с	2
5	Речной Регистр Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания: Нормы проектирования постройки; СПб.: Издательство Российского морского регистра судоходства, 2007.- 1430 с.	2
6	Давыдов В.В, Маттес Н.В., Сиверцев И.Н., Трянин И.И. Прочность судов внутреннего плавания: Справочник/ В.В. Давыдов; М.: Транспорт, 1978.- 520 с.	287
7	Давыдов В.В, Маттес Н.В. Динамические расчеты прочности судовых конструкций: Учебник/ В.В. Давыдов; Л.: Судостроение, 1974.-336 с.	52

## **6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

В помощь участникам образовательного процесса (преподавателям и студентам) в НГТУ разработаны следующие учебно-методические документы:

1) Е.Г. Ивашкин, Жукова Л.П. Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования: Учебное пособие / Е.Г. Ивашкин, Л.П. Жукова; НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 80 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

2) Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения: Учебное пособие / Т.И. Ермакова, Е.Г. Ивашкин; НГТУ. – Нижний Новгород, 2013. – 158 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

3) Жукова Л.П. Методические рекомендации по организации аудиторной работы / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 63 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ);

4) Ермакова Т.И. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 35 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ).

Указанные материалы размещены в электронном виде на сайте учебно-методического управления в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ».

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

- оформление результатов выполнения расчетно-графической работы ;
- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;

– организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

- главная страница НТБ: <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>;
- электронная библиотека НГТУ: <https://library.nntu.ru/megapro/web>;
- библиотека электронных учебников: <http://fdp.nntu.ru/книжная-полка/>.

На странице «Ресурсы» сайта НТБ по соответствующим вкладкам возможен доступ к необходимым ресурсам на следующих страницах:

- «Электронная библиотека» по вкладке «Электронный каталог НГТУ»;
- «Книжная полка» по вкладке «Библиотека электронных учебников»;
- «Электронно-библиотечная система «Лань» по вкладке «ЭБС «Лань»;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА - Студенческая электронная библиотека» по вкладке «ЭБС «Консультант студента»;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» по вкладке «ЭБС «Юрайт».

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях Web of Science и Scopus, а также к реферативным журналам, выбранным из баз данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) и выписываемым НТБ.

С компьютеров специализированных аудиторий НТБ (ауд. 2201, 2210, 6162) возможен доступ к внешним ресурсам:

- профессиональным справочным системам «Кодекс», «Гарант», «КонсультантПлюс», «Техэксперт»;
- Федеральному информационному фонду стандартов ФГУП «Стандартинформ».

С компьютеров сети НГТУ возможен доступ к базам данных, журналам и коллекциям электронных книг таких зарубежных издательств, как:

- платформа НЭИКОН, включающая 10 издательств;
- Elsevier (журналы Freedom Collection);
- Springer Nature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска Orbit Intelligence Premium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>
- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

### **7.2. Перечень программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 11 раздела 9 настоящей РПД.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ**

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Информация размещена в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»: <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>.

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1.	ЭБС «Консультант студента»	Озвучка книг и увеличение шрифта
2.	ЭБС «Лань»	Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3.	ЭБС «Юрайт»	Версия для слабовидящих

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен современным аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Динамика машин» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные в таблице 11.

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24Б, корп. 2, ауд. <b>2106</b> Лаборатория сопротивления материалов	Плакаты на стенах по курсу "Сопротивление материалов". Испытательные машины на растяжение-сжатие, кручение, ударную вязкость, твердость: К-50; МК-15; ТШ-2М; ТК-2М. Посадочных мест - 4	
2.	603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24Б, корп. 2, ауд. <b>2102</b> Лаборатория сопротивления материалов	Посадочных мест - 30, 1.Аудиторная доска для мела. 2.Плакаты на стенах по курсу "Сопротивление материалов". 3. Испытательные машины на растяжение-сжатие, кручение, ударную вязкость, твердость: Амслер-50; ИМ-50У. Лабораторные установки: СМ-4; СМ-6; СМ-8; СМ-11; СМ-12; СМ-18; СМ-34.	
3.	603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24Б, корп. 2, ауд. <b>2102а</b> Мультимедийная аудитория	Посадочных мест - 25, 1.Аудиторная доска для мела. 2.Компьютеры DEPO Intel Core2 Duo CPU E4600 2.4 GHz, 3 GB RAM (12 шт.) в составе локальной	Windows XP (Лицензия MSDN Academic Alliance (MSDNAA), договор №Tr021888 от 18.06.2008), Microsoft Office Professional 2003 (лицензия № 61410938), MSC.

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		вычислительной сети университета. 3.Испытательная машина М50-У. 4.Портативный мультимедийный проектор и экран.	Patran 2012, MSC.Nastran 2012, MSC.Adams 2012 (договор 28-13/13-215 от 17.06.2013 г.)
4.	603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28Л, корп. 5, ауд. <b>5109</b> Лаборатория «Конструкция корпуса»	1.Аудиторная доска для мела. 2.Лабораторные стенды: «Определение характеристик податливости опор», «Рама», «Перекрытие». 3.Тензометрическая модель «Общий изгиб и кручение корпуса корабля» 4.Тензометрическая станция СИИТ - 3 Посадочных мест - 24	
5.	5603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28Л, корп. 5, ауд. <b>5118</b> Лаборатория «Прочность судовых конструкций»	1.Аудиторная доска для мела. 2.Универсальный лабораторный стенд «Сложный изгиб и устойчивость балок» Посадочных мест - 18	
6.	603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28Л, корп. 5, ауд. <b>5103</b> Лаборатория «Вибрация»	Лабораторные установки: «Колебания систем с одной степенью свободы», «Колебания систем с двумя степенями свободы», «Свободные колебания консольной балки», «Вынужденные колебания балки», «Флаттер крыла». Виброаппаратура: ВИ-6-6ТН, Ноутбук HP с АЦП, 8 -канальный измерительный комплекс ZETLAB, Учебный комплекс гибридного моделирования объектов морской техники LMS (Бельгия). Вибростенд. Посадочных мест - 4.	
7.	603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28Л, корп. 5, ауд. <b>5106</b> Лаборатория экспериментальной механики	1.Аудиторная доска для мела. 2.Лабораторная установка по определению коэффициента тензочувствительности тензорезистора. Посадочных мест - 24	

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

- очные лекции;
- online лекции в среде Zoom;
- очные практические занятия;
- электронное обучение в eLearning Server 4G ЭИОС НГТУ.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлен зачет по промежуточной аттестации в соответствии с разделом 5.2 настоящей РПД.

### **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекция, как форма выполнения аудиторной работы, призвана донести до обучающихся знания теоретического материала дисциплины. Лекции обеспечивают, прежде всего, формирование компонента «знать» компетенции ПК-4. Структура содержания лекций предусматривает введение, основную часть и заключение. Во введении раскрывается роль, значимость, состояние развития дисциплины для отрасли науки, техники, технологий. В заключении освещаются с достаточной полнотой основные направления развития содержания дисциплины. Объемы теоретического материала, изучаемого на лекциях еженедельно, обеспечивают выполнение запланированных форм аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов. Проблемная лекция определяется постановкой вопросов или задач, моделирующих проблемную, «напряженную» ситуацию, разрешение которой происходит непосредственно («на глазах») в ходе изложения темы на основе вовлечения студентов в диалогические формы коммуникации, активизирующие познавательную деятельность.

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа**

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают: - проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях; - получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины; - подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины

### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа студентов обеспечивает их подготовку аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка



материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6 настоящей РПД.

В процессе самостоятельной работы студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы, указанных в таблице 11. В этих аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к ЭИОС и ЭБС, где в электронном виде располагаются необходимые учебные и учебно-методические материалы.

#### **10.5. Методические указания для выполнения РГР**

Выполнение студентами расчётно-графической работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению курсовых проектов и выпускной квалификационной работы.

Индивидуальность задания обеспечивается за счёт выдачи студенту индивидуальных численных значений исходных данных.

Для выполнения РГР студент должен осмыслить лекции, разобрать примеры решения и на их основе оформить решение задачи (анализ механической системы, основные законы для описания происходящих процессов, составление уравнений, выбор алгоритма решения полученной системы уравнений, вычисления в метрической системе единиц измерения). Решение оформляется в MS Word или от руки на листах формата А4.

Выполненная работа должна быть защищена студентом при личном контакте с преподавателем. Преподаватель обязан убедиться в правильности выполнения работы и в понимании студентом представленной работы (состав механической системы, взаимодействие её элементов, основные законы для описания происходящих процессов, их физический смысл, алгоритм решения системы уравнений).

### **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Оценочные средства и регламенты текущего и итогового контроля освоения дисциплины приведены в разделе 5 настоящей РПД.

#### **11.1.1. Типовые контрольные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков в ходе текущего контроля успеваемости**

Типовые вопросы для письменного опроса (тесты) приведены в eLearning Server 4G ЭИОС НГТУ.

Фонд тестовых заданий для раздела «Общая вибрация корабля»:

1 Расчет общей вибрации корпуса корабля включает в себя:

- А) Собственные колебания
- Б) Вынужденные колебания
- В) Собственные и вынужденные колебания

2 Какие силы входят в основное дифференциальное уравнение, описывающее собственные колебания?

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( EI \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right) + m \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = 0$$

- А) Силы инерции
- Б) Силы упругости
- В) Силы внешнего сопротивления
- Г) Силы внутреннего сопротивления
- Д) Распределенные гармонические нагрузки

3 Какие силы не входят в дифференциальное уравнение, описывающее вынужденные колебания, возникающие от сосредоточенных гармонических факторов?

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ (1 + \kappa_i) EI \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right] + R \frac{\partial \omega}{\partial t} + m \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = 0$$

- А) Силы инерции
- Б) Силы упругости
- В) Силы внешнего сопротивления
- Г) Силы внутреннего сопротивления
- Д) Распределенные гармонические нагрузки

4 Выберите верное утверждение. В зоне и вблизи зоны резонанса учет внешнего и внутреннего сопротивления:

- А) Обязателен, так как амплитуда стремится к бесконечности без учета сопротивления
- Б) Не обязателен, так как амплитуда не изменяется с учетом или без учета сопротивления

5 Как влияет учет присоединенной массы жидкости при расчетах на частоту собственных колебаний

- А) Увеличивает
- Б) Уменьшает
- В) Не влияет

6 В виде чего предложил брать Папкович П.Ф. функции форм вертикальных колебаний корпуса судна?

- А) В виде сдвинутой и повернутой формы колебаний призматической балки со свободными концами
- Б) В виде сдвинутых и повернутых синусоид

7 Форма колебаний  $f_j$ , предложенная Папковичем П.Ф., точно не удовлетворяет граничным условиям?

- А) Нет, точно удовлетворяет (изгибающий момент и перерезывающая сила обращаются в ноль)
- Б) Да, точно не удовлетворяет (изгибающий момент обращается в ноль, а перерезывающая сила в ноль не обращается)
- В) Да, точно не удовлетворяет ( перерезывающая сила обращается в ноль, а изгибающий момент в ноль не обращается)
- Г) Вообще не удовлетворяет ( перерезывающая сила и изгибающий момент не обращаются в ноль)

8 Условие динамического равновесия в методе Рэлея-Папковича соблюдается:

- А) Для инерционных сил и сил упругости
- Б) Только для сил упругости
- В) Только для сил инерции

9 Присоединенные массы жидкости – это:

- А) Учет изменения сил поддержания при вертикальных колебаниях судна
- Б) Сопротивление забортной воды, пропорциональное скорости колебаний, трудно отделимое от сопротивления внутреннего трения в материале корпуса
- В) Вода, окружающая корпус, следующая за его перемещениями и привлекаемая к колебаниям корпуса.

10 Формула Рэлея это?

- А)  $\lambda = \sqrt{\frac{N_j}{M_j}}$
- Б)  $f_j(x) = \delta_j + \beta_j \left( \frac{x}{L} - \frac{1}{2} \right) + \sin \frac{j\pi x}{L}$
- В)  $W(x, t) = \sum_{j=1}^{\infty} f_j(x) \varphi_j(t)$

11 Физический смысл уравнений динамического равновесия:

$$\begin{cases} \int_0^L m f_j(x) dx = 0 \\ \int_0^L \int_0^x m f_j(x) dx^2 \end{cases}$$

А) Сумма инерционных сил равна 0;

Сумма моментов инерционных сил равна 0

Б) Сумма инерционных сил и сил упругости равна 0;

Сумма моментов инерционных сил и моментов сил упругости равна 0

В) Сумма сил упругости равна 0;

Сумма моментов сил упругости равна 0

12 Каким методом производили расчет вынужденных колебаний корпуса корабля в расчетно-графической работе?

А) Метод решения в замкнутой форме путем численного интегрирования основных дифференциальных уравнений

Б) Метод решения в форме ряда по главным колебаниям

13 Учет дополнительных деформаций от сдвига (продолжите)

А) Увеличивает податливость корпуса, то есть несколько понижает обобщенную жесткость

Б) Понижает податливость корпуса, то есть несколько повышает обобщенную жесткость

14 При расчете вынужденных колебаний без учета сопротивления в резонансной зоне амплитуда будет?

А) Стремиться к 0

Б) Стремиться к  $\infty$

В) Не изменится

15 Поправка на вращение вводится для учета?

А) Для учета обобщенной массы  $M_j$ , полученной при учете в кинетической энергии вращения поперечных элементов корпуса

Б) Для учета обобщенной массы  $M_j$ , полученной при учете в кинетической энергии поперечных перемещений элементов корпуса

В) Для учета обобщенной массы  $M_j$ , полученной при учете в кинетической энергии вращения поперечных элементов корпуса, и для учета обобщенной массы  $M_j$ , полученной при учете в кинетической энергии поперечных перемещений элементов корпуса

16 Поправка на сдвиг вводится для учета?

А) Для учета деформаций изгиба, вызванных нормальными напряжениями  $\sigma_z$

Б) Для учета деформаций, обусловленных сдвигом, то есть касательных напряжений  $\tau_z$

В) Для учета деформаций изгиба, вызванных нормальными напряжениями  $\sigma_z$  и для учета деформаций, обусловленных сдвигом, то есть касательных напряжений  $\tau_z$

17 Почему вынужденная сила была приложена в шпации 19-20 в расчетно-графической работе?

А) В шпации расположены винты и машинное отделение

Б) В шпации расположена рубка

В) Произвольно

18 Где максимальный прогиб корпуса корабля при общей вибрации корпуса корабля?

А) Шпация 0-1

Б) Шпация 9-10

В) Шпация 19-20

19 Где производили расчет общей вибрации корпуса корабля ?

- А) Вне зоны резонанса, без учета сопротивления
- Б) В зоне резонанса, с учетом сопротивления
- В) В зоне резонанса, без учета сопротивления
- Г) Вне зоны резонанса, с учетом сопротивления

20 Общая вибрация корпуса корабля опасна ( Для кого и почему)?

- А) Да, с точки зрения прочности корабля
- Б) Да, с точки зрения здоровья экипажа
- В) Да, с точки зрения прочности корабля и здоровья экипажа
- Г) Нет, не опасна

21 При расчете общей вибрации корпуса корабля в расчетно-графической работе рассматриваются ?

- А) Вертикальные колебания корпуса корабля
- Б) Горизонтальные колебания корпуса корабля
- В) Крутильные колебания корпуса корабля

22 Какие виды влияния забортной воды на частоту и амплитуду вибрации корпуса были учтены при расчете общей вибрации корпуса корабля?

- А) Гравитационное влияние
- Б) Демпфирующее влияние
- В) Инерционное влияние

23 Выражение, предложенное Папковичем П.Ф., это?

А)  $\lambda = \sqrt{\frac{N_j}{M_j}}$

Б)  $f_j(x) = \delta_j + \beta_j \left( \frac{x}{L} - \frac{1}{2} \right) + \sin \frac{j\pi x}{L}$

В)  $W(x, t) = \sum_{j=1}^{\infty} f_j(x) \varphi_j(t)$

24 Как влияют поправки на сдвиг и вращение на частоты собственных колебаний корпуса корабля?

- А) Увеличивают
- Б) Уменьшают
- В) Не влияют

25 В виде чего предложил брать форму вертикальных колебаний корпуса корабля Шиманский Ю.А.?

- А) В виде сдвинутой и повернутой формы колебаний призматической балки со свободными концами
- Б) В виде сдвинутых и повернутых синусоид

26 В выражение обобщенной жесткости, входящей в формулу Рэлея, учитывались?

- А) Деформации от изгиба, вызванные нормальными напряжениями
- Б) Деформации, обусловленные сдвигом, то есть касательными напряжениями
- В) Деформации от изгиба, вызванные нормальными напряжениями, и деформации, обусловленные сдвигом, то есть касательными напряжениями

27 Выражение обобщенной массы, входящей в формулу Рэлея, учитывает?

- А) Кинетическую энергию поперечных перемещений элементов корпуса корабля
- Б) Кинетическую энергию вращения поперечных элементов корпуса корабля
- В) Кинетическую энергию поперечных перемещений элементов корпуса корабля и кинетическую энергию вращения поперечных элементов корпуса корабля

28 Если корпус корабля находится в равновесии это...(продолжите фразу)

- А) Гарантирует равновесие отдельных поперечных элементов корпуса корабля
- Б) Не гарантирует равновесие отдельных поперечных элементов корпуса корабля

29 Если все поперечные элементы корпуса корабля находятся в равновесии, то...(продолжите фразу)

- А) Корпус корабля находится в равновесии
- Б) Корпус корабля не будет находиться в равновесии

30 При решении вынужденных колебаний в форме ряда по главным колебаниям в расчетно-графической работе принимается, что колебания корпуса вызываются?

- А) Сосредоточенными гармоническими нагрузками
- Б) Распределенными гармоническими нагрузками.

#### 11.1.2. Комплект типовых заданий для выполнения расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа «Общая вибрация корабля»:

Для корабля с заданными элементами необходимо определить частоту собственных вертикальных изгибных колебаний корпуса для первого и второго тонов с учетом поправок на сдвиг и вращение. Определить амплитуду колебаний корпуса в заданной шпации, возникающую от

Вариант 1											
N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$						
						L	90	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>

гармонической силы  $P \cos \omega t$ , которая приложена в шпации 19–20.

0-1	2,786	2,8	15,055	10,611	0,47
1-2	3,662	2,8	19,79	15,346	0,62
2-3	4,515	2,8	24,525	20,081	0,75
3-4	5,332	2,8	29,261	24,817	0,9
4-5	6,144	2,8	33,996	29,552	1,04
5-6	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
5-7	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
7-8	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
8-9	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
9-10	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
10-11	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
11-12	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
12'-13	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
13-14	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
14-15	6,5	2,8	36,364	40,808	1,1
15-16	6,2	2,797	33,996	29,552	1,04
16-17	5,6	2,666	29,261	24,817	0,82
17-18	5	2,528	24,525	20,081	0,6
18-19	4,2	2,429	19,79	15,346	0,48
19-20	3,3	2,352	15,055	10,611	0,32

B	13	м	G=	7,55E+07	кН/м
H	4,8	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	2,8	м	$\rho_0^2=$	1,920	м <sup>2</sup>
D	2740	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/2$	0	4,5	м		
$\omega_c$	0,058	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 2

Н шпации	Ординаты ГВЛ уі (м)	Осадки di (м)	Площадь шпангоутов Fi (м2)	Интенсивность масс Mi (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	2,215	1,71	7,31	4,31	0,112
1-2	3,445	1,71	11,369	8,369	0,175
2-3	4,65	1,71	15,427	12,427	0,235
3-4	5,814	1,71	19,485	16,485	0,294
4-5	6,968	1,71	23,544	20,544	0,353
5-6	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
5-7	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
7-8	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
8-9	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
9-10	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
10-11	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
11-12	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
12'-13	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
13-14	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
14-15	7,5	1,71	25,573	28,573	0,38
15-16	7,2	1,668	23,544	20,544	0,34
16-17	6,3	1,578	19,485	16,485	0,275

L	80	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	15	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2,8	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	1,71	м	$\rho_0^2=$	0,653	м <sup>2</sup>
D	1640	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/2$	0	4	м		
$\omega_c$	0,028	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

17-18	5,2	1,529	15,427	12,427	0,201
18-19	4	1,465	11,369	8,369	0,14
19-20	2,6	1,449	7,31	4,31	0,089

Вариант 3

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпанго-утов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	1,758	2,2	7,464	5,825	0,123
1-2	2,285	2,2	9,701	8,062	0,16
2-3	2,797	2,2	11,938	10,299	0,196
3-4	3,287	2,2	14,174	12,535	0,23
4-5	3,775	2,2	16,411	14,772	0,264
5-6	4	2,2	17,53	19,169	0,28
5-7	4	2,2	17,53	19,169	0,28
7-8	4	2,2	17,53	19,169	0,28
8-9	4	2,2	17,53	19,169	0,28
9-10	4	2,2	17,53	19,169	0,28
10-11	4	2,2	17,53	19,169	0,28
11-12	4	2,2	17,53	19,169	0,28
12'-13	4	2,2	17,53	19,169	0,28
13-14	4	2,2	17,53	19,169	0,28
14-15	4	2,2	17,53	19,169	0,28
15-16	3,8	2,2	16,411	14,772	0,266
16-17	3,35	2,159	14,174	12,535	0,2
17-18	2,9	2,122	11,938	10,299	0,18
18-19	2,35	2,11	9,701	8,062	0,14
19-20	1,9	2,025	7,464	5,825	0,102

L	48,8	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	8	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2,7	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	2,2	м	$\rho_0^2=$	0,608	м <sup>2</sup>
D	719	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	2,44	м			
$\omega_c$	0,0648	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 4

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпанго-утов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	2,711	1,98	10,362	8,009	0,162
1-2	3,545	1,98	13,549	11,196	0,212
2-3	4,356	1,98	16,735	14,382	0,261
3-4	5,133	1,98	19,921	17,568	0,307
4-5	6,11	1,98	23,107	20,754	0,366
5-6	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
5-7	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
7-8	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
8-9	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
9-10	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
10-11	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
11-12	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
12'-13	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
13-14	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375
14-15	6,25	1,98	24,7	27,053	0,375

L	85	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	12,5	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2,5	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	1,98	м	$\rho_0^2=$	0,521	м <sup>2</sup>
D	1761	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	4,25	м			
$\omega_c$	0,045	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

15-16	6,15	1,98	23,107	20,754	0,369
16-17	5,7	1,783	19,921	17,568	0,3
17-18	5,3	1,627	16,735	14,382	0,25
18-19	4,7	1,502	13,549	11,196	0,195
19-20	3,62	1,492	10,362	8,009	0,157

Вариант 5

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	1,360	1,670	4,382	3,092	0,043
1-2	2,112	1,670	6,806	5,516	0,110
2-3	2,848	1,670	9,229	7,939	0,148
3-4	3,560	1,670	11,652	10,362	0,185
4-5	4,265	1,670	14,076	12,786	0,222
5-6	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
5-7	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
7-8	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
8-9	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
9-10	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
10-11	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
11-12	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
12'-13	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
13-14	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
14-15	4,600	1,670	15,287	16,577	0,240
15-16	4,350	1,650	14,076	12,786	0,230
16-17	3,690	1,611	11,652	10,362	0,195
17-18	3,000	1,586	9,229	7,939	0,158
18-19	2,350	1,493	6,806	5,516	0,115
19-20	1,600	1,412	4,382	3,092	0,071

L	62	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	9,2	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2,8	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	1,67	м	$\rho_0^2=$	0,653	м <sup>2</sup>
D	760	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	3,1	м			
$\omega_c$	0,028	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 6

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	2,448	1,69	7,985	6,103	0,182
1-2	3,332	1,69	10,867	8,985	0,247
2-3	4,194	1,69	13,75	11,868	0,312
3-4	5,021	1,69	16,632	14,75	0,373
4-5	5,844	1,69	19,515	17,633	0,435
5-6	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
5-7	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
7-8	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
8-9	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
9-10	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
10-11	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
11-12	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
12'-13	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
13-14	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
14-15	6,25	1,69	20,956	22,838	0,465
15-16	6	1,659	19,515	17,633	0,413

L	85	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	12,5	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	3,4	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	1,2	м	$\rho_0^2=$	0,963	м <sup>2</sup>
D	1475	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	4,25	м			
$\omega_c$	0,034	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			



16-17	5,55	1,529	16,632	14,75	0,345
17-18	5	1,417	13,75	11,868	0,295
18-19	4,3	1,302	10,867	8,985	0,221
19-20	3,3	1,247	7,985	6,103	0,16

Вариант 7

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	2,19	1,5	6,078	4,798	0,05
1-2	2,841	1,5	8,054	6,774	0,06
2-3	3,513	1,5	10,03	8,75	0,07
3-4	4,13	1,5	12,006	10,726	0,08
4-5	4,716	1,5	13,982	12,702	0,09
5-6	5	1,5	14,97	16,25	0,1
5-7	5	1,5	14,97	16,25	0,1
7-8	5	1,5	14,97	16,25	0,1
8-9	5	1,5	14,97	16,25	0,1
9-10	5	1,5	14,97	16,25	0,1
10-11	5	1,5	14,97	16,25	0,1
11-12	5	1,5	14,97	16,25	0,1
12'-13	5	1,5	14,97	16,25	0,1
13-14	5	1,5	14,97	16,25	0,1
14-15	5	1,5	14,97	16,25	0,1
15-16	5	1,426	13,982	12,702	0,08
16-17	4,8	1,276	12,006	10,726	0,07
17-18	4,5	1,144	10,03	8,75	0,06
18-19	4,3	0,956	8,054	6,774	0,05
19-20	3,3	0,939	6,078	4,798	0,04

L	64	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	10	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	1,5	м	$\rho_0^2$ =	0,333	м <sup>2</sup>
D	800	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	3,2	м			
$\omega_c$	0,03	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 8

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	1,168	1,15	2,525	1,905	0,05
1-2	1,709	1,15	3,735	3,115	0,06
2-3	2,24	1,15	4,945	4,324	0,07
3-4	2,759	1,15	6,155	5,534	0,08
4-5	3,267	1,15	7,365	6,744	0,09
5-6	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
5-7	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
7-8	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
8-9	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
9-10	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
10-11	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
11-12	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
12'-13	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
13-14	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
14-15	3,5	1,15	7,97	8,5905	0,12
15-16	3,49	1,1	7,365	6,744	0,08
16-17	3,05	1,05	6,155	5,534	0,07

L	42	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	7	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2,2	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	1,15	м	$\rho_0^2$ =	0,403	м <sup>2</sup>
D	271,2	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	2,1	м			
$\omega_c$	0,03	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

17-18	2,57	1	4,945	4,324	0,06
18-19	2,048	0,95	3,735	3,115	0,05
19-20	1,461	0,9	2,525	1,905	0,04
			<b>129,15</b>	<b>129,149</b>	<b>1,85</b>

Вариант 10

N шпации	Ординаты ГВЛ у <sub>i</sub> (м)	Осадки d <sub>i</sub> (м)	Площадь шпангоутов F <sub>i</sub> (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс M <sub>i</sub> (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	3,742	3,5	24,597	21,806	0,8
1-2	4,394	3,5	29,222	26,431	1
2-3	5,037	3,5	33,847	31,056	1,3
3-4	5,666	3,5	38,471	35,68	1,5
4-5	6,175	3,5	43,096	40,305	1,7
5-6	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
5-7	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
7-8	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
8-9	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
9-10	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
10-11	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
11-12	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
12'-13	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
13-14	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
14-15	6,5	3,5	45,409	48,2	1,8
15-16	6,175	3,5	43,096	40,305	1,7
16-17	5,67	3,43	38,471	35,68	1,5
17-18	5,1	3,37	33,847	31,056	1,3
18-19	4,5	3,31	29,222	26,431	1
19-20	3,85	3,28	24,597	21,806	0,8

L	107,5	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	13	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	4,8	м	I <sub>0</sub> =	1	м <sup>4</sup>
T	3,5	м	ρ <sub>0</sub> <sup>2</sup> =	1,920	м <sup>2</sup>
D	4260	т	m <sub>0</sub> =	10	т/м
ΔL=L/20	5,375	м			
ω <sub>c</sub>	0,15	м <sup>2</sup>			
ρ	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 11

N шпации	Ординаты ГВЛ у <sub>i</sub> (м)	Осадки d <sub>i</sub> (м)	Площадь шпангоутов F <sub>i</sub> (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс M <sub>i</sub> (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	3,448	3,160	20,815	17,069	0,8
1-2	4,171	3,160	25,309	21,563	1,0
2-3	4,861	3,160	29,803	26,058	1,3
3-4	5,538	3,160	34,298	30,553	1,5
4-5	6,212	3,160	38,792	35,047	1,7
5-6	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
5-7	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
7-8	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
8-9	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
9-10	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
10-11	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
11-12	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
12'-13	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
13-14	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
14-15	6,500	3,160	41,039	44,785	1,8
15-16	6,300	3,135	38,792	35,047	1,7

L	106,8	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	13	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	4,8	м	I <sub>0</sub> =	1	м <sup>4</sup>
T	3,16	м	ρ <sub>0</sub> <sup>2</sup> =	1,920	м <sup>2</sup>
D	3783	т	m <sub>0</sub> =	10	т/м
ΔL=L/20	5,34	м			
ω <sub>c</sub>	0,15	м <sup>2</sup>			
ρ	1	т/м <sup>2</sup>			

16-17	6,000	2,916	34,298	30,553	1,5
17-18	5,500	2,793	29,803	26,058	1,3
18-19	4,800	2,746	25,309	21,563	1,0
19-20	4,000	2,739	20,815	17,069	0,8

Вариант 12

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	4,8	3,5	30,3	27,34	1,1
1-2	5,5	3,5	36,37	33,41	1,5
2-3	6,32	3,5	42,44	39,48	1,9
3-4	7,15	3,5	48,52	45,56	2,3
4-5	7,88	3,5	54,52	51,63	2,7
5-6	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
5-7	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
7-8	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
8-9	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
9-10	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
10-11	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
11-12	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
12-13	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
13-14	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
14-15	8,25	3,5	57,63	60,59	2,8
15-16	7,88	3,5	54,52	51,63	2,7
16-17	7,15	3,5	48,52	45,56	2,4
17-18	6,32	3,5	42,44	39,48	2,1
18-19	5,5	3,5	36,37	33,41	1,9
19-20	4,8	3,5	30,3	27,34	1,5

L	135	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	16,5	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	5,5	м	I <sub>0</sub> =	1	м <sup>4</sup>
T	3,5	м	$\square_{02}$ =	2,521	м <sup>2</sup>
D	6755	т	m <sub>0</sub> =	10	т/м
$\square L = L/20$	6,75	м			
$\square c$	0,22	м <sup>2</sup>			
$\square$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 13

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпангоутов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	2,98	2,8	15,06	12,84	0,8
1-2	3,61	2,8	19,08	17,58	1
2-3	4,57	2,8	24,53	22,31	1,2
3-4	5,39	2,8	29,26	27,04	1,4
4-5	6,14	2,8	33,99	31,77	1,5
5-6	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
5-7	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
7-8	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
8-9	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
9-10	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
10-11	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
11-12	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
12-13	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
13-14	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
14-15	6,5	2,8	36,36	38,58	1,6
15-16	6,14	2,8	33,99	31,77	1,4
16-17	5,89	2,8	29,26	27,04	1,3
17-18	5,7	2,16	24,53	22,31	1,1

L	90	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	13	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	4,8	м	I <sub>0</sub> =	1	м <sup>4</sup>
T	2,8	м	$\square_{02}$ =	1,920	м <sup>2</sup>
D	2740	т	m <sub>0</sub> =	10	т/м
$\square L = L/20$	4,5	м			
$\square c$	0,07	м <sup>2</sup>			
$\square$	1	т/м <sup>2</sup>			

18-19	4,8	2,04	19,08	17,58	0,9
19-20	3,85	2	15,06	12,84	0,7

Вариант 14

N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпанго-утов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	2,15	2,81	11,93	9,73	0,80
1-2	3,10	2,81	16,88	14,68	1,00
2-3	4,05	2,81	21,82	19,62	1,20
3-4	5,64	2,81	26,76	24,56	1,40
4-5	6,10	2,81	31,71	29,51	1,50
5-6	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
5-7	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
7-8	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
8-9	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
9-10	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
10-11	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
11-12	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
12-13	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
13-14	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
14-15	6,10	2,81	34,18	36,38	1,65
15-16	6,10	2,81	31,71	29,51	1,40
16-17	5,64	2,81	26,76	24,56	1,30
17-18	4,70	2,34	21,82	19,62	1,10
18-19	3,71	2,31	16,88	14,68	0,85
19-20	2,69	2,27	11,93	9,73	0,65

L	100	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	12,2	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	4,9	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	2,81	м	$\rho_0^2=$	2,001	м <sup>2</sup>
D	2800	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	5	м			
$\omega_c$	0,08	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 15

1	2	3	4	6	20
N шпации	Ординаты ГВЛ $y_i$ (м)	Осадки $d_i$ (м)	Площадь шпанго-утов $F_i$ (м <sup>2</sup> )	Интенсивность масс $M_i$ (т/м)	$I_i/I_0$
0-1	1,400	3,300	9,160	6,550	1,550
1-2	2,600	3,300	16,630	14,020	1,500
2-3	3,810	3,300	24,100	21,490	1,600
3-4	5,060	3,300	31,570	28,960	1,800
4-5	6,390	3,300	39,040	36,430	1,950
5-6	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
5-7	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
7-8	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
8-9	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
9-10	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
10-11	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
11-12	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
12-13	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
13-14	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
14-15	6,500	3,300	42,770	45,380	2,100
15-16	6,390	3,300	39,040	36,430	1,950
16-17	6,100	2,640	31,570	28,960	1,700
17-18	5,700	2,180	24,100	21,490	1,500
18-19	4,500	1,910	16,630	14,020	1,400
19-20	2,800	1,700	9,160	6,550	1,300

L	92	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	13	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	5,5	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	3,3	м	$\rho_0^2=$	2,521	м <sup>2</sup>
D	3076	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	4,6	м			
$\omega_c$	0,22	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 16

N шпации	Ординаты ГВЛ уі (м)	Осадки di (м)	Площадь шпанго-утов Fi (м2)	Интенсивность масс Mi (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	1,6	2,25	6,66	4,85	0,18
1-2	2,5	2,25	10,65	8,84	0,25
2-3	3,39	2,25	14,64	12,83	0,32
3-4	4,27	2,25	18,64	16,83	0,39
4-5	5,09	2,25	22,63	20,82	0,45
5-6	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
5-7	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
7-8	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
8-9	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
9-10	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
10-11	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
11-12	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
12-13	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
13-14	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
14-15	5,5	2,25	24,63	26,44	0,52
15-16	5,09	2,25	22,63	20,82	0,43
16-17	4,7	2,02	18,64	16,83	0,37
17-18	4	1,88	14,64	12,83	0,3
18-19	3,25	1,7	10,65	8,84	0,23
19-20	2,2	1,59	6,66	4,85	0,17

L	77,2	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	11	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	3,5	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	2,25	м	ρ <sub>0</sub> <sup>2</sup> =	1,021	м <sup>2</sup>
D	1516	т	m0=	10	т/м
ΔL= L/20	3,86	м			
ω <sub>c</sub>	0,06	м <sup>2</sup>			
ρ	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 17

N шпации	Ординаты ГВЛ уі (м)	Осадки di (м)	Площадь шпанго-утов Fi (м2)	Интенсивность масс Mi (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	1,67	2,4	7,42	5,37	0,55
1-2	2,56	2,4	11,59	9,54	0,6
2-3	3,42	2,4	15,76	13,71	0,65
3-4	4,28	2,4	19,93	17,88	0,75
4-5	5,08	2,4	24,1	22,05	0,85
5-6	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
5-7	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
7-8	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
8-9	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
9-10	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
10-11	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
11-12	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
12-13	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
13-14	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
14-15	5,5	2,4	26,19	28,24	0,9
15-16	5,08	2,4	24,1	22,05	0,85
16-17	4,7	2,16	19,93	17,88	0,7
17-18	4	2,03	15,76	13,71	0,6
18-19	3,6	1,68	11,59	9,54	0,55
19-20	2,5	1,56	7,42	5,37	0,48

L	78	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	11	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	3,7	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	2,4	м	ρ <sub>0</sub> <sup>2</sup> =	1,141	м <sup>2</sup>
D	1636	т	m0=	10	т/м
ΔL= L/20	3,9	м			
ω <sub>c</sub>	0,05	м <sup>2</sup>			
ρ	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 18

N шпации	Ординаты ГВЛ уі (м)	Осадки di (м)	Площадь шпанго-утов Fi (м2)	Интенсивность масс Mi (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	2,81	2,14	11,11	9,54	0,14
1-2	3,09	2,14	12,52	10,95	0,16
2-3	3,42	2,14	13,92	12,35	0,18
3-4	3,69	2,14	15,32	13,75	0,20
4-5	3,95	2,14	16,73	15,16	0,22
5-6	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
5-7	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
7-8	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
8-9	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
9-10	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
10-11	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
11-12	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
12-13	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
13-14	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
14-15	4,08	2,14	17,43	19,00	0,24
15-16	3,95	2,14	16,73	15,16	0,20
16-17	3,69	2,14	15,32	13,75	0,17
17-18	3,42	2,14	13,92	12,35	0,16
18-19	3,09	2,14	12,52	10,95	0,14
19-20	2,81	2,14	11,11	9,54	0,12

L	63,8	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	8,16	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	2,6	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	2,14	м	ρ <sub>0</sub> <sup>2</sup> =	0,563	м <sup>2</sup>
D	1000	т	m0=	10	т/м
ΔL= L/20	3,19	м			
ω <sub>c</sub>	0,036	м <sup>2</sup>			
ρ	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 19

N шпации	Ординаты ГВЛ уі (м)	Осадки di (м)	Площадь шпанго-утов Fi (м2)	Интенсивность масс Mi (т/м)	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>
0-1	4,304	3,52	28,457	25,346	1,1
1-2	5,235	3,52	35,014	31 903	1,5
2-3	6,151	3,52	41,571	38,46	1,9
3-4	7,047	3,52	48,128	45,017	2,3
4-5	7,791	3,52	54,685	51,574	2,7
5-6	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
5-7	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
7-8	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
8-9	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
9-10	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
10-11	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
11-12	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
12-13	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
13-14	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
14-15	8,25	3,52	57,964	61,074	2,8
15-16	7,807	3,52	54,685	51,574	2,7
16-17	6,905	3,52	48,128	45,017	2,4
17-18	6,28	3,39	41,571	38,46	2,1
18-19	5,38	3,32	35,014	31,903	1,9
19-20	4,45	3,29	28,457	25,346	1,5

L	128,6	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
B	16,5	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	5,5	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
T	3,52	м	ρ <sub>0</sub> <sup>2</sup> =	2,521	м <sup>2</sup>
D	6400	т	m0=	10	т/м
ΔL= L/20	6,43	м			
ω <sub>c</sub>	0,16	м <sup>2</sup>			
ρ	1	т/м <sup>2</sup>			

Вариант 21

1	2	3	4	6	20
N	Ординаты	Осадки di	Площадь	Интенсив	I <sub>i</sub> /I <sub>0</sub>

L	110,1	м	E=	1,96E+08	кН/м <sup>2</sup>
---	-------	---	----	----------	-------------------

шпации	ГВЛ уі (м)	(м)	шпангоут в Fi (м2)	нось масс Mi (т/м)	
0-1	2,530	3,350	15,290	12,560	1,100
1-2	3,400	3,350	21,550	18,830	1,500
2-3	4,330	3,350	27,800		
3-4	5,240	3,350	34,050	31,330	2,300
4-5	6,090	3,350	40,300	37,580	2,400
5-6	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
5-7	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
7-8	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
8-9	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
9-10	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
10-11	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
11-12	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
12-13	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
13-14	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
14-15	6,500	3,350	43,420	46,140	2,500
15-16	6,090	3,350	40,300	37,580	2,400
16-17	5,240	3,350	34,050	31,330	2,250
17-18	4,370	3,200	27,800	25,080	1,800
18-19	3,500	3,100	21,550	18,830	1,400
19-20	2,750	2,800	15,290	12,560	1,000

B	13	м	G=	7,55E+07	кН/м <sup>3</sup>
H	5,5	м	I0=	1	м <sup>4</sup>
D	3920	т	m0=	10	т/м
$\Delta L=L/20$	5,505	м			
$\omega_c$	0,22	м <sup>2</sup>			
$\rho$	1	т/м <sup>2</sup>			
k (1-й тон)	0,1				
k (2-й тон)	0,07				

## 12.2. Типовые контрольные задания (вопросы), необходимые для оценки знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен в 7 семестре в устно-письменной форме по экзаменационным билетам и зачет в 8 семестре по результатам накопительного рейтинга. Устно-письменная форма по экзаменационным билетам предполагается для сдачи академической задолженности. Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену и зачету по темам лекций (ПК-4) приведён в пункте 5 данной РПД. В случае запрета на очные формы аттестации предусмотрена возможность дистанционных форм промежуточного контроля: online Zoom.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИТС

\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

\_\_\_\_\_ **Б.1.В.ОД.3 «Динамика машин »**  
(индекс по учебному плану, наименование)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: \_\_\_\_\_ **15.03.03 «Прикладная механика»**  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: \_\_\_\_\_ **«Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры"»**  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: \_\_\_\_\_ **очная**  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_ **2021**

Курс: \_\_\_\_\_ **4**

Семестр: \_\_\_\_\_ **7,8**

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) в рабочую программу изменения не вносятся. Программа актуализирована для 2021 года начала подготовки;
- 2)

Разработчик РПД, ст. преподаватель кафедры  
«АГДПМ и СМ»,

\_\_\_\_\_ **О.А. Кошелева**  
(подпись)



Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой «АГДПМ и СМ» \_\_\_\_\_ С.И. Герасимов  
(подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой «АГДПМ и СМ» \_\_\_\_\_ С.И. Герасимов  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Методический отдел УМУ

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.