

ГНТ-18



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ММиМ
А.С.Савинов
«2» октября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Специальность

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Специализация программы

Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения

очная

Институт	Металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра	Механики
Курс	1,2
Семестр	2,3

Магнитогорск
2018 г.

ГНТ-18

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 23.05.01
Наземные транспортно-технологические средства, утверждённого приказом МОиН РФ от
11.08.2016 № 1022.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры механики
«26» сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой

 / А.С.Савинов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии,
машиностроения и материалобработки «02» октября 2018 г., протокол № 2.

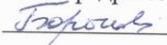
Председатель  / А.С.Савинов /

Согласовано:


Зав. кафедрой ГМиГТК

 / А.Д.Кольга /

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры механики
 / Б.А.Борохович /

Рецензент:

генеральный директор ЗАО
«НПО Центр химических технологий»
 / В.П.Дзюба /

1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теоретическая механика» является подготовка будущего инженера к проведению самостоятельных расчетов элементов грузоподъемных машин и устройств с учетом их динамики работы.

Задачи дисциплины – дать обучающемуся :необходимые представления о работе механических систем с учетом, действующих на них силовых факторов и задачах расчета с использованием законов теоретической механики. знание о механических процессах, необходимы для изучения специальных дисциплин. Приобретенные знания способствуют формированию инженерного мышления.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

подготовки инженера

Дисциплина «Теоретическая механика» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения

Б1.Б.09 Математики;

Б1.Б.10 Физики;

Б1.Б.11 Информатики

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения таких дисциплин, как:

Б.1.Б.21 Сопротивление материалов;

Б1.Б.23 Детали машин и основы конструирования;

Б1.Б.24 Теория механизмов и машин;

Б.1.Б30 Грузоподъемные машины и оборудование;

Б1.Б32 Машины и оборудование непрерывного транспорта;

Б1.В.ДВ.01.02 Динамика машин;

Б1.В.ДВ.04.01 Лифты;

Б1.В.ДВ.04.02 Эскалаторы.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теоретическая механика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ОПК-1 – Способностью решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности.
знать	<ul style="list-style-type: none">• основные положения и законы теоретической механики (разделы статики, кинематики и динамики) ;• методы и способы расчета механических систем с учетом условий их работы.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
уметь	<ul style="list-style-type: none"> применять общие законы механического движения и равновесия материальных объектов и возникающих, при этом между ними механических взаимодействий;

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 141.8 акад. часов;
- аудиторная – 136 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,8 акад. часа;
- самостоятельная работа – 74.5 акад. часов.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекц. занятия	лабор. занятия	практич. занятия				
1. Кинематика 1.1. Кинематика точки.	2	4 часа		4 часа 2И	4 час	Выполнение РГР1 и РГР2 «Кинематика».	Практические занятия, теоретический опрос, проверка решения задач.	ОПК-1 (зув)
1.2. Простейшие виды движения твердого тела.	2	4 часа		4 час 2И	4 час			ОПК-1 (зув)
1.3. Сложное движение точки. Ускорение Кориолиса	2	4 часа		4 часа 2И	6 часа			ОПК-1 (зув)
1.4. Плоскопараллельное движение твердого тела. Сложное движение твердого тела	2	8 часов		8 часов 4И	12 часа			ОПК-1 (зув)
2. Статика 2.1. Основные понятия и аксиомы статики. Сходящаяся система сил.	2	4 часа		4 часа 2И	4 час	Выполнение РГР3 и РГР4 «Статика»	Практические занятия, теоретический опрос, проверка решения задач.	ОПК-1 (зув)
2.2. Произвольная система сил. Центр тяжести твердого тела. Расчет ферм.		10 часов		10 часов 2И	8 часа			ОПК-1 (зув)
Итого по курсу	2	34		34 14И	38 часов		Промежуточный контроль - зачет	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекц. занятия	лабор. занятия	практич. занятия				
3. Динамика 3.1. Аксиомы динамики. Динамика точки. Коллебательное движение точки.	3	12 часов		<u>12</u> часов 7И	12час	Выполнение РГР5	Практические занятия, теоретический опрос, проверка решения задач.	ОПК-1 (зув)
3.2. Динамика механической системы. Теоремы динамики. Принципы механики. Уравнения Лагранжа второго рода.	3	22 часа		<u>22</u> часа 7И	26 часов	Выполнение РГР 6, РГР7 «Динамика»	Итоговый контроль - экзамен	ОПК-1 (зув)
3.3. Итого по курсу	3	34		<u>34</u> 14И	38			ОПК-1 (зув)
Итого по дисциплине	3	68		<u>28</u> <u>68И</u>				

5 Образовательные и информационные технологии

Преподавание курса предполагается вести преимущественно в традиционной форме: лекции, практические занятия, выполнение расчетно-графических работ (РГР); защита РГР (решение задачи и теоретический опрос).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО не менее 20% занятий должны проводиться в интерактивной форме.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Теоретическая механика» предусмотрено выполнение расчетно-графических и аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

Расчетно-графические работы (РГ)

- 1.РГР № 1 – «Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения» - (пример **К – 1**).
- 2.РГР № 2 – «Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельных движениях» - (пример **К – 2**).
- 3.РГР № 2 – «Определение реакций опор составной конструкции (система двух тел)» - (пример **С-2**) .

- 4.РГР № 4 – «Определение реакций опор твердого тела при действии произвольной пространственной системы сил» - (пример С -4).
- 5.РГР № 5 - «Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием сил» - (пример Д – 1).
- 6.РГР № 6– «Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы» - (пример Д – 6).
- 7.РГР № 7 – «Общее уравнение динамики» - (пример Д – 10).

Исходные данные по РГР даны в методических указаниях [2].

3. Мещеряков В.В., Михайлец В.Ф., Борохович Б.А.Сборник контрольных заданий по дисциплине «Теоретическая механика» для студентов всех специальностей всех форм обучения : – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011.

Задача К1а. Точка B движется в плоскости xy (рис. К1.0 — К1.9, табл. К1; траектория точки на рисунках показана условно). Закон движения точки задан уравнениями: $x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$, где x и y выражены в сантиметрах, t — в секундах.

Найти уравнение траектории точки; для момента времени $t_1 = 1$ с определить скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории.

Зависимость $x = f_1(t)$ указана непосредственно на рисунках, а за-

В задаче все искомые величины нужно определить только для момента времени $t_1 = 1$ с. В некоторых вариантах задачи К1а при определении траектории или при последующих расчетах (для их упрощения) следует учесть известные из тригонометрии формулы: $\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha = 2\cos^2 \alpha - 1$; $\sin 2\alpha = 2\sin \alpha \cos \alpha$.

Пример К1а. Даны уравнения движения точки в плоскости xy :

$$x = -2 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) + 3, \quad y = 2 \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) - 1$$

(x, y — в сантиметрах, t — в секундах).

Определить уравнение траектории точки; для момента времени $t_1 = 1$ с найти скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории.

Решение. 1. Для определения уравнения траектории точки исключим из заданных уравнений движения время t . Поскольку t входит в аргументы тригонометрических функций, где один аргумент вдвое больше другого, используем формулу

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha \quad \text{или} \quad \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = 1 - 2\sin^2\left(\frac{\pi}{8}t\right). \quad (1)$$

Из уравнений движения находим выражения соответствующих функций и подставляем в равенство (1). Получим

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = \frac{3-x}{2}, \quad \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) = \frac{y+1}{2},$$

следовательно,

$$\frac{3-x}{2} = 1 - 2 \frac{(y+1)^2}{4}.$$

Отсюда окончательно находим следующее уравнение траектории точки (параболы, рис. К1а):

$$x = (y+1)^2 + 1. \quad (2)$$

Решение. 1. Рассмотрим движение механической системы, состоящей из тел 1, 2, 3, 4, соединенных нитями. Система имеет одну степень свободы. Связи, наложенные на эту систему, — идеальные.

Для определения a_3 применим общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A_k^* + \sum \delta A_k^{\#} = 0, \quad (1)$$

где $\sum \delta A_k^*$ — сумма элементарных работ активных сил; $\sum \delta A_k^{\#}$ — сумма элементарных работ сил инерции.

2. Изображаем на чертеже активные силы $\bar{P}_2, \bar{P}_3, \bar{P}_4$ и пару сил с моментом M . Задавись направлением ускорения a_3 , изображаем на чертеже силы инерции $\bar{F}_3^{\#}, \bar{F}_4^{\#}$ и пару сил инерции с моментом $M_2^{\#}$, величины которых равны:

$$F_3^{\#} = \frac{P_3}{g} a_3; \quad F_4^{\#} = \frac{P_4}{g} a_4;$$

$$M_2^{\#} = \frac{P_2}{g} \rho_2^2 \varepsilon_2. \quad (2)$$

3. Сообщая системе возможное перемещение и составляя уравнение (1), получим

$$(P_3 \sin 60^\circ - F_3^{\#}) \delta s_3 - M_2^{\#} \delta \varphi_2 - F_4^{\#} \delta s_4 - M \delta \varphi_1 = 0. \quad (3)$$

Выразим все перемещения через $\delta \varphi_2$:

$$\delta s_3 = R_2 \delta \varphi_2; \quad \delta s_4 = r_2 \delta \varphi_2;$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{r_2}{R_1} \delta \varphi_2. \quad (4)$$

Подставив величины (2) и (4) в уравнение (3), приведем его к виду

$$\left[P_3 \left(\sin 60^\circ - \frac{a_3}{g} \right) R_2 - \frac{P_2}{g} \rho_2^2 \varepsilon_2 - \frac{P_4}{g} a_4 r_2 - M \frac{r_2}{R_1} \right] \delta \varphi_2 = 0. \quad (5)$$

Входящие сюда величины ε_2 и a_4 выразим через искомую величину a_3 :

$$\varepsilon_2 = \frac{a_3}{R_2}; \quad a_4 = \varepsilon_2 r_2 = \frac{r_2}{R_2} a_3.$$

Затем, учтя, что $\delta \varphi_2 \neq 0$, приравняем нулю выражение, стоящее в (5) в квадратных скобках.

Из полученного в результате уравнения найдем

$$a_3 = \frac{P_3 R_2 \sin 60^\circ - M (r_2 / R_1)}{P_3 R_2 + P_2 \rho_2^2 / R_2 + P_4 (r_2^2 / R_2)} g.$$

Вычисления дают следующий ответ: $a_3 = -0,9 \text{ м/с}^2$. Знак указывает, что ускорение груза 3 и ускорения других тел направлены противоположно показанным на рис. Д10.

3. Теперь найдем сумму работ всех действующих внешних сил при перемещении, которое будет иметь система, когда центр катка 1 пройдет путь s_1 . Введя обозначения: s_5 — перемещение груза 5 ($s_5 = s_1$), φ_3 — угол поворота шкива 3, λ_0 и λ_1 — начальное и конечное удлинения пружины, получим

$$A(\bar{F}) = \int_0^{s_1} 20(3 + 2s)ds = 20(3s_1 + s_1^2);$$

$$A(\bar{P}_1) = P_1 s_1 \sin 60^\circ;$$

$$A(\bar{F}_5^{IP}) = -F_5^{IP} s_5 = -f P_5 s_1;$$

$$A(M) = -M \varphi_3;$$

$$A(\bar{F}_{\text{упр}}) = \frac{c}{2} (\lambda_0^2 - \lambda_1^2).$$

Работы остальных сил равны нулю, так как точки K_1 и K_2 , где приложены силы \bar{N}_1 , \bar{F}_1^{IP} и \bar{S}_2 — мгновенные центры скоростей; точки, где приложены силы \bar{P}_3 , \bar{N}_3 и \bar{P}_4 — неподвижны; а реакция \bar{N}_5 перпендикулярна перемещению груза.

По условиям задачи, $\lambda_0 = 0$. Тогда $\lambda_1 = s_E$, где s_E — перемещение точки E (конца пружины). Величины s_E и φ_3 надо выразить через заданное перемещение s_1 ; для этого учтем, что зависимость между перемещениями здесь такая же, как и между соответствующими скоростями. Тогда так как $\omega_3 = v_A / r_3 = v_{C1} / r_3$ (равенство $v_{C1} = v_A$ уже отмечалось), то и $\varphi_3 = s_1 / r_3$.

Далее, из рис. Д6, б видно, что $v_D = v_B = \omega_3 R_3$, а так как точка K_2 является мгновенным центром скоростей для блока 2 (он как бы «катится» по участку нити K_2L), то $v_E = 0,5v_D = 0,5\omega_3 R_3$; следовательно, и $\lambda_1 = s_E = 0,5\varphi_3 R_3 = 0,5s_1 R_3 / r_3$. При найденных значениях φ_3 и λ_1 для суммы вычисленных работ получим

$$\sum A_k = 20(3s_1 + s_1^2) + P_1 s_1 \sin 60^\circ - f P_5 s_1 - M \frac{s_1}{r_3} - \frac{c}{8} \frac{R_3^2}{r_3^2} s_1^2. \quad (7)$$

Подставляя выражения (6) и (7) в уравнение (1) и учитывая, что $T_0 = 0$, придем к равенству

$$\left(\frac{3}{4} m_1 r_3^2 + \frac{1}{2} m_3 \rho_3^2 + \frac{1}{2} m_5 r_3^2 \right) \dot{\omega}_3^2 = 20(3s_1 + s_1^2) + P_1 s_1 \sin 60^\circ - f P_5 s_1 - \frac{M}{r_3} s_1 - \frac{c}{8} \frac{R_3^2}{r_3^2} s_1^2. \quad (8)$$

Из равенства (8), подставив в него числовые значения заданных величин, найдем искомую угловую скорость ω_3 .

Ответ: $\dot{\omega}_3 = 8,1 \text{ с}^{-1}$.

Пример Д10. Механическая система (рис. Д10) состоит из обмотанных нитями блока 1 радиуса R_1 и ступенчатого шкива 2 (радиусы ступеней R_2 и R_3 радиус внешнего ступенчатого

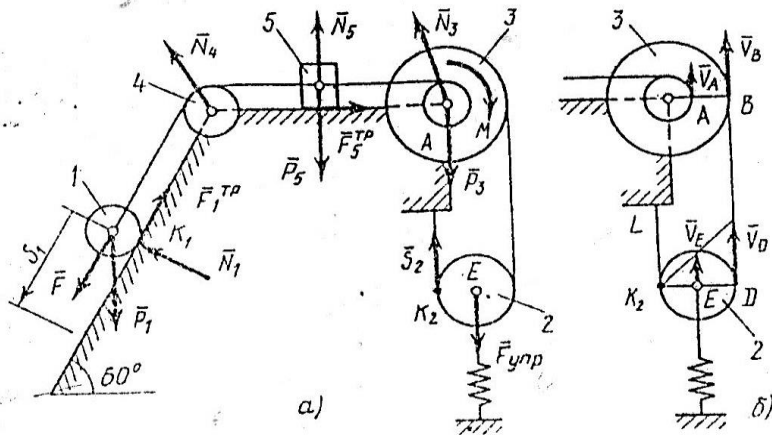


Рис. Д6

намотанными на шкив 3. К центру E блока 2 прикреплена пружина с коэффициентом жесткости c ; ее начальная деформация равна нулю. Система приходит в движение из состояния покоя под действием силы $F = f(s)$, зависящей от перемещения s точки ее приложения. На шкив 3 при движении действует постоянный момент M сил сопротивления.

Дано: $m_1 = 8$ кг, $m_2 = 0$, $m_3 = 4$ кг, $m_4 = 0$, $m_5 = 10$ кг, $R_3 = 0,3$ м, $r_3 = 0,1$ м, $\rho_3 = 0,2$ м, $f = 0,1$, $c = 240$ Н/м, $M = 0,6$ Н·м, $F = 20(3 + 2s)$ Н, $s_1 = 0,2$ м. Определить: ω_3 в тот момент времени, когда $s = s_1$.

Решение. 1. Рассмотрим движение неизменяемой механической системы, состоящей из весомых тел 1, 3, 5 и невесомых тел 2, 4, соединенных нитями. Изобразим действующие на систему внешние силы: активные \vec{F} , $\vec{F}_{\text{упр}}$, \vec{P}_1 , \vec{P}_3 , \vec{P}_5 , реакции \vec{N}_1 , \vec{N}_3 , \vec{N}_4 , \vec{N}_5 , натяжение нити \vec{S}_2 , силы трения \vec{F}_{1P} , \vec{F}_{5P} и момент M .

Для определения ω_3 воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:

$$T - T_0 = \Sigma A_k^e. \quad (1)$$

2. Определяем T_0 и T . Так как в начальный момент система находилась в покое, то $T_0 = 0$. Величина T равна сумме энергий всех тел системы:

$$T = T_1 + T_3 + T_5. \quad (2)$$

Учитывая, что тело 1 движется плоскопараллельно, тело 5 — поступательно, а тело 3 вращается вокруг неподвижной оси, получим

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 v_{C1}^2 + \frac{1}{2} I_{C1} \omega_1^2; \\ T_3 = \frac{1}{2} I_3 \omega_3^2; T_5 = \frac{1}{2} m_5 v_5^2. \quad (3)$$

Все входящие сюда скорости надо выразить через искомую ω_3 . Для этого предварительно заметим, что $v_{C1} = v_5 = v_A$, где A — любая точка обода радиуса r_3 шкива 3 и что точка K_1 — мгновенный центр скоростей катка 1, радиус которого обозначим r_1 . Тогда

$$v_{C1} = v_5 = \omega_3 r_3; \omega_1 = \frac{v_{C1}}{K_1 C_1} = \frac{v_{C1}}{r_1} = \omega_3 \frac{r_3}{r_1}. \quad (4)$$

Кроме того, входящие в (3) моменты инерции имеют значения

$$I_{C1} = 0,5 m_1 r_1^2; I_3 = m_3 \rho_3^2. \quad (5)$$

Подставив все величины (4) и (5) в равенства (3), а затем, используя равенство (2), получим окончательно

$$T = \left(\frac{3}{4} m_1 r_3^2 + \frac{1}{2} m_3 \rho_3^2 + \frac{1}{2} m_5 r_3^2 \right) \omega_3^2. \quad (6)$$

$$\omega_2 = \frac{v_1}{R_2} = \frac{3}{2}l^2, \quad \omega_3 = \frac{r_2}{R_3}\omega_2 = \frac{3}{4}l^2. \quad (2)$$

Тогда для момента времени $t_1 = 3$ с получим $\omega_3 = 6,75 \text{ с}^{-1}$.

2. Определяем v_4 . Так как $v_4 = v_B = \omega_3 r_3$, то при $t_1 = 3$ с $v_4 = 20,25 \text{ см/с}$.

3. Определяем ε_3 . Учитывая второе из равенств (2), получим $\varepsilon_3 = \dot{\omega}_3 = 1,5l$. Тогда при $t_1 = 3$ с $\varepsilon_3 = 4,5 \text{ с}^{-2}$.

4. Определяем a_A . Для точки A $\vec{a}_A = \vec{a}_{A\tau} + \vec{a}_{An}$, где численно $a_{A\tau} = R_3 \varepsilon_3$, $a_{An} = R_3 \omega_3^2$. Тогда для момента времени $t_1 = 3$ с имеем

$$a_{A\tau} = 36 \text{ см/с}^2, \quad a_{An} = 364,5 \text{ см/с}^2;$$

$$a_A = \sqrt{a_{A\tau}^2 + a_{An}^2} = 366,3 \text{ см/с}^2.$$

Все скорости и ускорения точек, а также направления угловых скоростей показаны на рис. К2.

О т в е т: $\omega_3 = 6,75 \text{ с}^{-1}$; $v_4 = 20,25 \text{ см/с}$; $\varepsilon_3 = 4,5 \text{ с}^{-2}$; $a_A = 366,3 \text{ см/с}^2$.

Пример Д1. На вертикальной участке AB трубы (рис. Д1) на груз D массой m действуют сила тяжести и сила сопротивления R ; расстояние от точки A , где $v = v_0$, до точки B равно l . На наклонном участке BC на груз действуют сила тяжести и переменная сила $F = F(t)$, заданная в ньютонах.

Д а н о: $m = 2 \text{ кг}$, $R = \mu v^2$, где $\mu = 0,4 \text{ кг/м}$, $v_0 = 5 \text{ м/с}$, $l = 2,5 \text{ м}$, $F_x = 16 \sin(4t)$. Определить: $x = f(t)$ — закон движения груза на участке BC .

Решение. 1. Рассмотрим движение груза на участке AB , считая груз материальной точкой. Изображаем груз (в произвольном положении) и действующие на него силы $\vec{P} = m\vec{g}$ и \vec{R} . Проводим ось Az и составляем дифференциальное уравнение движения груза в проекции на эту ось:

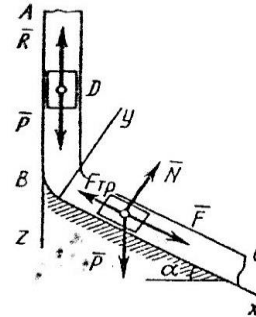


Рис. Д1

$$m \frac{dv_z}{dt} = \Sigma F_{kz} \quad \text{или} \quad mv_z \frac{dv_z}{dz} = P_z + R_z. \quad (1)$$

Далее находим $P_z = P = mg$, $R_z = -R = -\mu v^2$; подчеркиваем, что в уравнении все переменные силы надо обязательно выразить через величины, от которых они зависят. Учтя еще, что $v_z = v$, получим

$$mv \frac{dv}{dz} = mg - \mu v^2 \quad \text{или} \quad v \frac{dv}{dz} = \frac{\mu}{m} \left(\frac{mg}{\mu} - v^2 \right). \quad (2)$$

Введем для сокращения записей обозначения

$$k = \frac{\mu}{m} = 0,2 \text{ м}^{-1}, \quad n = \frac{mg}{\mu} = 50 \text{ м}^2/\text{с}^2, \quad (3)$$

где при подсчете принято $g \approx 10 \text{ м/с}^2$. Тогда уравнение (2) можно представить в виде

$$2v \frac{dv}{dz} = -2k(v^2 - n). \quad (4)$$

Разделяя в уравнении (4) переменные, а затем беря от обеих частей интегралы, получим

$$\frac{2v dv}{v^2 - n} = -2k dz \quad \text{и} \quad \ln(v^2 - n) = -2kz + C_1. \quad (5)$$

По начальным условиям при $z = 0$ $v = v_0$, что дает $C_1 = \ln(v_0^2 - n)$ и из равенства (5) находим $\ln(v^2 - n) = -2kz + \ln(v_0^2 - n)$ или $\ln(v^2 - n) - \ln(v_0^2 - n) = -2kz$. Отсюда

$$\ln \frac{v^2 - n}{v_0^2 - n} = -2kz \quad \text{и} \quad \frac{v^2 - n}{v_0^2 - n} = e^{-2kz}.$$

Пример С4. Горизонтальная прямоугольная плита весом P (рис. С4) закреплена сферическим шарниром в точке A , цилиндрическим (подшипником) в точке B и невесомым стержнем DD' . На плиту в плоскости, параллельной xz , действует сила \vec{F} , а в плоскости, параллельной yz , — пара сил с моментом M .

Дано: $P = 3$ кН, $F = 8$ кН, $M = 4$ кН·м, $\alpha = 60^\circ$, $AC = 0,8$ м, $AB = 1,2$ м, $BE = 0,4$ м, $EH = 0,4$ м. Определить: реакции опор A , B и стержня DD' .

Решение. 1. Рассмотрим равновесие плиты. На плиту действуют заданные силы \vec{P} , \vec{F} и пара с моментом M , а также реакции связей. Реакцию сферического шарнира разложим на три составляющие \vec{X}_A , \vec{Y}_A , \vec{Z}_A , цилиндрического (подшипника) — на две составляющие \vec{X}_B , \vec{Z}_B (в плоскости, перпендикулярной оси подшипника); реакцию \vec{N} стержня направим вдоль стержня от D к D' , предполагая, что он растянут.

2. Для определения шести неизвестных реакций составляем шесть уравнений равновесия действующей на плиту пространственной системы сил:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} = 0, X_A + \\ + X_B + F \cos 60^\circ = 0; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0, Y_A - N \cos 30^\circ = 0; \quad (2)$$

$$\sum F_{kz} = 0, Z_A + Z_B - P + N \sin 30^\circ - F \sin 60^\circ = 0; \quad (3)$$

$$\sum m_x(\vec{F}_k) = 0, M - P \cdot AB/2 + Z_B \cdot AB - F \sin 60^\circ \cdot AB + N \sin 30^\circ \cdot AB = 0; \quad (4)$$

$$\sum m_y(\vec{F}_k) = 0, P \cdot AC/2 - N \sin 30^\circ \cdot AC + F \sin 60^\circ \cdot AC/2 - F \cos 60^\circ \cdot BE = 0; \quad (5)$$

$$\sum m_z(\vec{F}_k) = 0, -F \cos 60^\circ \cdot AB - N \cos 30^\circ \cdot AC - X_B \cdot AB = 0. \quad (6)$$

Для определения моментов силы \vec{F} относительно осей разлагаем ее на составляющие \vec{F}' и \vec{F}'' , параллельные осям x и z ($F' = F \cos \alpha$, $F'' = F \sin \alpha$), и применяем теорему Вариньона (см. «Указания»). Аналогично можно поступить при определении моментов реакции \vec{N} .

Подставив в составленные уравнения числовые значения всех заданных величин и решив эти уравнения, найдем искомые реакции.

Ответ: $X_A = 3,4$ кН; $Y_A = 5,1$ кН; $Z_A = 4,8$ кН; $X_B = -7,4$ кН; $Z_B = 2,1$ кН; $N = 5,9$ кН. Знак минус указывает, что реакция \vec{X}_B направлена противоположно показанной на рис. С4.

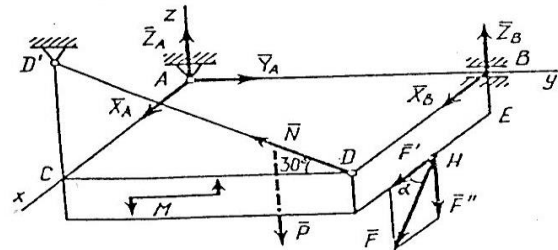


Рис. С4

Пример К Даны уравнения движения точки в плоскости xy :

$$x = -2 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) + 3, \quad y = 2 \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) - 1$$

(x, y — в сантиметрах, t — в секундах).

Определить уравнение траектории точки; для момента времени $t_1 = 1$ с найти скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории.

Решение. 1. Для определения уравнения траектории точки исключим из заданных уравнений движения время t . Поскольку t входит в аргументы тригонометрических функций, где один аргумент вдвое больше другого, используем формулу

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha \quad \text{или} \quad \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = 1 - 2\sin^2\left(\frac{\pi}{8}t\right). \quad (1)$$

Из уравнений движения находим выражения соответствующих функций и подставляем в равенство (1). Получим

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = \frac{3-x}{2}, \quad \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) = \frac{y+1}{2},$$

следовательно,

$$\frac{3-x}{2} = 1 - 2 \frac{(y+1)^2}{4}.$$

Отсюда окончательно находим следующее уравнение траектории точки (параболы, рис. К1а):

$$x = (y+1)^2 + 1. \quad (2)$$

Пример С2. На угольник ABC ($\angle ABC = 90^\circ$), конец A которого жестко заделан, в точке C опирается стержень DE (рис. С2, а). Стержень имеет в точке D неподвижную шарнирную опору и к нему приложена сила \vec{F} , а к угольнику — равномерно распределенная на участке KB нагрузка интенсивности q и пара с моментом M .

Дано: $F = 10$ кН, $M = 5$ кН·м, $q = 20$ кН/м, $a = 0,2$ м. Определить: реакции в точках A , C , D , вызванные заданными нагрузками.

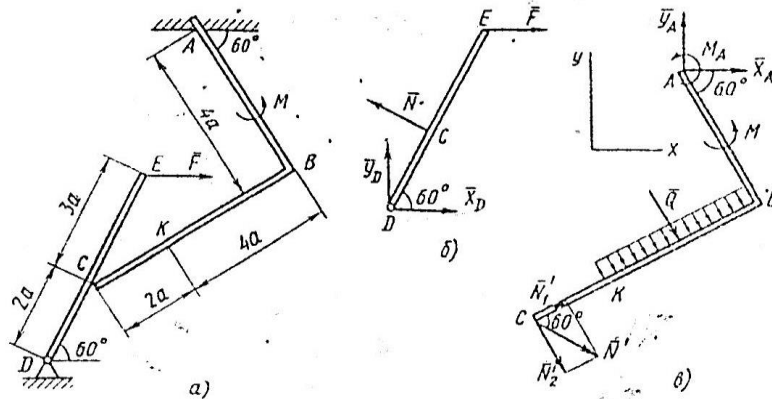
Решение. 1. Для определения реакций расчленим систему и рассмотрим сначала равновесие стержня DE (рис. С2, б). Проведем координатные оси xy и изобразим действующие на стержень силы: силу \vec{F} , реакцию \vec{N} , направленную перпендикулярно стержню, и составляющие \vec{X}_D и \vec{Y}_D реакции шарнира D . Для полученной плоской системы сил составляем три уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0, X_D + F - N \sin 60^\circ = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0, Y_D + N \cos 60^\circ = 0; \quad (2)$$

$$\sum m_D(\vec{F}_k) = 0, N \cdot 2a - F \cdot 5a \sin 60^\circ = 0. \quad (3)$$

2. Теперь рассмотрим равновесие угольника (рис. С2, в). На него действуют сила давления стержня \vec{N}' , направленная противоположно реакции \vec{N} , равномерно распределенная нагрузка, которую заменяем силой \vec{Q} , приложенной в середине участка KB (численно $Q = q \cdot 4a = 16$ кН), пара сил с моментом M и реакции жесткой заделки, состоящая из силы, которую представим составляющими \vec{X}_A , \vec{Y}_A , и пары



с моментом M_A . Для этой плоской системы сил тоже составляем три уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0, X_A + Q \cos 60^\circ + N' \sin 60^\circ = 0; \quad (4)$$

$$\sum F_{ky} = 0, Y_A - Q \sin 60^\circ - N' \cos 60^\circ = 0; \quad (5)$$

$$\sum m_A(\vec{F}_k) = 0, M_A + M + Q \cdot 2a + N' \cos 60^\circ \cdot 4a + N' \sin 60^\circ \cdot 6a = 0. \quad (6)$$

При вычислении момента силы \vec{N}' разлагаем ее на составляющие \vec{N}'_1 и \vec{N}'_2 и применяем теорему Вариньона. Подставив в составленные уравнения числовые значения заданных величин и решив систему уравнений (1) — (6), найдем искомые реакции. При решении учитываем, что численно $N' = N$ в силу равенства действия и противодействия.

Ответ: $N = 21,7$ кН, $Y_D = -10,8$ кН; $X_D = 8,8$ кН, $X_A = -26,8$ кН, $Y_A = 24,7$ кН, $M_A = -42,6$ кН·м.

Знаки указывают, что силы \vec{Y}_D , \vec{X}_A и момент M_A направлены противоположно показанным на рисунках.

Вопросы для самоподготовки к зачету

1. Основные понятия и аксиомы статики.
2. Связи и их реакции.
3. Методика решения задач статики.
4. Момент силы относительно точки.
5. Теорема о моменте равнодействующей (теорема Вариньона).
6. Пара сил. Свойства пар сил. Момент пары сил.
7. Главный вектор и главный момент произвольной системы сил. Основная теорема статики.
8. Аналитическое определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил.
9. Условия и уравнения равновесия произвольной плоской системы сил.
10. Лемма о параллельном переносе силы.
11. Центр тяжести твёрдого тела. Методы определения.
12. Равновесие с учётом трения. Трение скольжения. Коэффициент трения скольжения. Угол трения. Конус трения.
13. Трение качения. Коэффициент трения качения.
14. Векторный, естественный способы задания движения точки.
15. Поступательное движение твёрдого тела. Свойства поступательного движения твёрдого тела
16. Вращательное движение твёрдого тела. Кинематические характеристики вращательного движения
17. Линейные скорость и ускорение точки, лежащей на вращающемся теле.
18. Плоскопараллельное движение твёрдого тела. Кинематические уравнения плоско-параллельного движения.
19. Методы нахождения скоростей точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей
20. Ускорения точек плоской фигуры.
21. Сложное движение точки. Скорости точек в сложном движении.
22. Ускорения точек в сложном движении. Ускорение Кориолиса.

Вопросы для самопроверки к экзамену

1. Предмет динамики. Законы механики Галилея-Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Дифференциальные уравнения движения материальной точки
2. Прямая и обратная задача динамики точки. Постоянные интегрирования и определение их по начальным условиям.
3. Динамика механической системы. Классификация сил, действующих на систему. Свойства внутренних сил.
4. Моменты инерции. Осевой, полярный и центробежный
5. Теорема Гюйгенса о моментах инерции относительно параллельных осей
6. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

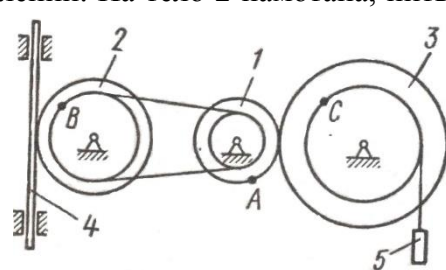
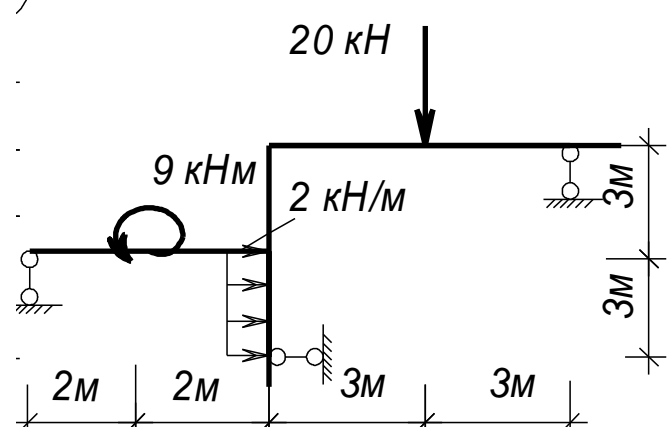
7. Теорема о движении центра масс механической системы. Закон сохранения движения центра масс механической системы
8. Количество движения материальной точки и механической системы.
9. Понятие импульса силы
10. Теоремы об изменении количества движения точки и системы. Закон сохранения количества движения механической системы
11. Момент количества движения материальной точки и механической системы относительно центра и оси.
12. Теоремы об изменении кинетического момента точки и механической системы. Закон сохранения момента количества движения.
13. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы
14. Понятие о силовом поле. Работа силы. Работа силы тяжести и силы упругости. Мощность.
15. Теорема об изменении кинетической энергии точки и механической системы.
16. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твердого тела.
18. Принцип Германа-Эйлера-Д*Аламбера для материальной точки и механической системы.
19. Связи и их уравнения. Возможные перемещения механической системы. Принцип возможных перемещений (принцип Лагранжа).
20. Принцип Д*Аламбера-Лагранжа. Общее уравнение динамики.
21. Уравнения Лагранжа второго рода 22. Свободные колебания материальной точки при отсутствии сил сопротивления движению.
23. Свободные колебания материальной точки при наличии сил сопротивления движению.
24. Вынужденные колебания материальной точки при отсутствии сил сопротивления движению.
25. Вынужденные колебания материальной точки при наличии сил сопротивления движению. Явление резонанса.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1 – Способностью решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности.		
Знать	основные понятия проецирования и способы преобразования проекций, равновесия материальных тел, виды движения тел, реакции связей (ОПК-9).	<p>Перечень теоретических вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Аксиомы статики. Связи и их реакции 2. Система сходящихся сил. 3. Момент силы относительно точки и оси. Связь момента силы относительно точки с моментом силы относительно оси. Понятие пары сил. 4. Трение скольжения и трение качения. Коэффициент трения качения 5. Произвольная плоская система сил. 6. Теорема Пуансо. (Общая теорема статики). 7. Центр тяжести. Способы определения координат центра тяжести. 8 Кинематика точки.. Векторный, естественный и координатный способы задания движения. Скорость и ускорение точки. 9. Простейшие движения твердого тела. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек тела. 10. Плоскопараллельное движение твердого тела. Уравнения плоского движения. Скорости точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей. 11. Плоскопараллельное движение твердого тела. Ускорения точек твердого тела. 12. Сложное движение точки. Скорость и ускорение точки в сложном движении. 13. Ускорение Кориолиса. Правило Н.Е. Жуковского. 14. Аксиомы динамики. 15. Центр масс системы и его координаты. Теорема о движении центра масс. 16. Количество движения точки и системы. Теорема об изменении количества движения. 17. Момент количества движения точки и системы. Теорема об изменении момента количества

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>движения.</p> <p>18. Кинетическая энергия точки системы. Теорема об изменении кинетической энергии.</p> <p>19. Принцип Германа - Эйлера - Д*Аламбера.</p> <p>20. Принцип виртуальных работ.</p> <p>21. Общее уравнение динамики.</p> <p>22. Уравнения Лагранжа второго рода.</p> <p>23. Колебательное движение материальной точки.</p>

<p>Уметь</p>	<p>выбрать метод решения задачи ; составлять расчетные схемы к решению поставленной задачи, записывать дифференциальные уравнения (ОПК-9).</p>	<p>Примерное практическое задание: Колесо 3 с радиусами $R_3 = 30$ см и $r_3 = 10$ см и колесо 2 с радиусами $R_2 = 20$ см и $r_2 = 10$ см находятся в зацеплении. На тело 2 намотана, нить с грузом 1 на конце, который движется по закону $s_1 = 4 + 90t^2$, см. Определить ω, α в момент времени $t_1 = 1$ с.</p> 
<p>Владеть</p>	<p>навыками и методами обобщения поставленной задачи, практическими навыками использования элементов решения задач кинематики, статики и динамики на других дисциплинах (ОПК-9).</p>	<p>Примерное практическое задание: Статически определимая рама, расчетная схема которой показана на рисунке, загружена внешней нагрузкой. Найти реакции опор.</p> 

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Итоговая аттестация проводится в виде зачета во 2 семестре и в виде экзамена в 3 семестре. Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. показал высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов и оценок к проблемам;
- на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности

сти компетенций, т.е. показал знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «**удовлетворительно**» – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. показал знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «**неудовлетворительно**» – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Белов М. И. Теоретическая механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Белов М.И., Пылаев Б.В., - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 336 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт 7БЦ). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=556474>. - Загл. с экрана. - ISBN 978-5-369-01574-2.
2. Бурчак Г. П. Теоретическая механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. П. Бурчак, Л. В. Винник. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 271 с. — (Высшее образование). — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=942814>. — Загл. с экрана.
3. Диевский В. А. Теоретическая механика [Текст] : учебное пособие / В. А. Диевский. - 3-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2009. - 320 с. : ил. - (Учебники для вузов : Специальная литература).

б) Дополнительная литература:

1. Мкртычев О. В. Теоретическая механика. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Мкртычев. — М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. — 337 с. — (Высшее образование). — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=774958>. — Загл. с экрана.
2. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учебное пособие / И.В. Мещерский ; под ред. В.А. Пальмова, Д.Р. Меркина. – 48-е изд. Стер. – СПб. И др.. Лань.2008. – 448 с. : ил. – (Учебники для вузов : Специальная литература).
3. Козлова З. П. Теоретическая механика в решениях задач из сборника И.В. Мещерского [Текст] : динамика материальной точки ; учебное пособие / З.П. Козлова, А. В. Паншина, Г. М. Розенблат ; под ред. Г. М. Розенבלата. – 2-е изд., стер. – М. :[КомКнига] , 2007. – 307 с. : ил.
4. Сборник коротких задач по теоретической механике [Текст] : учебное пособие / [О. Э. Кепе, Я. А. Виба, О. П. Грапис и др.] ; под ред. О. Э. Кепе. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 368 с. : ил., граф., табл. - (Учебники для вузов : Специальная литература).
5. Практикум по теоретической механике [Текст] : учебное пособие / О.А. Осипова, С.В. Решетникова, О.В. Савинкина, А.С. Савинов ; МГТУ. – каф. [ТМ и СМ] . - Магнитогорск., 2011. – 172 с. : ил., табл.

в) Методические указания:

1. Паршин В.Г., Железков О.С., Осипова О.А., Решетникова С.В., Савинов А.С., Савинкин Д.А., Шишкина К.И. Методы теоретической механики в инженерных расчетах конструкций машин и механизмов.: методическое указани – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 238 с.

2. Мещеряков В.В., Михайлец В.Ф., Борохович Б.А. Сборник контрольных заданий по дисциплине «Теоретическая механика» для студентов всех специальностей всех форм обучения : – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. – 26 с.

3. Контрольные вопросы по теоретической механике. Железков О.С.,

Петрякова М.И., Шишкина К.И., Тубольцева А.С. - Магнитогорск,: ГОУ ВПО «МГТУ». 2006 . - 18 с.

3. Борохович Б.А. Уравнения Лагранжа второго рода в примерах и задачах ; - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2015. – 90 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. ГОСТы ЕСКД [Электронный ресурс]: открытая база ГОСТов. – Режим доступа: <http://www.standartgost.ru/>.

2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gpntb.ru/> – свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

3. Студенческая библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.libstudend.ru/> – свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

4. Библиотека ФГБОУ ВПО ВПО «МГТУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.magtu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]/ Центр информ. технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. – Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 1997г. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционные аудитории, ауд. 305. 325	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Компьютерный класс, ауд. 323	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	1. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета