

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 21.05.2025 11:12:29

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «Механика (теоретическая механика)»
для студентов направления подготовки

08.03.01 Строительство

направленность (профиль) «Городское строительство и хозяйство»

Пятигорск, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
Практическое занятие 1	
Практическое занятие 2	
Практическое занятие 3	
Практическое занятие 4	
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТРАТУРЫ	

Введение

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) подготовки «Городское строительство и хозяйство». В методическом указании приводятся общие сведения по выполнению практических работ, в каждой практической работе приведены краткие сведения из теории, методика расчета, рекомендуемая литература.

Методическое указание разработано на основании требований ФГОС ВО и рабочей программы по дисциплине «08.03.01 Механика (Теоретическая механика)».

Практическое занятие 1

Тема 1: Основные понятия и определения. Аксиомы статики

Цель: научиться определять реакции опор балки

Знать: реакции связей,

условий равновесия плоской и пространственной систем сил,

Уметь: использовать законы и методы теоретической механики как основы описания и расчетов механизмов транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования.

Актуальность темы объясняется основными принципами определения реакций возникающих в опорах реальных балок.

Теоретическая часть:

Механика изучает законы механического движения.

Теоретическая механика - раздел механики, в котором изучаются движения механических систем и общие свойства этих движений.

Теоретическая механика рассматривает абстрактные *модели* тел. *Моделями теоретической механики являются:*

- а) материальная точка;
- б) абсолютно твердое тело;
- в) механическая система.

Статика - раздел теоретической механики, в котором изучается механическое

взаимодействие материальных тел между собой без учета их механического движения.

Механическое движение изменение с течением времени взаимного положения в пространстве материальных тел или частей данного тела.

Материальной точкой называют геометрическую точку, обладающая массой.

Системой материальных точек называется такая их совокупность, в которой положение и движение каждой точки зависит от положения и движения всех остальных точек данной системы. Часто систему материальных точек называют **механической системой**. Частным случаем механической системы является абсолютно твердое тело.

Абсолютно твердым называется тело, у которого расстояние между любыми двумя точками всегда остается неизменным (т.е. это абсолютно прочное и недеформируемое тело). **Свободным** называют твердое тело, движение которого не ограничено другими телами. **Несвободным** называют тело, движение которого, так или иначе, ограничено другими телами. Последние в механике называются **связями**.

Силой называют меру механического действия одного тела на другое. Поскольку взаимодействие тел определяется не только своей интенсивностью, но и направлением - сила является величиной векторной и на чертежах изображается направленным отрезком (вектором). За единицу силы в системе **СИ** принят **ньютон (Н)**. Обозначают силы

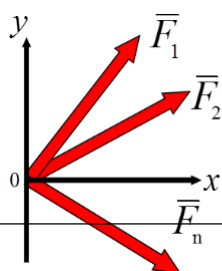
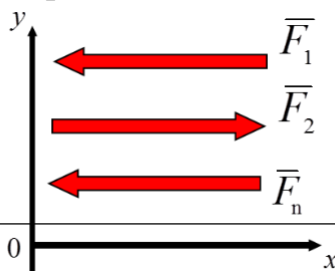
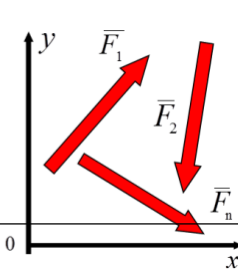
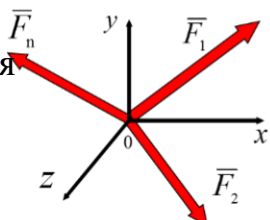
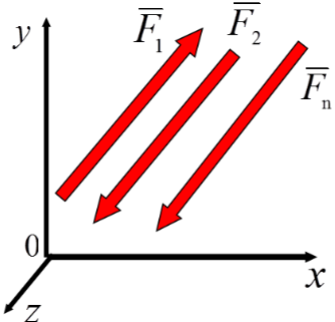
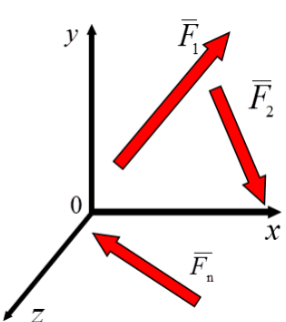
$\vec{F}, \vec{P}, \vec{Q} \dots$

заглавными буквами латинского алфавита (Численные значения (или модули векторных величин) будем обозначать теми же буквами, но без верхних стрелок ($F, P, Q \dots$)).

Линией действия силы называется прямая, вдоль которой направлен вектор силы. **Системой сил** называется любая конечная совокупность сил, действующих на механическую систему. Принято делить системы сил на **плоские** (все силы действуют в одной плоскости) и **пространственные**. Каждая из них, в свою очередь, может быть или

произвольной, параллельной (линии действия всех сил параллельны) или **системой сходящихся сил** (линии действия всех сил пересекаются в одной точке).

Таблица 1 Виды систем сил

Тип	Сходящаяся	Параллельная	Произвольная
Плоская			
Пространственная			

Вопросы и задания:

- Сформулируйте аксиомы статики.
- Что называется связью, наложенной на твердое тело?
- Что называется силой реакции связи?
- Сформулируйте принцип освобождения от связей.
- Что называется силой реакции связи?

Практическое занятие 2

Тема 2: Система сходящихся сил.

Цель: научиться определять реакции опор балки

Знать: реакции связей,

условий равновесия плоской и пространственной систем сил,

Уметь: использовать законы и методы теоретической механики как основы описания и расчетов механизмов транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования.

Актуальность темы объясняется основными принципами определения реакций возникающих в опорах реальных балок.

Теоретическая часть:

Две системы сил называются **эквивалентными**, если их действия на механическую систему одинаково (т.е. замена одной системы сил на другую не изменяет характера движения механической системы).

Если некоторая система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил. Отметим, что далеко не всякая система сил имеет равнодействующую. Сила, равная равнодействующей по величине, противоположная ей по направлению и действующая вдоль той же прямой, называется **уравновешивающей** силой.

Система сил, под действием которой свободное твердое тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно, называется **уравновешенной** или **эквивалентной нулю**.

Для того чтобы система сил находилась в равновесии необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия равновесия этой системы сил.

Необходимым и достаточным условием равновесия системы сил является равенство нулю главного вектора и главного момента системы сил:

□ учетом выражения главного вектора и главного момента системы сил эти равенства можно записать в виде:

$$\sum_{i=1}^N \bar{F}_i = 0; \sum_{i=1}^N M_0(\bar{F}_i) = 0,$$

где i - индекс суммирования; N - число сил, входящих в систему.

При решении задач вместо этих векторных условий используются скалярные условия, получающиеся из них при проектировании на оси декартовой системы координат (таблица 2).

Таблица 2 Основная форма аналитических условий равновесия

Системы сил	Сходящиеся	Параллельная	Произвольная
-------------	------------	--------------	--------------

Плоская	$\sum_{i=1}^N \bar{F}_{ix} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{F}_{iy} = 0;$	$\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0;$	$\sum_{i=1}^N \bar{F}_{ix} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{F}_{iy} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0;$
Пространственная	$\sum_{i=1}^N \bar{F}_{ix} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{F}_{iy} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{F}_{iz} = 0.$	$\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0.$	$\sum_{i=1}^N \bar{F}_{ix} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{F}_{iy} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{F}_{iz} = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0;$ $\sum_{i=1}^N \bar{M}_i(\bar{F}) = 0;$

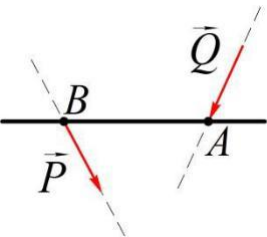
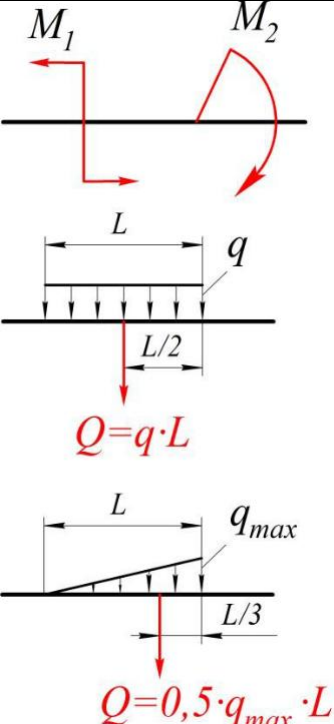
Внутренними силами называют силы взаимодействия между материальными точками одной механической системы.

Внешние силы - это силы взаимодействия точек данной механической системы с материальными точками другой системы.

Сила, приложенная к телу в какой-либо одной его точке, называется **сосредоточенной**. Силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности тела, называются **распределенными** (по объему и по поверхности соответственно). Силовые характеристики механического воздействия на тело приведены в таблице 3.

Таблица 3 Силовые характеристики механического воздействия

Наименование	Условное изображение	Определение действия на тело
--------------	----------------------	------------------------------

Сосредоточенная сила		Числовы значение 1) м или модулем силы; Линие 2) й действия силы (изображается прямой, вдоль направле ь которой н вектор силы); Точко 3) й приложения силы.
Момент пары сил		1) Числовым значением или модулем момента пары сил; 2).Плоскостью пары сил, проведенно через й линии действия л пары; 3).Направлени ем вращения пары сил.
Распределенная нагрузка		Интенсивность 1) ю; Длино 2) й участка, на котором приложен а распределенная нагрузка; 3) Направлением ее действия.

Связи.

Связями называют заранее заданные ограничения, налагаемые на положение (в общем случае на движение) тел механической системы. Если на тело не наложено никаких связей, то тело называется *свободным*.

Свободное тело на плоскости обладает 3-мя степенями свободы (два линейных перемещения

- угол поворота, а в пространстве 6-ю (три линейных перемещения и три угла поворота). Степень свободы – число независимых параметров, определяющих положение системы относительно земли.

В механике используют аксиому о связях или принцип освобождаемости (см. ниже): всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если отбросить связи и заменить их действие реакциями связей.

Каждая связь обладает статической и кинематической характеристикой.

Статическая характеристика – вид и количество реакций, которыми можно заменить связь. Кинематическая характеристика – число степеней свободы, уничтожаемых связью.

Вопросы и задания:

Сформулируйте аксиомы статики.

Что называется связью, наложенной на твердое тело?

Что называется силой реакции связи?

Сформулируйте принцип освобождаемости от связей.

Что называется силой реакции связи?

Практическое занятие 3

Тема 3: Плоская система сил.

Цель: научить определять и складывать сходящиеся силы.

Знать: теории пар сил

Уметь: применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла;

Актуальность темы объясняется основными принципами определения и сложения реакций возникающих в сходящихся системах.

Теоретическая часть:

Геометрическая сумма произвольной системы сил называется главным вектором этой системы сил, т.е.:

$$\vec{R} = \sum \vec{F}_k$$

Понятие главного вектора нельзя путать с понятием равнодействующей.

Равнодействующая

6. это сила, эквивалентная по действию на тело всей системе сил, с вполне определенной линией действия. Главный вектор - это формально вычисленная геометрическая сумма всех сил системы и, являясь свободным вектором, может быть приложена в любой точке тела. Но если некоторая система имеет равнодействующую, то она численно равна и параллельна главному вектору этой системы. Например, к таким системам относятся все системы сходящихся сил.

Для равновесия тела, находящегося под действием системы сходящихся сил, необходимо и достаточно, чтобы равнодействующая (а, следовательно и главный вектор данной системы сил) были равны нулю.

Условия, которым при этом должны удовлетворять силы системы, можно выразить в геометрической и в аналитической форме.

Геометрические условия равновесия.

Для равновесия системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы силовой многоугольник, построенный из сил системы, был замкнутым. Это означает равенство нулю равнодействующей и главного вектора данной системы сил. Напомним, что векторная сумма - это вектор, соединяющий конец последнего из слагаемых векторов с началом первого из них.

Аналитические условия равновесия.

Очевидно [см. формулы (1.1)], что равнодействующая системы сходящихся сил и ее главный вектор будут равны нулю, если суммы проекций всех сил на координатные оси будут равны нулю, т.е.

$$\sum F_{kx} = 0, \quad \sum F_{ky} = 0, \quad \sum F_{kz} = 0. \quad (1.2)$$

Равенства (1.2) выражают условия равновесия системы сходящихся сил в аналитической форме.

1. Теорема о трех силах

Если твердое тело находится в равновесии под действием трех непараллельных сил, лежащих в одной плоскости, то линии действия этих сил пересекаются в одной точке.

Доказательство.

Так как по условию теоремы все три силы непараллельны, перенесем две любые из них

1. точку пересечения их линий действий (на рис 1.11 силы A' и A'' переносятся в точку E) и

заменим равнодействующей $\vec{T}_M$. Поскольку тело по условию находится в равновесии, а операция по переносу сил вдоль линий их действия и последующего сложения этого равновесия не нарушит, то линия действия третьей силы $A\#$ должна пройти через точку E в соответствие с первой аксиомой статики.

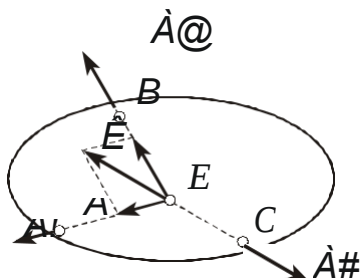


Рис. 1.11. К доказательству теоремы о трех силах

1. Реакции геометрических связей

Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя его перемещению, называется силой реакции связи или просто реакцией связи. Значения реакций связей определяются в процессе решения соответствующей задачи механики. Направлена же реакция связи в сторону, противоположную той, куда связь не дает перемещаться телу. Ниже представлены наиболее часто встречающиеся типы связей и направления их реакций.

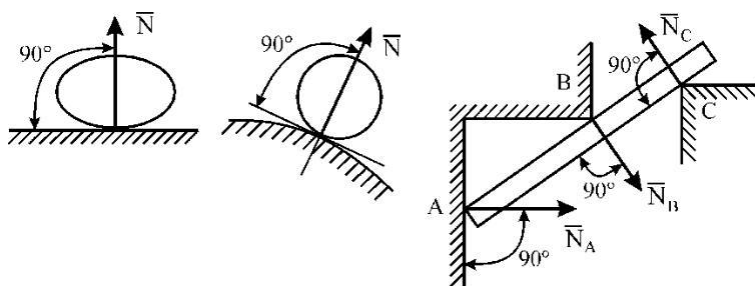


Рис. 1.12

Гладкая плоскость (поверхность или опора) (рис. 1.12). N — реакцией

гладкой поверхности или опоры направлена по общей нормали к поверхностям соприкасающихся тел в точке их касания и приложена в этой точке.

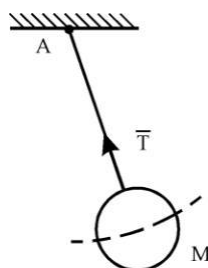


Рис. 1.13

Нить (канат, цепь, ремень, трос). Связь, осуществленная в виде гибкой нерастяжимой нити (рис. 1.13), не дает телу M удаляться от точки подвеса нити по направлению AM . Поэтому

реакц T
ия натянутой нити направлена вдоль нее от тела к точке подвеса.

Неподвижный цилиндрический шарнир или подшипник (шарнирно-неподвижная опора). Цилиндрическим шарниром (рис. 1.14) называется совокупность неподвижной обоймы (втулки) 1 и помещенного в нее валика (пальца) 2, жестко соединенного с телом 3. В точке C соприкосновения втулки с валиком возникает сила опорной реакции, направленная

по нормали к идеально гладким поверхностям. Эта нормаль проходит через геометрический центр A валика. Так как положение точки C соприкосновения валика со втулкой заранее не

известно, то невозможно сразу указать направление силы R , но можно утверждать,

что линия действия реакции R всегда пройдет через центр A шарнира. На расчетных схемах шарнирно-неподвижная опора условно изображается так, как показано на рис. 1.15.

Неизвестную по модулю и направлению реакцию

в виде двух ее взаимноперпендикулярных составляющих

значений находят значение реакции

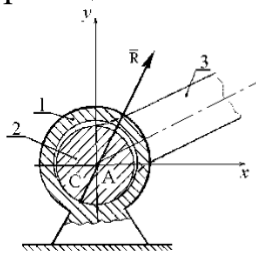


Рис. 1.14

R и ее направление:

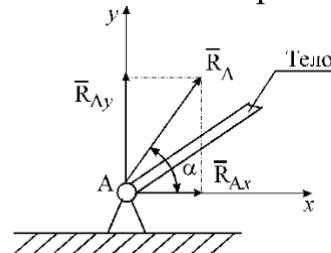


Рис. 1.15

$$R = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2}, \quad \cos \alpha = \frac{R_{Ax}}{R}$$

Шарнирно-подвижная опора (опора на катках). Реакция такой связи проходит через центр шарнира (рис.1.16) и направлена перпендикулярно к опорной

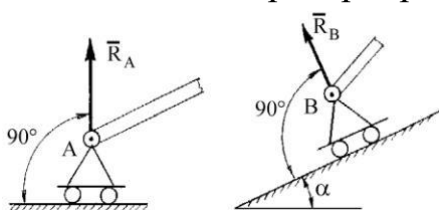


Рис. 1.16

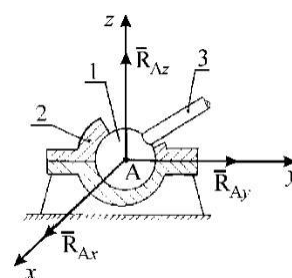


Рис. 1.17

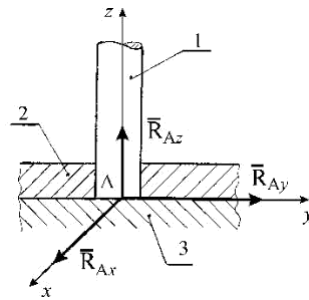


Рис. 1.18

Сферический шарнир (рис. 1.17). Сферическим шарниром называется устройство, выполненное в виде двух контактирующих сфер, геометрический центр A которых неподвижен. Тело 3, равновесие которого рассматривается, жестко связано с внутренней

подвижной сферой 1. При условии, что сферические поверхности гладкие, реакция направлена по нормали к этим поверхностям и проходит через центр A сферы. На расчетных схемах реакцию R_A представляют в виде трех ее взаимно-перпендикулярных

составляющих R_{Ax} , R_{Ay} , R_{Az} , направленных вдоль координатных осей x , y и z .

Подпятник (рис. 1.18). Подпятник представляет собой соединение цилиндрического шарнира 2 и опорной плоскости 3, на которую опирается вал 1. Реакция подшипника, лежащая в плоскости перпендикулярной оси вала, представляется двумя ее взаимно-

перпендикулярными составляющими R_{Ay} и R_{Az} , направленной по нормали к этой плоскости.

Невесомый стержень (рис. 1.19). Реакция S прямолинейного невесомого (идеального) стержня направлена вдоль этого стержня. Если связью является криволинейный стержень, то реакция направлена вдоль прямой AB , соединяющей концевые шарниры A и B .

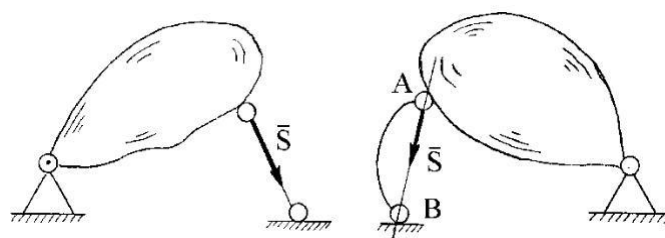


Рис. 1.19

Жесткая заделка (неподвижное защемление) конца балки (рис. 1.20). Такая связь не допускает не только линейных перемещений балки 1 вдоль координатных осей, но и вращения балки в плоскости xAy .

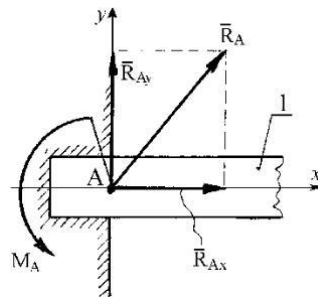


Рис. 1.20

Нахождение реакций жесткой заделки сводится к определению трех неизвестных величин:

$\vec{R}_A$ реакции $\vec{R}_A$ и так называемого реактивного момента M_A ,
 составляющ $\vec{R}_A$ и балки в плоскости xAy вокруг точки A .
 их и препятствующего вращению

Вопросы и задания:

- а) Что называется равнодействующей системы сил?
- а) Как сложить силы:
 - а) геометрически,
 - б) аналитически?
- Как разложить силу по двум заданным направлениям?
- Проецирование реакций на оси координат?

Практическое занятие 4

Тема 4 Фермы.

Цель: научить определять и складывать сходящиеся силы.

Знать: теории пар сил

Уметь: применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла;

Актуальность темы объясняется основными принципами определения и сложения реакций возникающих в сходящихся системах.

Теоретическая часть:

Последовательность решения задачи:

1. Выбрать тело (точку), равновесие которого следует рассматривать.
2. Освободить тело (шарнир B) от связей и изобразить действующие на него активные силы и реакции отброшенных связей. Причем реакции стержней следует направить от шарнира B , так как принято предполагать, что стержни растянуты.
3. Выбрать оси координат и составить уравнения равновесия, используя условия равновесия системы сходящихся сил на плоскости $\sum = 0$; $\sum = 0$. Выбирая оси координат, следует учитывать, что полученные уравнения будут решаться проще, если одну из осей направить перпендикулярно одной из неизвестных сил.
4. Определить реакции стержней из решения указанной системы уравнений.
5. Проверить правильность полученных результатов, решив уравнения равновесия относительно заново выбранных координат x и y .

Пример 1. Определить реакции стержней, удерживающих грузы $F_1 = 70$ кН и $F_2 = 100$ кН (рис. 1). Массой стержней пренебречь.

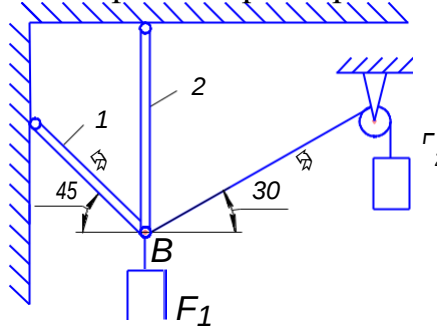


Рисунок 1

Решение.

1. Рассматриваем равновесие шарнира B (рис. 1).

Рисунок Освобождаем шарнир B от связей и изображаем действующие на него активные силы и реакции связей (рис. 2).

Выбираем систему координат, совместив ось y по направлению с реакцией R_2 (рис. 2)

2. составляем уравнения равновесия для системы сил, действующих на шарнир B (приравниваем к нулю суммы проекций всех сил на координатные оси):

$$\sum = -1 + 2 = -1 \cdot \cos 45^\circ + 2 \cdot \cos 30^\circ = 0; \quad (1)$$

$$\sum = 1 + 2 + 2 - 1 = 1 \cdot \sin 45^\circ + 2 + 2 \cdot \sin 30^\circ - 1 = 0. \quad (2)$$

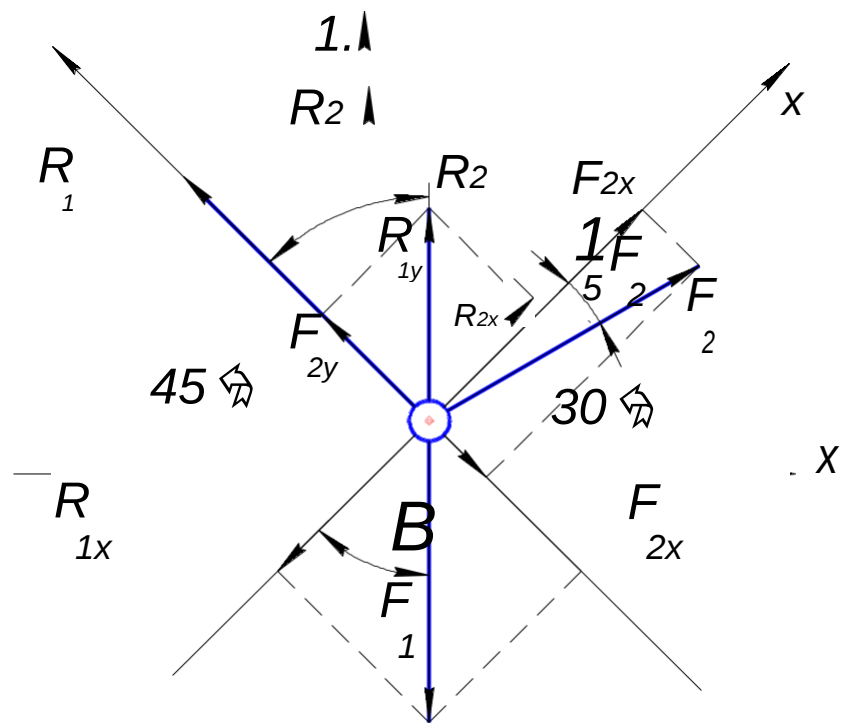
1. Определяем реакции стержней 1 и 2 , решая уравнения (1), (2). Из уравнения

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{100 \cdot 0,866}{0,707} = 122 \text{ кН.}$$

Подставляя найденное значение R_1 в уравнение (2), получаем

$$R_2 = R_1 - R_2 \cdot \sin 30^\circ - R_1 \cdot \cos 45^\circ = 70 - 100 \cdot 0,5 - 122 \cdot 0,707 = -66,6 \text{ кН.}$$

Знак минус перед значением R_2 указывает на то, что истинное направление реакции будет противоположно первоначально предполагаемому направлению, изображенному на рис. 2, т.е. реакция в действительности R_2 направлена к шарниру B .



Проверяем правильность полученных результатов, выбрав новое расположение осей координат x и y (рис. 3). Относительно этих осей составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_x = F_2 + F_2 - F_1 = F_2 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0 \quad ; \quad (3)$$

$$\sum F_y = F_1 - F_1 + F_2 - F_2 = F_1 - F_1 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 45^\circ - F_2 \cdot \cos 75^\circ = 0. \quad (4)$$

Из уравнения (3)

находим

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 15^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{70 \cdot 0,707 + 100 \cdot 0,965}{0,707} = -66,6 \text{ кН.}$$

Подставляя найденное значение F_2 в уравнение (4), получаем

$$F_1 = F_1 \cdot \cos 45^\circ - F_2 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 75^\circ = 70 \cdot 0,707 + 66,6 \cdot 0,707 + 100 \cdot 0,258 = 122 \text{ кН.}$$

Значения реакций F_1 и F_2 , полученные при решении уравнений (1) и (2), совпадают по величине и направлению со значениями, найденными из уравнений (3) и (4), следовательно, задача решена правильно.

Вопросы и задания:

- 4 Что называется равнодействующей системы сил?
- 5 Как сложить силы:
 - а) геометрически,
 - б) аналитически?
1. Как разложить силу по двум заданным направлениям?
2. Проецирование реакций на оси координат?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Теоретическая механика / О.Н. Оруджова, А.А. Шинкарук, О.В. Гермидер, О.М. Заборская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : САФУ, 2014. – 96 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436489> . – ISBN 978-5-261-00982-5. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Теоретическая механика / А.В. Ханефт. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. – 110 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232320>. – ISBN 978-5-8353-1514-7. – Текст : электронный.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «**Механика (теоретическая механика)**»
для студентов направления подготовки

08.03.01 Строительство
направленность (профиль) «Городское строительство и хозяйство»

Пятигорск, 2025

Содержание

Введение	
1. Общая характеристика самостоятельной работы студента.....	
2. План - график выполнения самостоятельной работы	
3. Методические указания по изучению теоретического материала	
3.1. Вид самостоятельной работы: самостоятельное изучение литературы	
3.2. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим работам	
4. Методические указания	
5. Методические указания к экзамену	
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	

Введение

Методические указания для выполнения самостоятельной работы студентами по дисциплине «Механика (теоретическая механика)» по направлению подготовки бакалавров: 08.03.01 Строительство .

Методические указания содержат весь необходимый материал для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Механика (теоретическая механика)»

В данном методическом указании приведены темы и вопросы для самостоятельного изучения.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее прежде всего индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

На современном этапе самостоятельную работу студента следует разделить на работу с бумажными источниками информации, т.е. учебниками, методическими пособиями, монографиями, журналами и т.д. и электронными источниками информации, т.е. доступ к электронным ресурсам через Интернет.

Сегодня самостоятельную работу студента невозможно представить без использования информационной сети – Интернет. Необходимость использования Интернета возникает не только при подготовке к практическим и семинарским занятиям, но, в большей степени, при написании различных исследовательских и творческих работ. Многие современные монографии, периодические журналы изданы только в электронном виде и с ними можно познакомиться только в Интернете.

Цели и задачи самостоятельной работы: формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ИД-1 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной.	Способность использовать законы и методы теоретической механики как основы описания и расчетов механизмов.
	ИД-2 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений.	Способность применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла.
	ИД-3 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.	
	ИД-4 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат численных методов.	

	ИД-5 _{ОПК-1} Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач.	
	ИД-6 _{ОПК-1} Демонстрирует знание элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.	
	ИД-7 _{ОПК-1} Демонстрирует понимание химических процессов.	

2. План - график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
3 семестр					
ОПК-1 (ИД-1; ИД-2; ИД-3; ИД-4; ИД-5; ИД-6; ИД-7)	Самостоятельное изучение литературы по темам № 1-9	Собеседование	81	9	90
ОПК-1 (ИД-1; ИД-2; ИД-3; ИД-4; ИД-5; ИД-6; ИД-7)	Подготовка к практическим занятиям	Отчёт (устный)	18	2	20
ОПК-1 (ИД-1; ИД-2; ИД-3; ИД-4; ИД-5; ИД-6; ИД-7)	Написание Контрольной работы	Контрольная работа	16,2	1,8	18
Итого за 3 семестр			115,2	12,8	128
Итого			115,2	12,8	128

3. Методические указания по изучению теоретического материала

3.1. Вид самостоятельной работы: самостоятельное изучение литературы

Изучать учебную дисциплину «Механика (теоретическая механика)» рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них в программе дисциплины. При теоретическом изучении дисциплины студент должен пользоваться соответствующей литературой. Примерный перечень литературы приведен в рабочей программе

Для более полного освоения учебного материала студентам читаются лекции по важнейшим разделам и темам учебной дисциплины. На лекциях излагаются и детально рассматриваются наиболее важные вопросы, составляющие теоретический и практический фундамент дисциплины.

Итоговый продукт: конспект лекций

Средства и технологии оценки: Собеседование

Критерии оценивания: Оценка «отлично» выставляется студенту, если в полном объеме изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если достаточно полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, недостаточно если полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствуют знания и практические навыки по данной дисциплине.

Темы для самостоятельного изучения:

1. Основные понятия и определения. Аксиомы статики.
2. Система сходящихся сил.
3. Плоская система сил.
4. Фермы.
5. Трение скольжения и качения.
6. Пространственная система сил.
7. Сложение параллельных сил.
8. Кинематика
9. Плоскопараллельное движение твердого тела.

3.2. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим работам

Итоговый продукт: отчет по практическому занятию

Средства и технологии оценки: защита отчета

Критерии оценивания: Оценка «отлично» выставляется студенту, если в полном объеме изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если достаточно полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, недостаточно, если полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствуют знания и практические навыки по данной дисциплине.

4. Методические указания

1. Методические указания для проведения практических работ по дисциплине «Механика (теоретическая механика)» студентами направления подготовки 08.03.01 Строительство.
2. Методические указания выполнения контрольной работы по дисциплине «Механика (теоретическая механика)» студентами направления подготовки 08.03.01 Строительство.

5. Методические указания к экзамену

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются три вопроса (один вопрос для проверки знаний и два вопроса для проверки умений и навыков студента).

Для подготовки по билету отводиться 30 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочными таблицами

При проверке практического задания, оцениваются:

- знание параметра;
- последовательность и рациональность выполнения.

Вопросы (задача, задание) для проверки уровня обученности

1. Аксиомы статики.
2. Связи и их реакции.
3. Теоремы статики.
4. Система сходящихся сил. Равнодействующая сходящихся сил.
5. Условие равновесия системы сходящихся сил.
6. Проецирование силы на оси координат.
7. Алгебраический момент силы.
8. Определение моментов относительно осей координат.
9. Пара сил.
10. Теоремы пары сил.
11. Условие равновесия пары сил.
12. Главный вектор плоской системы сил.
13. Главный момент плоской системы сил.
14. Условие и уравнения равновесия плоской системы сил.
15. Пространственная система сил.
16. Момент силы относительно оси.
17. Главный вектор пространственной системы сил.
18. Главный момент пространственной системы сил.
19. Условия равновесия пространственной системы сил.
20. Центр параллельных сил.
21. Центр тяжести твердого тела.
22. Уравнения равновесия пространственной системы сил.
23. Векторный способ задания движения точки.
24. Координатный способ задания движения точки.
25. Естественный способ задания движения точки.
26. Способы задания движения точек.
27. Мгновенный центр скоростей.
28. Сложение скоростей точки при сложном движении.
29. Сложение ускорений точки при сложном движении.
30. Ускорение Кориолиса.
31. Нахождение мгновенного центра скоростей.
32. Основные понятия кинематики точки.
33. Характеристики движения точки.
34. Поступательное движение твердого тела и его свойства.
35. Вращательное движение твердого тела.
36. Частные случаи вращательного движения.
37. Формула Эйлера.
38. Плоскопараллельное движение твердого тела.
39. Скорости точек при плоском движении
40. Ускорения точек в плоском движении.
41. Формула распределения ускорений.
42. Мгновенный центр ускорений (М.Ц.У)
43. Сложное движение точки.
44. Определение скоростей и ускорений точки в сложном движении.
45. Основные понятия и определения.
46. Законы динамики Галилея-Ньютона.
47. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
48. Прямые задачи динамики и их решение
49. Обратные задачи динамики и их решение
50. Дифференциальные уравнения относительного движения

51. Механическая система. Свойства внутренних сил.
52. Масса системы и ее центр масс.
53. Моменты инерции.
54. Теорема Гюйгенса - Штейнера.
55. Дифференциальные уравнения движения механической системы и общие теоремы динамики.
56. Количество движения. Импульс силы. Теорема об изменении количества движения.
57. Теорема о движении центра масс.
58. Кинетическая энергия, работа силы, работа момента силы.
59. Теорема об изменении кинетической энергии.
60. Принцип Даламбера для материальной точки.
61. Принцип Даламбера для системы материальных точек.
62. Вычисление главного вектора и главного момента сил инерции.
63. Связи и их классификация.
64. Возможные перемещения и число степеней свободы механической системы.
65. Принцип возможных перемещений.
66. Обобщенные координаты и обобщенные скорости
67. Обобщенные силы и их вычисление
68. Условия равновесия системы в обобщенных координатах
69. Уравнения Лагранжа

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Теоретическая механика / О.Н. Оруджова, А.А. Шинкарук, О.В. Гермидер, О.М. Заборская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : САФУ, 2014. – 96 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436489> . – ISBN 978-5-261-00982-5. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Теоретическая механика / А.В. Ханефт. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. – 110 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232320>. – ISBN 978-5-8353-1514-7. – Текст : электронный.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению контрольной работы
по дисциплине «**Механика (теоретическая механика)**»
для студентов направления подготовки

08.03.01 Строительство

направленность (профиль) «Городское строительство и хозяйство»

Пятигорск, 2025

Содержание

Введение	
1.Цель, задачи и реализуемые компетенции	
2. Формулировка задания и его объем.....	
3.Общие требования к написанию и оформлению работы.....	
4.Указания по выполнению задания	
6. Критерии оценивания работы.....	
7. Порядок защиты работы.....	
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	

Введение

Методические указания и задания для выполнения контрольной работы студентами по дисциплине «Механика (теоретическая механика)» по направлению подготовки бакалавров: 08.03.01 Строительство.

Методические указания содержат весь необходимый материал для выполнения контрольной работы по дисциплине «Механика (теоретическая механика)».

В данном методическом указании приведены темы и вопросы для самостоятельного изучения и выполнения контрольной работы.

1.Цель, задачи и реализуемые компетенции

Учебным планом направления подготовки 08.03.01 Строительство, предусматривается написание контрольной работы по дисциплине. Этот вид письменной работы выполняется каждый год, по темам выбранным самостоятельно. Перечень тем разрабатывается преподавателем.

Контрольная работа – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Цель выполняемой работы:

- получить специальные знания по выбранной теме;

Основные задачи выполняемой работы:

- 1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- 2) выработка навыков самостоятельной работы;
- 3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе;

Весь процесс написания контрольной работы можно условно разделить на следующие этапы:

- а) выбор темы и составление предварительного плана работы;
- б) сбор научной информации, изучение литературы;
- в) анализ составных частей проблемы, изложение темы;
- г) обработка материала в целом.

Тема контрольной работы выбирается студентом самостоятельно из предложенного списка тем.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические указания по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ИД-1 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной.	Способность использовать законы и методы теоретической механики как основы описания и расчетов механизмов.
	ИД-2 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений.	Способность применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла.

	ИД-3 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.	
	ИД-4 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат численных методов.	
	ИД-5 _{ОПК-1} Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач.	
	ИД-6 _{ОПК-1} Демонстрирует знание элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.	
	ИД-7 _{ОПК-1} Демонстрирует понимание химических процессов.	

2. Формулировка задания и его объем

Тема 1. Основные понятия и определения.
Аксиомы статики.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 1.*

Задание 2 *Чертеж 2.*

Вариант 2

Задание 1 *Чертеж 3.*

Задание 2 *Чертеж 4.*

Тема 2. Система сходящихся сил.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 5.*

Задание 2 *Чертеж 6.*

Вариант 2.

Задание 1 *Чертеж 7.*

Задание 2 *Чертеж 8.*

Тема 3. Плоская система сил.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 9.*

Задание 2 *Чертеж 10.*

Вариант 2.

Задание 1 *Чертеж 11.*

Задание 2 *Чертеж 12.*

Тема 4. Фермы.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 13.*

Задание 2 *Чертеж 14.*

Вариант 2.

Задание 1 *Чертеж 15.*

Задание 2 *Чертеж 16.*

Тема 5. Трение скольжения и качения.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 17.*

Задание 2 *Чертеж 18.*

Тема 6. Пространственная система сил.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 19.*

Задание 2 *Чертеж 20.*

Тема 7. Сложение параллельных сил.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 19.*

Задание 2 *Чертеж 20.*

Тема 8. Кинематика

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 19.*

Задание 2 *Чертеж 20.*

Тема 9. Плоскопараллельное движение твердого тела.

Вариант 1.

Задание 1 *Чертеж 19.*

Задание 2 *Чертеж 20.*

3. Общие требования к написанию и оформлению работы

В содержании контрольной работы необходимо показать знание рекомендованной литературы по данной теме, но при этом следует правильно пользоваться первоисточниками, избегать чрезмерного цитирования. При использовании цитат необходимо указывать точные ссылки на используемый источник: указание автора (авторов), название работы, место и год издания, страницы.

В процессе работы над первоисточниками целесообразно делать записи, выписки абзацев, цитат, относящихся к избранной теме. При изучении специальной юридической литературы (монографий, статей, рецензий и т.д.) важно обратить внимание на различные точки зрения авторов по исследуемому вопросу, на его приводимую аргументацию и выводы, которыми опровергаются иные концепции.

Кроме рекомендованной специальной литературы, можно использовать любую дополнительную литературу, которая необходима для раскрытия темы контрольной работы. Если в период написания контрольной работы были приняты новые нормативно-правовые акты, относящиеся к излагаемой теме, их необходимо изучить и использовать при её выполнении.

В конце контрольной работы приводится полный библиографический перечень использованных нормативно-правовых актов и специальной литературы. Данный список условно можно подразделить на следующие части:

1. Нормативно-правовые акты (даются по их юридической силе).
2. Учебники, учебные пособия.
3. Монографии, учебные, учебно-практические пособия.
4. Периодическая печать.

Первоисточники 2,3,4 даются по алфавиту.

Оформление библиографических ссылок осуществляется в следующем порядке:

1. Фамилия и инициалы автора (коллектив авторов) в именительном падеже. При наличии трех и более авторов допускается указывать фамилии и инициалы первых двух и добавить «и др.». Если книга написана авторским коллективом, то ссылка делается на название книги и её редактора. Фамилию и инициалы редактора помещают после названия книги.

2. Полное название первоисточника в именительном падеже.
3. Место издания.
4. Год издания.
5. Общее количество страниц в работе.

Ссылки на журнальную или газетную статью должны содержать кроме указанных выше данных, сведения о названии журнала или газеты.

Ссылки на нормативный акт делаются с указанием Собрания законодательства РФ, исключение могут составлять ссылки на Российскую газету в том случае, если данный нормативный акт еще не опубликован в СЗ РФ.

При использовании цитат, идей, проблем, заимствованных у отдельных авторов, статистических данных необходимо правильно и точно делать внутри текстовые ссылки на первоисточник.

Ссылки на используемые первоисточники можно делать в конце каждой страницы, либо в конце всей работы, нумерация может начинаться на каждой странице.

Структурно Контрольная работа состоит только из нескольких вопросов (3-6), без глав. Она обязательно должна содержать теорию и практику рассматриваемой темы.

4. Указания по выполнению задания

Контрольная работа излагается логически последовательно, грамотно и разборчиво. Она обязательно должна иметь титульный лист. Он содержит название высшего учебного заведения, название темы, фамилию, инициалы, учёное звание и степень научного руководителя, фамилию, инициалы автора, номер группы.

На следующем листе приводится содержание контрольной работы. Оно включает в себя: введение, название вопросов, заключение, список литературы.

Введение должно быть кратким, не более 1 страницы. В нём необходимо отметить актуальность темы, степень ее научной разработанности, предмет исследования, цель и задачи, которые ставятся в работе. Изложение каждого вопроса необходимо начать с написания заголовка, соответствующему оглавлению, который должен отражать содержание текста. Заголовки от текста следует отделять интервалами. Каждый заголовок обязательно должен предшествовать непосредственно своему тексту. В том случае, когда на очередной странице остаётся место только для заголовка и нет места ни для одной строчки текста, заголовок нужно писать на следующей странице.

Излагая вопрос, каждый новый смысловой абзац необходимо начать с красной строки. Закончить изложение вопроса следует выводом, итогом по содержанию данного раздела.

Изложение содержания всей контрольной работы должно быть завершено заключением, в котором необходимо дать выводы по написанию работы в целом.

Страницы контрольной работы должны иметь нумерацию (сквозной). Номер страницы ставится вверху в правом углу. На титульном листе номер страницы не ставится. Оптимальный объём контрольной работы 10-15 страниц машинописного текста (размер шрифта 12-14) через полуторный интервал на стандартных листах формата А-4, поля: верхнее –15 мм, нижнее –15мм, левое –25мм, правое –10мм.

В тексте контрольной работы не допускается произвольное сокращение слов (кроме общепринятых).

По всем возникшим вопросам студенту следует обращаться за консультацией преподавателю. Срок выполнения контрольной работы определяется преподавателем и она должна быть сдана не позднее, чем за неделю до экзамена. По результатам проверки Контрольная работа оценивается на 2-5 баллов. В случае отрицательной оценки, студент должен ознакомиться с замечаниями и, устранив недостатки, повторно сдать работу на проверку.

5. План – график выполнения задания

№	Этап выполнения задания	Объем часов для выполнения задания (астр.)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Выполнение контрольных заданий											
1	Получение задания на установочном занятии, анализ его с преподавателем	+									
2	Изучение литературы для выполнения заданий контрольной работы		+	+	+	+	+	+	+		
3	Выполнение заданий контрольной работы, её оформление									+	+

6. Критерии оценивания работы

Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

7. Порядок защиты работы

Получив проверенную работу, студент должен внимательно ознакомиться с рецензией, пометками на полях и выполнить все указания научного руководителя. Если работа не допущена до защиты, необходимо ознакомиться с рецензией, доработать контрольную работу, устранив все недостатки, указанные научным руководителем, и в новом варианте сдать на проверку.

В установленный кафедрой срок исполнитель обязан явиться на защиту контрольной работы, имея с собой последний вариант, рецензию на первый вариант с замечаниями руководителя и зачётную книжку.

При защите студент должен быть готов ответить на вопросы научного руководителя по всей теме контрольной работы.

Оценка работы производится по четырёхбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». После защиты положительная оценка выставляется в зачётную книжку. Защищённые контрольные работы не возвращаются и хранятся в фонде кафедры.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Теоретическая механика / О.Н. Оруджова, А.А. Шинкарук, О.В. Гермидер, О.М. Заборская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : САФУ, 2014. – 96 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436489> . – ISBN 978-5-261-00982-5. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Теоретическая механика / А.В. Ханефт. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. – 110 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232320>. – ISBN 978-5-8353-1514-7. – Текст : электронный.