МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета _____ Драпалюк Н.А.
«31» августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Теоретическая механика»

Направление подготовки 20.03.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Профиль ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы _____ /Глазков С.С./

Заведующий кафедрой
Теоретической и
прикладной механики _____ /Козлов В.А./

Руководитель ОПОП _____ /Сушко Е.А./

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Теоретическая механика является одной из фундаментальных общенаучных дисциплин физико-математического цикла. Изучение теоретической механики определяет минимум фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, являющихся базой большинства специальных дисциплин инженерно-технического образования. Способствует расширению кругозора будущего специалиста и повышает коэффициент полезного действия его интеллекта.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- Освоение методов статического расчета силовых нагрузок конструкций и их элементов.
- Приобретение навыков кинематического и динамического исследования элементов строительных конструкций, строительных машин и механизмов.
- Развитие логического мышления и творческого подхода к решению профессиональных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теоретическая механика» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теоретическая механика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОК-11 - способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОК-11	знать базовую информацию в области статики, кинематики и динамики теоретической механики
	уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем связанных со статической устойчивостью, кинематическими и динамическими характеристиками инженерных систем и сооружений
	владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области

	механического состояния систем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теоретическая механика» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	72	36	36
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Самостоятельная работа	81	36	45
Часы на контроль	27	-	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	180 5	72 2	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия, определения и теоремы статики.	Предмет механики. Статика, кинематика, динамика – разделы механики. Предмет статики. Основные понятия статики. Аксиомы статики. Виды связей, их реакции. Проекция силы на ось. Геометрический и аналитический способы сложения сил. Сходящиеся силы, их равнодействующая. Геометрическое условие равновесия системы сходящихся сил, аналитические условия равновесия. Равновесие трех непараллельных сил. Момент силы относительно точки (центра) как вектор. Понятие о паре сил. Момент пары как вектор. Теорема об эквивалентности пар. Свойства пары сил. Теорема о приведении произвольной системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил. Векторные условия равновесия произвольной системы сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.	6	6	12	24
2	Система сил, расположенных в одной плоскости.	Алгебраическое значение момента силы и пары сил. Распределенная нагрузка. Аналитические условия равновесия параллельной и произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Статически определимые и статически неопределимые системы. Понятие о ферме. Леммы о нулевых стержнях. Определение усилий в стержнях плоской фермы способом вырезания узлов и способом сечений	6	6	14	26

		(Риттера). Равновесие при наличии сил трения. Трение скольжения при покое (сцепление) и при движении. Коэффициент трения. Трение качения; коэффициент трения качения.				
3	Произвольная система сил. Центр тяжести твердых тел.	Момент силы относительно оси; зависимость между моментами силы относительно центра и относительно оси, проходящей через этот центр. Вычисление главного вектора и главного момента произвольной системы сил. Частные случаи приведения произвольной системы сил; динамический винт. Аналитические условия равновесия произвольной пространственной системы сил, случай параллельных сил. Приведение системы параллельных сил к равнодействующей. Центр параллельных сил; его радиус-вектор и координаты. Центр тяжести твердого тела; центр тяжести объема, площади, линии. Способы определения положений центров тяжести тел.	6	6	14	26
4	Кинематика точки.	Предмет кинематики. Задачи кинематики. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки. Вычисление кинематических характеристик точки при различных способах задания ее движения. Частные случаи движения точки.	6	6	14	26
5	Динамика точки.	Законы динамики. Дифференциальные уравнения движения точки в декартовых координатах и в проекциях на оси естественного трехгранника. Две основные задачи динамики для материальной точки, их решения. Количество движения материальной точки. Элементарный импульс силы. Импульс силы за конечный промежуток времени. Теорема об изменении количества движения точки в дифференциальной и в конечной формах. Момент количества движения материальной точки относительно центра и относительно оси. Теорема об изменении момента количества движения точки. Сохранение момента количества движения точки в случае действия центральной силы. Элементарная работа силы; аналитическое выражение элементарной работы. Работа силы на конечном перемещении точки. Работа силы тяжести, упругости, трения. Мощность. Кинетическая энергия материальной точки. Теорема об изменении кинетической энергии точки.	6	6	14	26
6	Общие теоремы динамики механической системы. Динамика твердого тела.	Механическая система. Классификация сил, свойства внутренних сил. Масса системы. Центр масс; радиус-вектор и координаты центра масс. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Теорема о движении центра масс системы. Закон сохранения движения центра масс. Количество движения механической системы. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и в конечной формах. Закон сохранения количества движения системы. Момент инерции системы и твердого тела относительно оси. Радиус инерции. Теорема о моментах инерции тела относительно параллельных осей. Осевые моменты инерции однородного тонкого стержня, тонкого круглого кольца, диска. Главный момент количества движения или кинетический момент механической системы относительно центра и относительно оси вращения. Теорема об изменении кинетического момента механической системы.	6	6	13	25

		Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. Дифференциальные уравнения плоскопараллельного движения твердого тела. Работа и мощность сил, приложенных к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси, сопротивление при качении. Кинетическая энергия механической системы. Кинетическая энергия твердого тела при поступательном движении, при вращении вокруг неподвижной оси и при плоскопараллельном движении. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы. Равенство нулю суммы работ внутренних сил в твердом теле. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.				
		Итого	**36**	**36**	**81**	**153**

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОК-11	знать базовую информацию в области статики, кинематики и динамики теоретической механики	Выполнены все текущие тестовые задания и РГР	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем связанных со статической устойчивостью, кинематическими и динамическими характеристиками	Выполнены все текущие тестовые задания и РГР	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	инженерных систем и сооружений			
	владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области механического состояния систем	Выполнены все текущие тестовые задания и РГР	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2, 3 семестре для очной формы обучения по двух/четырехбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОК-11	знать базовую информацию в области статики, кинематики и динамики теоретической механики	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем связанных со статической устойчивостью, кинематическими и динамическими характеристиками инженерных систем и сооружений	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области механического состояния систем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОК-11	знать базовую информацию в области статики, кинематики и динамики теоретической механики	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем связанных со статической устойчивостью, кинематическими и динамическими характеристиками инженерных систем и сооружений	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области механического состояния систем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

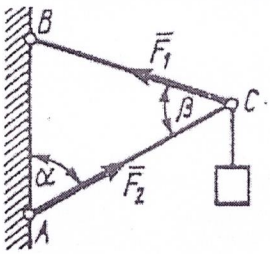
Текущий контроль успеваемости осуществляется на практических занятиях: в виде опроса теоретического материла и умения применять его к решению задач, в виде проверки домашних заданий, в виде тестирования по отдельным темам.

Промежуточный контроль осуществляется проведением тестирования по разделам (статика, кинематика, динамика) дисциплины, изученным студентом в период между аттестациями, выполнением расчетно-графических работ. Тестирование проводится на практических занятиях в рамках

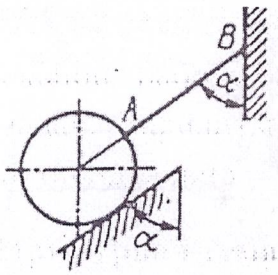
самостоятельной работы под контролем преподавателя в виде решения тестовых задач. Варианты расчетно-графических работ выдаются каждому студенту индивидуально.

7.2.1 Примерная тематика и содержание тестовых задач во 2 семестре

1. Равновесие системы сходящихся сил

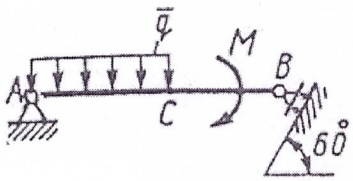


Шарнирный трехзвенник ABC удерживает в равновесии груз, подвешенный к шарнирному болту C. Под действием груза стержень AC сжат силой $F_2 = 25$ Н. Заданы углы $\alpha = 60°$ и $\beta = 45°$. Считая стержни AC и BC невесомыми, определить усилие в стержне BC.

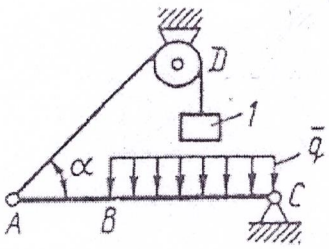


Однородный шар весом 12 Н удерживается в равновесии на гладкой наклонной плоскости с помощью веревки AB. Определить давление шара на плоскость, если угол $\alpha = 60°$.

2. Равновесие произвольной плоской системы сил

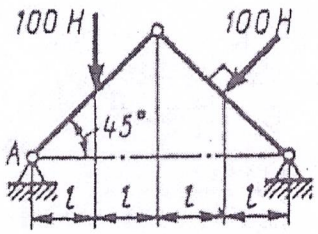


Определить момент M пары сил, при котором реакция опоры B равна 250 Н, если интенсивность распределенной нагрузки q = = 150 Н/м, размеры $AC = CB = 2$ м.

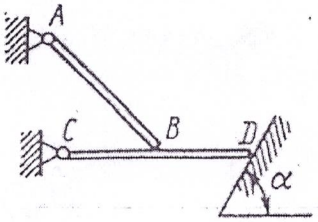


Балка AC закреплена в шарнире C и поддерживается в горизонтальном положении веревкой AD, перекинутой через блок. Определить интенсивность распределенной нагрузки q, если длины $BC = 5$ м, $AC = 8$ м, угол $\alpha = 45°$, а вес груза 1 равен 20 Н.

3. Равновесие составных конструкций

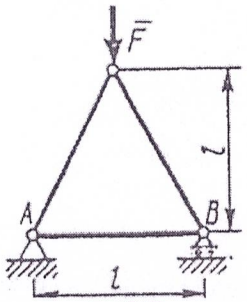


Определить вертикальную составляющую реакции в шарнире A.



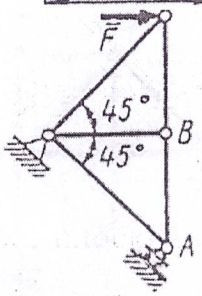
Однородная балка AB, вес которой 200 Н, свободно опирается в точке B на горизонтальную балку CD. Определить, с какой силой балка CD действует на опорную плоскость в точке D, если расстояние $CB = BD$, угол $\alpha = 60°$. Весом балки CD пренебречь.

4. Расчет плоских ферм (метод вырезания узлов)



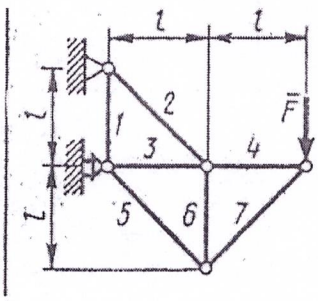
4.2.10

Определить усилие в стержне AB. Сила F = = 400 Н.

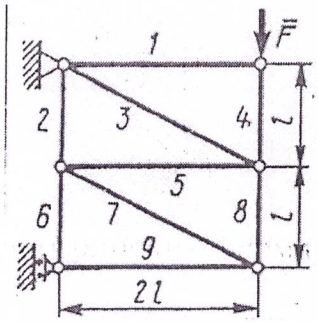


Определить усилие в стержне AB. Сила F = = 400 Н.

5. Расчет плоских ферм (метод сквозных сечений)



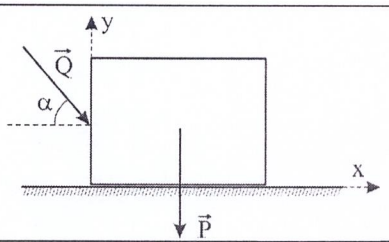
Определить усилие в стержне 3. Сила F = = 460 Н.

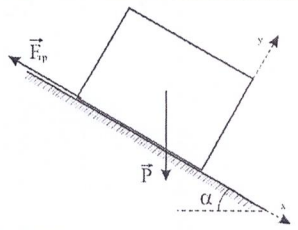
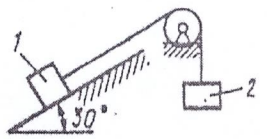


4.3.10

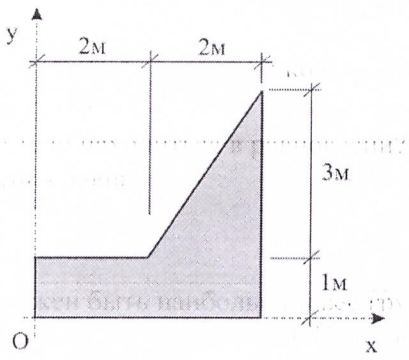
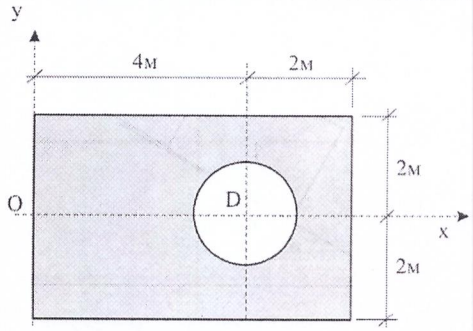
Определить усилие в стержне 8. Сила F = = 260 Н.

6. Трение скольжения

Дано: $P = 10$ кН; $Q = 2$ кН; $\alpha = 30^o$; коэффициент трения $f = 0.2$. Будет ли тело находиться в равновесии? Сила трения равна…	

Дано: $P = 10$ кН; $\alpha = 30^o$; коэффициент трения $f = 0.4$. Будет ли тело находиться в равновесии? Сила трения равна…	
Каким должен быть наибольший вес груза *2*, для того, чтобы груз *1* весом 100 Н оставался в покое на наклонной плоскости, если коэффициент трения скольжения f = 0,3.	

7. Центр тяжести плоских фигур

 Координата y_c центра тяжести однородной пластины равна…	 Радиус круглого выреза равен $r = 1$ м. Координата x_c центра тяжести однородной пластины равна…

7.2.2 Тематика и содержание расчетно-графического задания во 2-м семестре

РГР №1. Статический расчёт плоской фермы с применением ЭВМ

Плоская ферма, расположенная в вертикальной плоскости, закреплена в точках *A* и *B*, причём в одной из них шарнирно-неподвижно, а в другой опирается на подвижный шарнир. К ферме приложены наклонная сила *F*, для которой модуль и угол α указаны в таблице, горизонтальная сила *Q* и вертикальная *P*. Определить опорные реакции в точках *A* и *B*, усилия в стержнях первой панели (1, 2, 3, 4) методом вырезания узлов, а в стержнях второй панели (5, 6, 7) – методом сквозных сечений (Риттера). Вычислить усилия в стержнях всей фермы с помощью выдаваемой прикладной программы, сравнить полученные значения с вычисленными вручную.

Пример 1. Схема фермы, все действующие нагрузки и размеры показаны на рис. 1.1.

Дано: P = 10 кН, F = 30 кН.

Определить опорные реакции и усилия в стержнях 1–4 методом вырезания узлов, 5–7 – методом сквозных сечений.

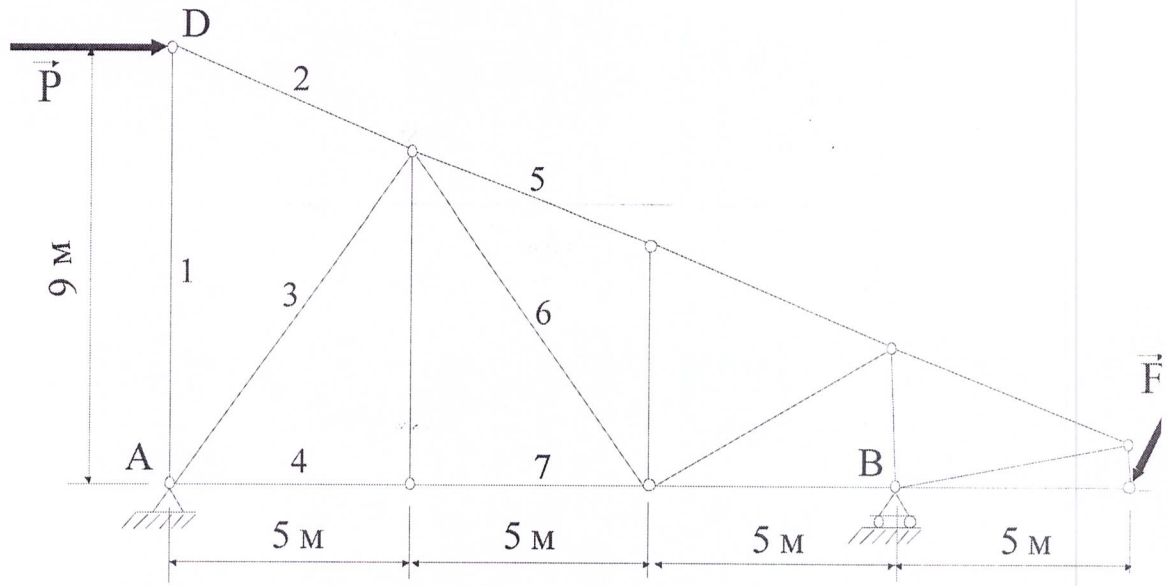


Рис. 1.1

Решение. При определении опорных реакций ферма рассматривается как твёрдое тело. Опоры в узлах A и B мысленно отбрасываются и заменяются соответствующими реакциями: составляющие $\overline{X}_A$, $\overline{Y}_A$ в узле A, $\overline{R}_B$ в узле B (рис. 1.2).

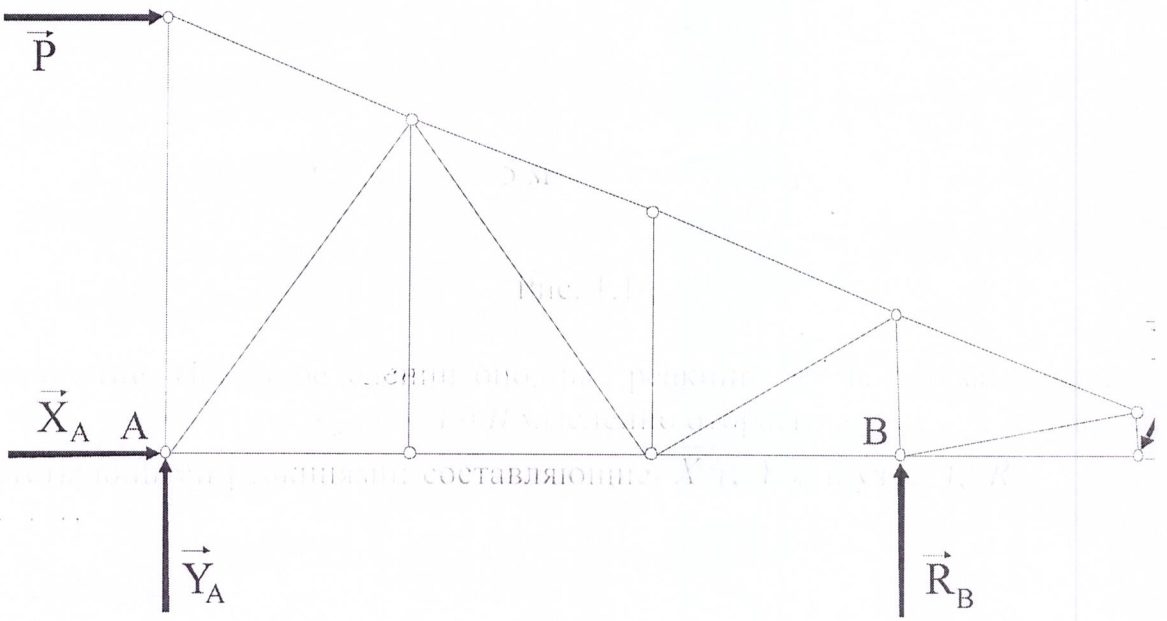


Рис. 1.2

Составляются три уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0: \quad X_A + P - F\cos 60^0 = 0;$$

$$\sum F_{ky} = 0: \quad Y_A + R_B - F\sin 60^0 = 0;$$

$$\sum m_{kA} = 0: \quad -P \cdot 9 + R_B \cdot 15 - F\sin 60^0 \cdot 20 = 0.$$

Из первого уравнения $X_A = 5$ кН, из третьего $R_B = 6 + 20\sqrt{3} \approx 40{,}64$ кН, из второго $Y_A = -(6 + 5\sqrt{3}) \approx -14{,}66$ кН; знак «–» показывает, что истинное направление $\vec{Y}_A$ противоположно изображённому на рис. 1.2.

Проверка:

$$\sum m_{kB} = -Y_A \cdot 15 - P \cdot 9 - F \cdot \sin 60^0 \cdot 5 = (6 + 5\sqrt{3}) \cdot 15 - 90 - 75\sqrt{3} = 0.$$

При определении усилий в стержнях 1–4 методом вырезания узлов сначала мысленно вырезается узел *D* (в нём сходятся два стержня, усилия в которых неизвестны) и изображаются все приложенные к нему силы и реакции (рис. 1.3).

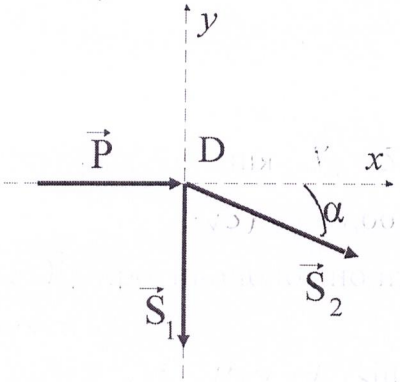


Рис. 1.3

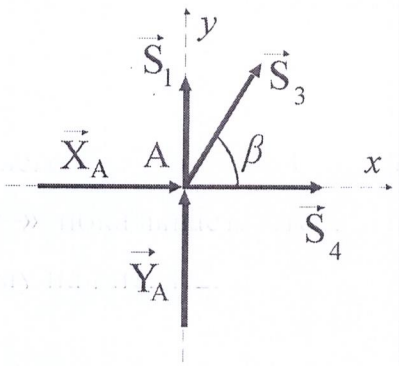


Рис. 1.4

По геометрическим размерам фермы (рис. 1.5) $tg\alpha = 9/22{,}5 = 0{,}4$, следовательно, $\sin\alpha = 0{,}3714$, $\cos\alpha = 0{,}9285$. Уравнения равновесия имеют вид

$$\sum F_{kx} = 0: \quad P + S_2 \cos\alpha = 0; \quad S_2 = -10{,}77 \text{ кН}.$$

$$\sum F_{ky} = 0: \quad -S_2 \sin\alpha - S_1 = 0; \quad S_1 = 4 \text{ кН}.$$

Затем вырезается узел *A* (рис. 1.4), здесь неизвестны усилия $\vec{S}_3, \vec{S}_4$; $tg\beta = 7/5 = 1{,}4$; $\sin\beta = 0{,}8137$; $\cos\beta = 0{,}5812$.

$$\sum F_{ky} = 0: \quad Y_A + S_1 + S_3 \sin\beta = 0; \quad S_3 = 13{,}1 \text{ кН}.$$

$$\sum F_{kx} = 0: \quad X_A + S_3 \cos\beta + S_4 = 0; \quad S_4 = -12{,}61 \text{ кН}.$$

При определении усилий в стержнях 5–7 методом Риттера ферма рассекается по этим трём стержням на две части. Одна из частей вместе с приложенными к ней нагрузками мысленно отбрасывается, а её действие на оставшуюся часть заменяется усилиями $\overline{S}_5, \overline{S}_6, \overline{S}_7$, которые направлены вдоль соответствующих стержней в сторону отброшенной части (см. рис. 1.5).

Для определения $\overline{S}_5$ составляется уравнение моментов от сил, приложенных к оставшейся части фермы, относительно точки пересечения двух остальных разрезанных стержней (точка *L*).

$$\sum m_{kL} = 0: \; -Y_A \cdot 10 - P \cdot 9 - S_5 \cos\alpha \cdot 7 + S_5 \sin\alpha \cdot 5 = 0; \; S_5 = 12{,}19 \text{ кН}.$$

Для определения $\overline{S}_6$ составляется уравнение моментов относительно точки *N*.

$$\sum m_{kN} = 0: \; -Y_A \cdot 22{,}5 - P \cdot 9 - S_6 \cos\beta \cdot 7 + S_6 \sin\beta \cdot 17{,}5 = 0; \;\; S_6 = -23{,}58 \text{ кН}.$$

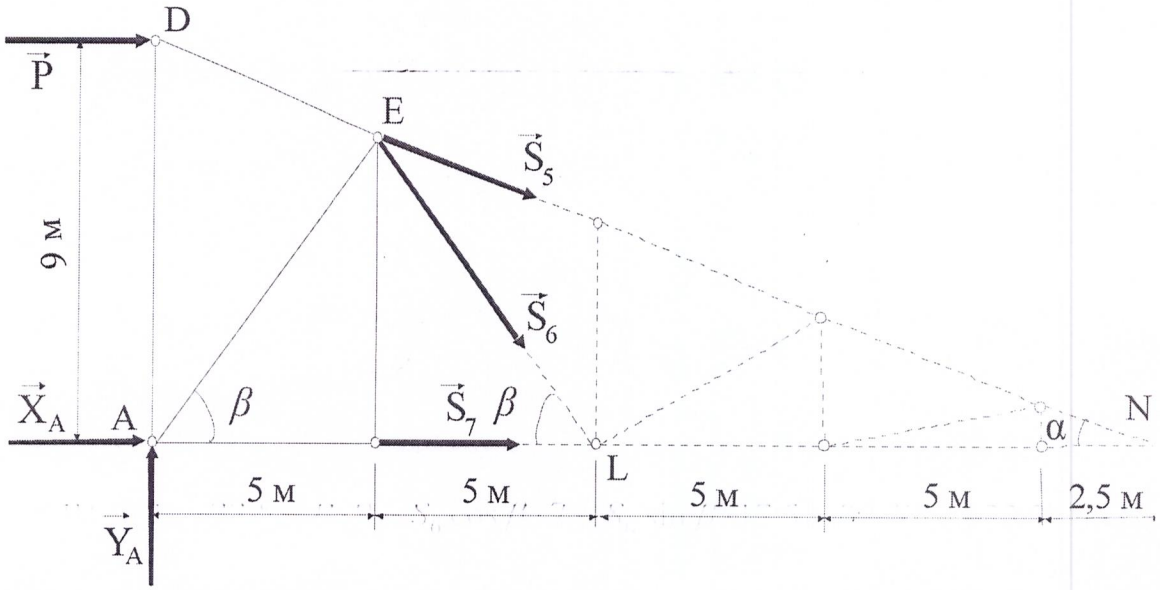


Рис. 1.5

При определении $\bar{S}_7$ составляется уравнение моментов относительно точки *E*.

$$\sum m_{kE} = 0: \; -Y_A \cdot 5 + X_A \cdot 7 - P \cdot 2 + S_7 \cdot 7 = 0; \;\; S_7 = -12{,}61 \text{ кН}.$$

Результат $S_4 = S_7$ согласуется с леммой 2 о нулевых стержнях[1, §12], что является дополнительной проверкой результатов счёта.

Ответ: $X_A = 5$ кН; $Y_A = -14{,}66$ кН; $R_B = 40{,}64$ кН; $S_1 = 4$ кН; $S_2 = -10{,}77$ кН ; $S_3 = 13{,}1$ кН; $S_4 = -12{,}61$ кН; $S_5 = 12{,}19$ кН; $S_6 = -23{,}58$ кН; $S_7 = -12{,}61$ кН. Знаки указывают, что сила $\vec{Y}_A$ направлена противоположно показанному на рис. 2.2, стержни 2, 4, 6, 7 – сжаты, 1, 3, 5 – растянуты.

Инструкция к пользованию программой для расчета фермы на ПЭВМ

Программу для проверки полученных результатов можно скачать на сайте http://vuz.exponenta.ru/ **(Download ⟶ Образование ⟶ Расчет плоской статически определимой балочной фермы),** нажав на «exe, Delphi».

1. В скачанной папке «Ферма 6» выбрать «ferm6» и нажать «Enter».
2. Ввести данные по своему варианту:

число панелей (N) – для данных ферм равно 4;

длина панелей (a) – задаётся одинаковая длина для каждой из панелей фермы;

ввод высот узлов нижнего пояса (h1) – все значения «0»;

ввод высот стоек (h2) – задать пять значений высот вертикальных

стержней слева направо;

раскосы – задать направления наклона раскосов, нажимая на них на рисунке;

опоры – задать номер узла, закреплённого шарнирно-неподвижно (A) и шарнирно-подвижно (B) (нумерация узлов фермы по нижнему поясу слева направо от 1 до 5, по верхнему поясу слева направо от 6 до 10);

число нагрузок (N_p) – 2;

нагрузки – указать величину силы, номер узла, к которому она приложена и угол с положительным направлением оси x (откладывать против часовой стрелки).

3. Получить ответ, нажимая на «**Solve**».

Результат проверки решения примера 1 на ПЭВМ

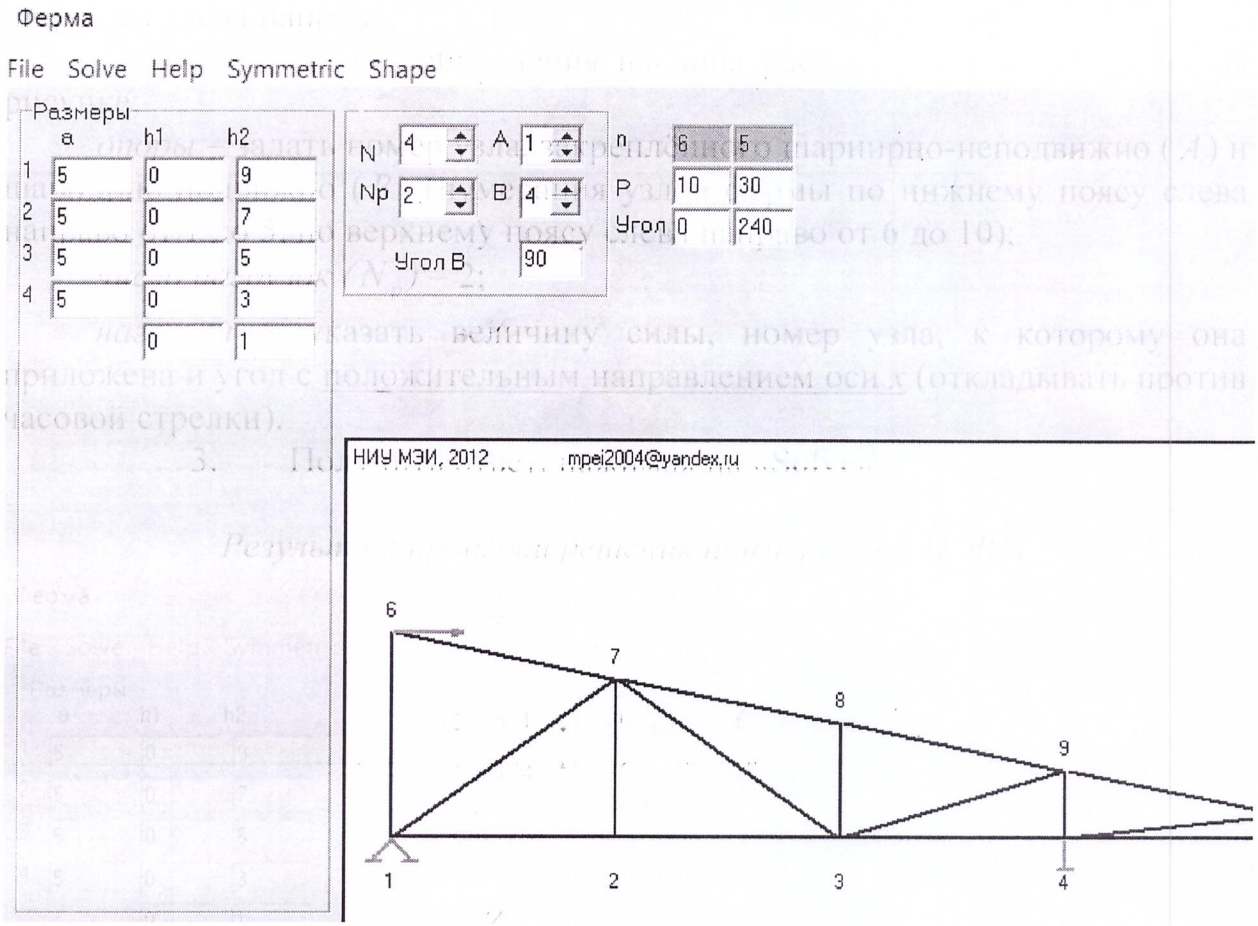
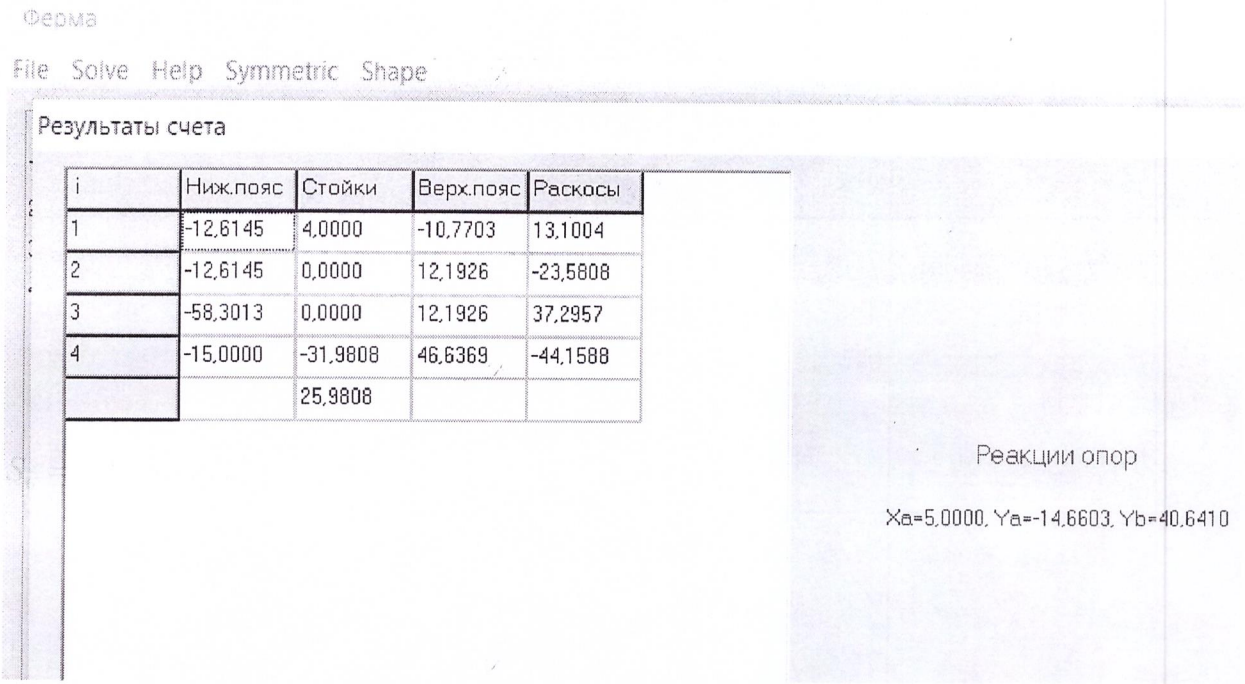


Рис. 1.6. *Данные задачи, введенные в программу*

Результаты расчетов примера 1 совпадают с представленными на рис. 1.7 данными. Реакции опор: $X_A = 5\ кН$; $Y_A = -14{,}66\ кН$; $R_B = Y_B = 40{,}64\ кН$. Усилия в первом и втором стержнях нижнего пояса: $S_4 = -12{,}61\ кН$; $S_7 = -12{,}61\ кН$. Усилие в первой стойке: $S_1 = 4\ кН$. Усилия в первом и во втором стержнях верхнего пояса: $S_2 = -10{,}77\ кН$; $S_5 = 12{,}19\ кН$. Усилия в первом и во втором раскосах: $S_3 = 13{,}1\ кН$;

$S_6 = -23{,}58\ кН$.

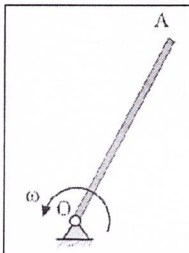


i	Ниж.пояс	Стойки	Верх.пояс	Раскосы
1	-12,6145	4,0000	-10,7703	13,1004
2	-12,6145	0,0000	12,1926	-23,5808
3	-58,3013	0,0000	12,1926	37,2957
4	-15,0000	-31,9808	46,6369	-44,1588
		25,9808		

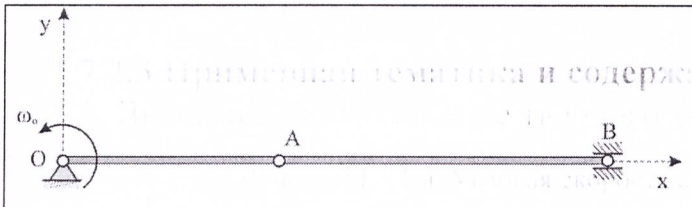
Рис. 1.7. *Результаты решения задачи*

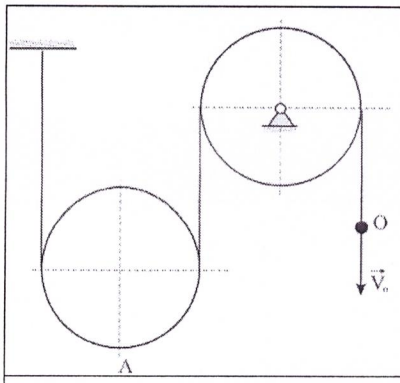
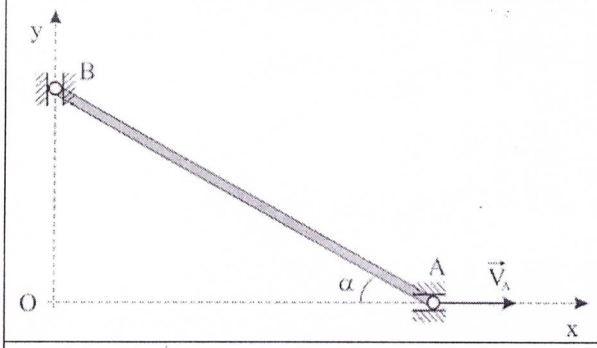
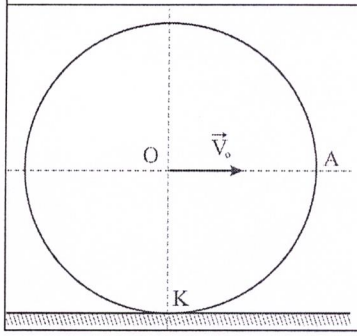
7.2.3 Примерная тематика и содержание тестовых задач в 3 семестре

1. Вращательное движение твердого тела

	Дано: $OA = 1$ м. Угловая скорость кривошипа изменяется по закону $\omega = 2\sin\frac{\pi t}{3}$ (рад/с) . Определить касательное ускорение точки A в момент времени $t_1 = 1$ с.
	Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = 5t^2 - 3t$. Определить угловую скорость тела в момент времени $t_1 = 1$ с.

2. Плоское движение твердого тела

	Кривошип длины $OA = 2$ м имеет в данный момент времени угловую скорость $\omega_o = 4$ рад/с, $AB = 6$ м. Определить скорость ползуна B.

	Подвижный блок радиуса $R = 2$ м катится по тросу без скольжения. Скорость конца троса $V_o = 4$ м/с. Определить скорость точки A.
	Ползун A в данный момент времени имеет скорость $V_A = 4$ м/с; $\alpha = 60^o$. Определить скорость ползуна B.
	Колесо радиуса $R = 2$ м катится без скольжения. Скорость центра $V_o = 4$ м/с. Определить скорость точки A.

3. Первая задача динамики (криволинейное движение точки)

Материальная точка массой m = 14 кг движется по окружности радиуса r = 7 м с постоянным касательным ускорением a_τ = 0,5 м/с^2. Определить модуль равнодействующих сил, действующих на точку, в момент времени t = 4 с, если при t_0 = 0 скорость v_0 = 0.

Внутри гладкой трубки, изогнутой по окружности радиуса r = 2 м, в горизонтальной плоскости из состояния покоя движется материальная точка массой m = 42 кг под действием силы F = 21 Н. Определить горизонтальную составляющую реакции трубки в момент времени t = 7 с, если направление силы совпадает с вектором скорости.

Материальная точка движется по криволинейной траектории под действием силы $\boldsymbol{F} = 15\boldsymbol{\tau} + 0{,}3t\mathbf{n}$. Определить массу точки, если в момент времени t = 20 с её ускорение a = 0,6 м/с^2.

4. Вторая задача динамики (прямолинейное движение точки)

Тело массой m = 200 кг из состояния покоя движется вверх по гладкой наклонной плоскости, образующей угол в 30^0 с горизонтальной поверхностью, под действием силы F = 1 кН. Определить время, за которое тело переместится на расстояние 8 м.

Материальная точка массой m = 900 кг движется по горизонтальной прямой под действием силы $F = 270t$ Н, которая направлена по той же прямой. Определить скорость точки в

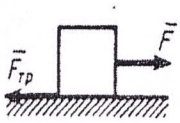
момент времени $t = 10$ с, если при $t_0 = 0$ скорость $v_0 = 10$ м/с.

5. Теорема об изменении количества движения точки

Поезд движется по горизонтальному прямому участку пути. При торможении развивается сила сопротивления, равная 0,2 веса поезда. Через какое время поезд остановится, если его начальная скорость 20 м/с.

Телу сообщили вверх по гладкой наклонной плоскости, образующей угол 30^0 с горизонтом, начальную скорость $v_0 = 4$ м/с. Определить, через какое время тело достигнет максимальной высоты подъема.

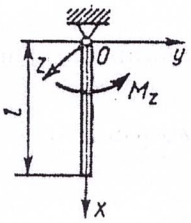
6. Теорема об изменении кинетической энергии точки



Тело массой $m = 100$ кг начинает движение из состояния покоя по горизонтальной шероховатой плоскости под действием постоянной силы $\boldsymbol{F}$. Пройдя путь, равный 5 м, скорость точки становится равной 5 м/с. Определить модуль силы F, если модуль силы трения равен 20 Н.

Тело толкнули вверх по гладкой наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^0$ с горизонтом, с начальной скоростью $v_0 = 4\sqrt{g}$ м/с. Определить расстояние, пройденное телом до остановки.

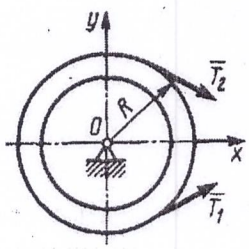
7. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела



Однородный стержень, масса которого $m = 8$ кг и длина $l = 1{,}5$ м, вращается вокруг оси Oz под действием пары сил с моментом $M_z = 12 \cdot \sin(3\pi t/4)$ Н·м. Определить угловое ускорение стержня в момент времени $t = 2/3$ с.

Маховик в момент включения тормоза имеет угловую скорость $\omega = 6$ рад/с. Тормозящий момент постоянный и равен $M_{mp} = 10$ Н·м. Момент инерции маховика относительно оси вращения равен $I_z = 35$ кг·м^2. Определить время до остановки маховика.

Определить радиус инерции шкива массой $m = 5$ кг и радиуса $r = 0{,}4$ м, если под действием сил натяжения ремня $T_1 = 2T_2 = 10$ Н он вращается с угловой скоростью $\omega = 10t$.



7.2.4 Тематика и содержание расчетно-графического задания в 3-м семестре

РГР №2. Динамика точки

Тяжелая шайба массой m, имея в точке A начальную скорость v_0, скользит по изогнутой оси и, сорвавшись с неё в точке С, находится некоторое время в свободном полете, а затем ударяется о преграду. На прямолинейном

участке пути шайба разгоняется в течение $t = t_1$ переменной силой $\vec{F}$, направленной под углом γ к перемещению. На криволинейном участке оси, изогнутой по дуге окружности радиуса $r = 4$ м (геометрический центр в точке О), действует постоянная сила сопротивления (трения) $\vec{R}$. Участки оси сопрягаются в точке В без излома, вся траектория находится в вертикальной плоскости.

В каком месте шайба ударится о преграду? (b –?)

Найти давление шайбы на криволинейный участок оси в точке С или в точке В (в зависимости от варианта рисунка).

Пример 2.

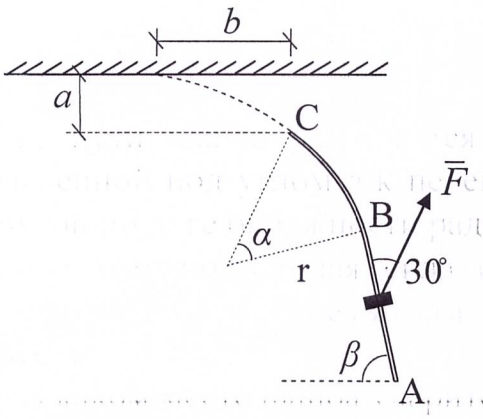


Рис. 2.1. Условие задачи

$F = 4t^3 + \sin t$ Н,
$t = 2$ с,
$m = 1{,}5$ кг,
$\alpha = 45°$,
$\beta = 75°$,
$R = 3$ Н,
$a = 2$ м,
$v_0 = 25$ м/с,
$r = 8$ м.

Найти расстояние b и давление шайбы на ось в точке С.

Решение. Для того, чтобы определить b, надо знать скорость шайбы в точке C. Для этого необходимо сначала рассмотреть движение шайбы по прямолинейному участку пути AB, а затем по криволинейному BC.

а) *Участок AB*

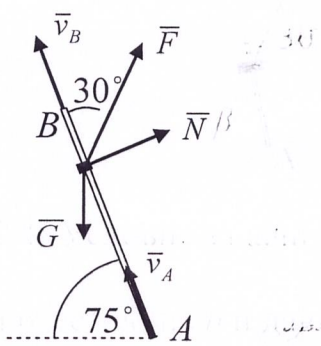


Рис.2.2. Участок AB

Изобразим действующие на шайбу силы
проекции на ось AB запишем уравнен
теоремы об изменении количес
движения ($G = mg$)

$$mv_B - mv_A = \int_0^t (F\cos 30° - mg\sin 75°)dt.$$

Отсюда найдем скорость шайбы в точке l
($v_A = v_0$):

$$v_B = v_0 + \frac{\cos 30^\circ}{m}\int_0^t (4t^3 + \sin t)dt - g\sin 75^o \int_0^t dt = v_0 + \frac{\cos 30^\circ}{m}(t^4 - \cos t)\Big|_0^2 -$$

$$- g\sin 75^\circ t\Big|_0^2 = 25 + \frac{0{,}866}{1{,}5}(16 + 0{,}416 + 1) - 9{,}81 \cdot 0{,}966 \cdot 2 = 16{,}1 \text{ м/с}.$$

б) Участок BC

Найдем работу сил, приложенных к шайбе, на участке пути *BC*. Сила тяжести совершает работу на перепаде высот между точками *C* и *B*. Так как точка перемещается вверх, то работа должна быть меньше нуля. Из чертежа ясно, что работа равна

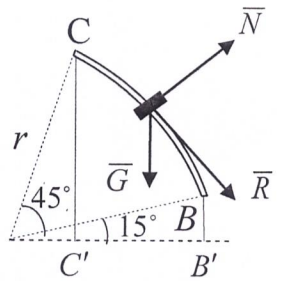


Рис. 2.3. Участок *BC*

$$A(\overline{G}) = -mg(CC' - BB') = -mg(r\sin 60^\circ - r\sin 15^\circ) = -mgr(\sin 60^\circ - \sin 15^\circ).$$

Сила трения направлена по касательной к траектории, длина пути (дуга *BC*) равна $r\alpha\pi/180$, где α – угол в градусах. Теорема об изменении кинетической энергии точки на участке *BC* примет вид

$$\frac{mv_C^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2} = A(\vec{G}) + A(\vec{R}) = -mgr(\sin 60^\circ - \sin 15^\circ) - R\frac{r\alpha\pi}{180}.$$

Отсюда найдём

$$v_C^2 = v_B^2 - 2gr(\sin 60^\circ - \sin 15^\circ) - R\frac{r\alpha\pi}{90m} =$$

$$= 16{,}1^2 - 2 \cdot 9{,}81 \cdot 8 \cdot (0{,}866 - 0{,}259) - 3\frac{8 \cdot 45 \cdot \pi}{90 \cdot 1{,}5} = 138{,}77 \text{ м/с}.$$

$$v_C = 11{,}78 \text{ м/с}.$$

в) *Участок свободного полета*

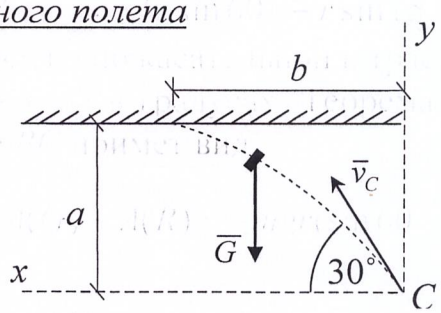


Рис. 2.4. Участок свободного полёта

Составим уравнение движения тела, брошенного под углом $\beta - \alpha = 30^\circ$ к горизонту с начальной скоростью v_C. Начало координат поместим в точке *C*. Время *t* будем отсчитывать от нуля. На шайбу действует только одна сила – вертикальная сила тяжести $G = mg$:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = 0; \quad m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -mg, \text{ или } \ddot{x} = 0; \ \ddot{y} = -g.$$

Проинтегрируем эти уравнения дважды при начальных условиях

$$t = 0 : x = 0, \quad y = 0, \quad \dot{x} = v_C \cos 30^\circ, \quad \dot{y} = v_C \sin 30^\circ.$$

$$\ddot{x} = \frac{dv_x}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad v_x = C_1 = const;$$

$$v_x(0) = \dot{x}(0) = v_C \cos 30^o \quad \Rightarrow \quad C_1 = v_C \cos 30^o;$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_C \cos 30^o; \quad dx = v_C \cos 30^o dt; \quad \int dx = v_C \cos 30^o \int dt;$$

$$x = v_C \cos 30^o t + C_2; \quad x(0) = 0 \quad \Rightarrow \quad C_2 = 0.$$

Окончательно $x = v_C \cos 30^o t$.

$$\ddot{y} = \frac{dv_y}{dt} = -g, \quad dv_y = -gdt, \quad \int dv_y = -g \int dt, \quad v_y = -gt + C_3;$$

$$v_y(0) = \dot{y}(0) = v_C \sin 30^o \quad \Rightarrow \quad C_3 = v_C \sin 30^o;$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = -gt + v_C \sin 30^o; dy = -gtdt + v_C \sin 30^o dt; \int dy = -g \int tdt + v_C \sin 30^o \int dt;$$

$$y = -gt^2/2 + v_C \sin 30^o t + C_4; \quad y(0) = 0 \quad \Rightarrow \quad C_4 = 0.$$

Окончательно $y = -gt^2/2 + v_C \sin 30^o t$.

В некоторый момент t_* шайба ударится о преграду на высоте $y = a$. Найдем t_*, решив квадратное уравнение $a = v_C \sin 30^\circ t_* - gt_*^2/2$:

$$t_{*1,2} = \frac{0{,}5v_C \pm \sqrt{0{,}25v_C^2 - 2ga}}{g} = \frac{11{,}78 \cdot 0{,}5 \pm \sqrt{34{,}69 - 2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5}}{9{,}81} = \frac{5{,}89 \pm 2{,}29}{9{,}81}.$$

$$t_{*1} = 0{,}367 \text{ с}, \; t_{*2} = 0{,}834 \text{ с}.$$

Из двух решений берем меньшее – момент первого пересечения траектории с поверхностью преграды. При $t_* = 0{,}367$ имеем

$$b = x(t_*) = v_C \cos 30^\circ \cdot 0{,}367 = 11{,}78 \cdot 0{,}866 \cdot 0{,}367 = 3.74 \text{ м}.$$

Найдем давление шайбы на ось в точке C, применив принцип Даламбера. Изобразим действующие на шайбу силы и добавим силу инерции в проекциях на касательную и главную нормаль (рис. 2.5).

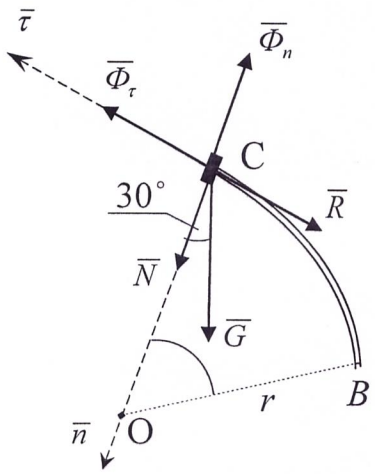


Рис. 2.5. Силы, действующие на шайбу в точке C

Спроецируем силы на ось главной нормали к траектории движения $\bar{n}$, направленную от C к O. Согласно принципу Даламбера, сумма проекций должна быть равна нулю:

$$N + G\cos 30^\circ - \Phi_n = 0;$$

$$N = \Phi_n - G\cos 30^\circ.$$

$$\Phi_n = \frac{mv_C^2}{r} = \frac{1{,}5 \cdot 138{,}77}{8} = 26{,}02 \text{ Н}$$

$$N = 26{,}02 - 1{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}866 = 13{,}28 \text{ Н}$$

N – это реакция опоры, следовательно, сила давления шайбы на ось равна 13,28 Н и направлена вверх.

Ответ: b = 4,74 м, N = 13,28 Н.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основные понятия статики.
2. Аксиомы статики.
3. Связи и их реакции. Принцип освобождаемости от связей.
4. Проекция силы на ось.
5. Сложение сил.
6. Равновесие системы сходящихся сил.
7. Теорема о трёх силах.
8. Плоская система сил. Алгебраические моменты силы и пары.
9. Распределённая нагрузка.
10. Уравнения равновесия плоской системы сил (3 формы).
11. Трение скольжения.
12. Трение качения.
13. Равновесие составных конструкций.
14. Плоские фермы. Леммы о нулевых стержнях.
15. Расчёт плоских ферм (метод вырезания узлов и метод сечений).
16. Момент силы относительно центра (как вектор) и относительно оси.
17. Момент пары (как вектор). Теорема о сложении пар. Теорема об эквивалентности пар, вытекающие свойства пары.
18. Теорема Пуансо о параллельном переносе силы.
19. Теорема о приведении системы сил к центру.
20. Условия равновесия системы сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей относительно центра и оси.
21. Аналитические формулы для момента силы относительно осей.
22. Вычисление главного вектора и главного момента пространственной системы сил.
23. Уравнения равновесия пространственной системы сил. Случай параллельных сил.
24. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

25. Центр тяжести твёрдого тела. Координаты центра тяжести для объёмных тел.
26. Координаты центра тяжести линии. Центр тяжести дуги окружности.
27. Координаты центра тяжести плоской фигуры. Центр тяжести треугольника, сектора круга.
28. Методы нахождения центра тяжести твёрдых тел. Статический момент площади плоской фигуры.

7.2.6 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Способы задания движения точки.
2. Скорость и ускорение точки при векторном и координатном способах задания её движения.
3. Скорость и ускорение точки при естественном способе задания её движения.
4. Частные случаи движения точки.
5. Поступательное движение твёрдого тела, его свойства.
6. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
7. Частные случаи вращения твёрдого тела.
8. Скорости и ускорения точек вращающегося твёрдого тела.
9. Передаточные механизмы.
10. Плоскопараллельное движение твёрдого тела.
11. Теорема о сложении скоростей при плоском движении твёрдого тела.
12. Следствие (теорема о проекции скоростей двух точек твёрдого тела).
13. Мгновенный центр скоростей, его существование и единственность. Частные случаи определения МЦС.
14. Теорема о сложении ускорений при плоском движении твёрдого тела.
15. Законы динамики. Системы единиц.
16. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки. Две задачи динамики.
17. Количество движения точки. Импульс силы. Теорема об изменении количества движения точки.
18. Работа силы. Мощность. Работа силы тяжести, трения, упругости.
19. Кинетическая энергия точки. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
20. Система материальных точек (определение, классификация сил, масса, центр масс). Дифференциальные уравнения движения механической системы.
21. Теорема о движении центра масс. Следствия.
22. Количество движения механической системы. Теорема об изменении количества движения механической системы. Следствия.
23. Моменты инерции твёрдого тела. Примеры.
24. Теорема о моменте инерции твёрдого тела относительно параллельных осей.
25. Дифференциальное уравнение вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Работа вращающего момента. Сопротивление при

вращении.

26. Кинетическая энергия механической системы. Кинетическая энергия тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях тела. Теорема об изменении кинетической энергии системы.
27. Принцип Даламбера для точки и механической системы. Главный вектор и главный момент сил инерции.
28. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.

7.2.7 Методика выставления оценки при проведении итоговой аттестации

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на выполнение заданий в экзаменационном билете. Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 7 задач по темам, которые обучаемые отчитывали в течение семестра в виде самостоятельного решения тестовых задач в аудитории, и 2 теоретических вопроса. Каждая задача и теоретический вопрос оценивается 1 баллом.

1. Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 5 баллов.
2. Оценка «удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 5-6 баллов.
3. Оценка «хорошо» ставится в случае, если студент набрал 7-8 баллов.
4. Оценка «отлично» ставится в случае, если студент набрал 9 баллов.

7.2.8 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия, определения и теоремы статики.	ОК-11	Тест, контрольная работа, защита РГР
2	Система сил, расположенных в одной плоскости.	ОК-11	Тест, контрольная работа, защита РГР
3	Произвольная система сил. Центр тяжести твердых тел.	ОК-11	Тест, контрольная работа, защита РГР
4	Кинематика точки.	ОК-11	Тест, контрольная работа, защита РГР
5	Динамика точки.	ОК-11	Тест, контрольная работа, защита РГР
6	Общие теоремы динамики механической системы. Динамика твердого тела.	ОК-11	Тест, контрольная работа, защита РГР

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Решение тестовых задач проводится в аудитории на практических занятиях в рамках самостоятельной работы под контролем преподавателя в виде решения индивидуальных тестовых задач по пройденным темам разделов теоретической механики (статика, кинематика, динамика). На решение задачи отводится 15 – 20 минут, при верном ответе студенту выставляется «зачет» по данной теме.

Решение расчетно-графических заданий выполняется студентами самостоятельно по индивидуальным вариантам, выдаваемым преподавателем. При сдаче РГР обучающийся «защищает» работу, решая в присутствии преподавателя короткие тестовые задачи и отвечая на теоретические вопросы по данной теме.

Зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости, выполнения тестовых заданий и сдачи РГР и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика: учебник / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – 16-е изд., стер. – М.: Кнорус, 2011. – 603 с.

2. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике: учеб. пособие для вузов: рек. УМО / И.В. Мещерский; под ред. В.В. Пальмова, Д.Д. Меркина. – 50-е изд., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2010. – 448 с.

3. Теоретическая механика. Расчетно-графические задания: учебно-методическое пособие для студентов очной и заочной форм обучения / сост.: В. А. Козлов, В. В. Волков, В. Н. Горячев, М. Г. Ордян, под общей ред. В.А. Козлова; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – 106 с.

4. Сборник коротких задач по теоретической механике: учеб. пособие для вузов: рек. УМО / под ред. О.Э. Кепе. – 3-е изд., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2009. – 368 с.

5. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб.: рек. МО РФ / С.М. Тарг. – 17-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2007. – 415 с.

6. Бать М.И. и др. Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 1. Статика и кинематика: учеб. пособие / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. – 11-е изд., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2010. – 667 с.

7. Бать М.И. и др. Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 2. Динамика: учеб. пособие. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. – 9-е изд., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2010. – 638 с.

8. Козинцева С.В. Теоретическая механика [Электронный ресурс]: учеб.

пособие / С.В. Козинцева, М.Н. Сусин. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012. – 152 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/728. – ЭБС «IPRbooks».

9. Щербакова Ю.В. Теоретическая механика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.В. Щербакова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 159 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/6345. – ЭБС «IPRbooks».

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Перечень лицензионного программного обеспечения: Internet Explorer, Microsoft Word, для работы с электронными учебниками требуется наличие таких программных средств, как Adobe Reader для Windows и DjVuBrowserPlugin..

Для работы в сети рекомендуется использовать сайты (базы данных, информационно-справочные и поисковые системы):

1) http://elibrary.ru
2) http://www.knigafund.ru
3) http://www.fepo.ru
4) http://encycl.yandex.ru (энциклопедии и словари).

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения ряда лекционных занятий по дисциплине необходимы аудитории, оснащенные презентационным оборудованием (компьютер с ОС Windows и программой PowerPoint или Adobe Reader, мультимедийный проектор и экран).

Для обеспечения практических занятий требуется обычная аудитория вместимостью на 1 ученическую группу с доской.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теоретическая механика» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета устойчивости систем и сооружений в условиях статического и динамического условий эксплуатации. Занятия проводятся путем решения

конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.