

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ивановский государственный энергетический университет имени
В. И. Ленина»

Кафедра теоретической и прикладной механики

Методические указания
для выполнения лабораторных работ
по курсу «Теоретическая механика»

Иваново 2004

Составитель М.А. НОЗДРИН
Редактор В.И. ШАПИН

Методические указания предназначены для студентов специальности 0105 «Механика», а также как дополнительная литература для других технических специальностей.

Утверждены цикловой методической комиссией электромеханического факультета

Рецензент

кафедра теоретической и прикладной механики Ивановского государственного энергетического университета

Введение

Теоретическая механика является одной из важнейших фундаментальных общенаучных дисциплин. Она играет существенную роль в подготовке инженеров любых специальностей. На результатах теоретической механики базируются общинженерные дисциплины: сопротивление материалов, детали машин, теория механизмов и машин и другие.

Основной задачей теоретической механики является изучение движения материальных тел под действием сил. Важной частной задачей представляется изучение равновесия тел под действием сил. Эти вопросы изучаются в разделе «Статика». Данный сборник является первой частью разрабатываемых методических указаний к лабораторным работам по теоретической механике и содержит описание работ по статике.

Лабораторная работа №1

Изучение системы плоских сходящихся сил

Цели работы

1. Изучение систем плоских сходящихся сил.
2. Аналитический расчет равновесия заданной системы сил.
3. Экспериментальное исследование равновесия системы сходящихся сил.
4. Сопоставление данных аналитического расчета и экспериментальных измерений.

Теоретическая часть

Твердое тело, на которое действуют взаимно уравновешивающие силы, находится в покое. Для равновесия приложенных к твердому телу системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы равнодействующая этих сил была равна нулю. Условия, которым при этом должны удовлетворять сами силы, можно выразить в геометрической или аналитической форме.

Так как равнодействующая сходящихся сил определяется как сторона силового многоугольника, построенного из этих сил, то равнодействующая может обратиться в ноль тогда и только тогда, когда конец последней силы в многоугольнике совпадает с началом первой, т.е. когда многоугольник замкнется.

Аналитически равнодействующая системы плоских сходящихся сил определяется формулой

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2,$$

где R_x , R_y — проекции R на оси x и y .

Так как в подкоренном выражении стоит сумма положительных слагаемых, то $R = 0$ тогда, когда $R_x = 0$, $R_y = 0$, т.е. когда действующие на тело силы будут удовлетворять равенствам: $\sum F_{R_x} = 0$, $\sum F_{R_y} = 0$.

Таким образом, если все действующие на тело сходящиеся силы лежат в одной плоскости, то они образуют плоскую систему сходящихся сил. Для равновесия плоских сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций этих сил на каждую координатную ось равны нулю.

Устройство и принцип работы установки

Установка (рис.1) выполнена в настольном исполнении и состоит из 2-х оснований **1** с рамой, собранной из стальных цилиндрических стержней **2** и втулок **3** на раме, закрепленных подвижными блоками с роликами **4**.

В центральной части установки крепится устройство визуального контроля **5**, представляющее собой чашку с неподвижным транспортиром и подвижным диском пружинах, в центре которого установлен палец для крепления капроновых тросиков.

К тросикам привязываются подвесы **6** с тарированными грузами.

Ход работы

1. Провести геометрическое и аналитическое решение, и полученные результаты записать в таблицу (табл. 1).

2. Произвести юстировку устройства визуального контроля до совпадения рисок на подвижном диске с рисками транспорта средством натяжения пружин регулировочными гайками.

3. Надеть на палец визуального контроля петли с капроновыми тросиками и привязанными подвесами.

4. Установить подвижные блоки в выбранные положения и перебросить ролики блоков тросики с подвесами.

5. Нагрузить подвесы заданными наборами гирь (не более 10 Н) и определить углы наклона натянутых тросиков к осям X и Y .

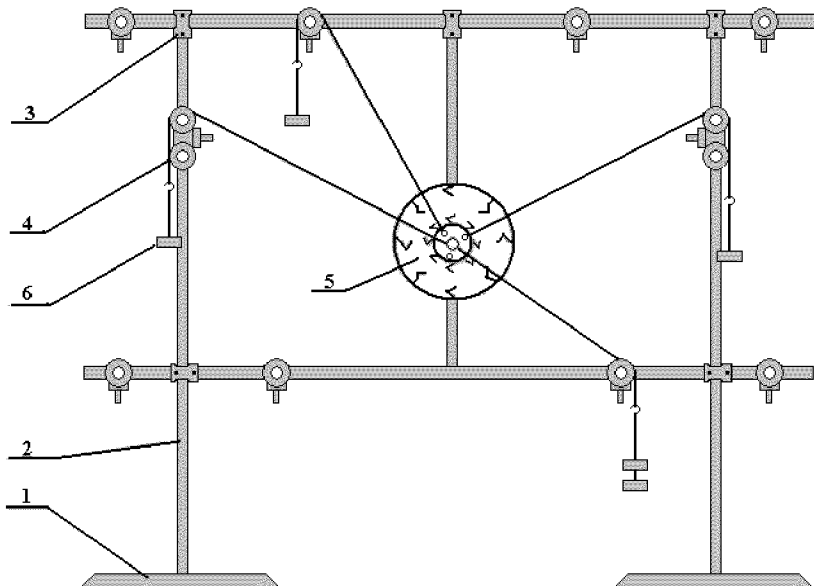


Рис.1. Установка ТМт-01: 1 – основание, 2 – металлические стержни, 3 – втулки, 4 – подвижный блок с роликами, 5 – устройство визуального контроля, 6 – подвес с тарированным грузом

6. Проверить, уравновешена ли система сил, приложенная к подвижному диску. Если нет, то смещение пальца на подвижном диске совпадает с направлением равнодействующей данной системы сил.

7. Установить один из капроновых тросиков в направлении, обратном смещению пальца неподвижного диска, и нагружать прикрепленный к нему подвес до тех пор, пока риска подвижного диска не совпадет с рисками шкалы транспортира. Сумма весов груза на этом подвесе будет равна модулю уравновешивающей силы.

8. Результаты, полученные аналитическим и экспериментальным путями, занести в таблицу (табл. 1). Расхождение теоретических результатов с экспериментальными объясняется тем, что в расчетах не учитывается влияние веса тросиков и трение в осях блоков.

Таблица 1

	Геометрическое решение	Аналитическое решение	Экспериментальное решение
F_7 (Н)			
A , (град)			

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия приложенных к твердому телу сходящихся сил.
2. Запишите геометрические условия равновесия.
3. Запишите аналитические условия равновесия.
4. Что такое плоская система сходящихся сил?
5. Чем объяснить расхождение результатов, полученных экспериментальным и аналитическим путем?

Пример выполнения задания

Найдем проекции сил на ось X:

$$F_7 \cos A - F_1 \cos 20^\circ - F_4 \cos 30^\circ + F_{11} \cos 60^\circ = 0;$$

$$F_7 \cos A = F_1 \cos 20^\circ + F_4 \cos 30^\circ - F_{11} \cos 60^\circ;$$

$$F_7 \cos A = 3 \cos 20^\circ + 2 \cos 30^\circ - 5 \cos 60^\circ;$$

$$F_7 \cos A = 2,05; \quad F_7 = 2,05 / \cos A.$$

Найдем проекции сил на ось Y:

$$F_7 \sin A - F_8 \sin 20^\circ + F_4 \sin 30^\circ - F_{11} \sin 60^\circ = 0;$$

$$F_7 \sin A = F_8 \sin 20^\circ - F_4 \sin 30^\circ + F_{11} \sin 60^\circ;$$

$$F_7 \sin A = 3 \sin 20^\circ - 2 \sin 30^\circ + 5 \sin 60^\circ;$$

$$F_7 \sin A = 4,5; \quad F_7 = 4,5 / \sin A.$$

Приравняем выражения сил:

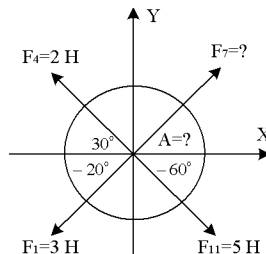
$$2,05 / \cos A = 4,5 / \sin A.$$

Разделив обе части уравнения на $\cos A$, получим:

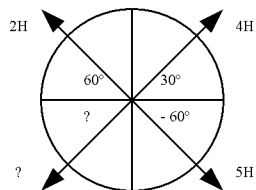
$$\operatorname{tg} A = 2,1; \quad A = 65^\circ.$$

Подставив A в выражение $F_7 = 2,05 / \cos A$, получим

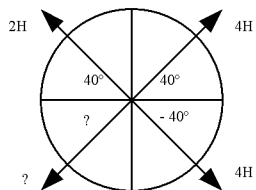
$$F_7 = 5 \text{ (Н)}.$$



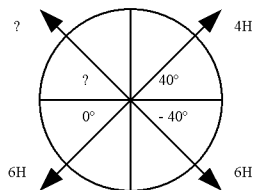
Варианты задания



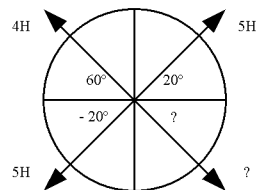
1)



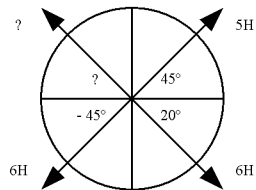
2)



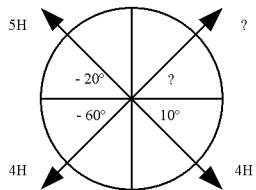
3)



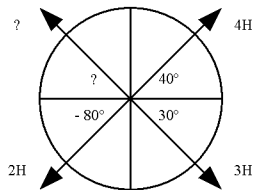
4)



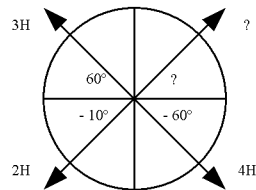
5)



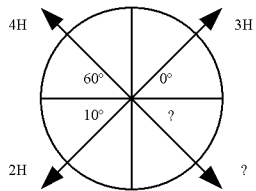
6)



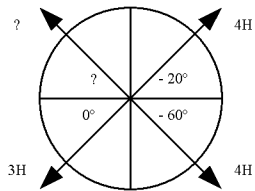
7)



8)



9)



10)

Лабораторная работа №2

Изучение плоской системы произвольно расположенных сил

Цель работы

Изучение плоской системы произвольно расположенных сил.

Теоретическая часть

Основная теорема статики: любую систему сил, действующих на твердое тело, можно привести к силе, равной главному вектору системы сил, и паре сил, векторный момент которой равен главному моменту системы сил относительно точки, выбранной за центр приведения.

Плоской системой сил, приложенной к твердому телу, называют такую систему сил, линии, действия которых лежат в одной плоскости. Основная теорема статики справедлива для плоской системы сил, действующих на твердое тело: любую плоскую систему сил можно в общем случае привести к силе и паре сил. Для плоской системы сил главный вектор R лежит в плоскости действия сил, если за центр приведения выбрать точку в плоскости действия сил. Главным алгебраическим моментом плоской системы сил относительно центра приведения, лежащего на плоскости действия сил, называют сумму алгебраических моментов этих сил относительно центра приведения.

Как уже известно, любую плоскую систему сил (F_1, F_2, \dots, F_n), действующих на твердое тело, можно заменить одной силой, равной главному вектору R , и одной парой сил с алгебраическим моментом, равным главному моменту L_0 . Очевидно, что для равновесия плоской системы сил, действующих на твердое тело, необходимо и достаточно, чтобы главный вектор и момент этой системы равнялись нулю, т. е.

$$R^2 = (\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2, L_0 = \sum M_0(F) = 0,$$

где за центр приведения можно взять любую точку в плоскости сил. Из этих условий можно получить условия равновесия плоской системы сил в так называемой аналитической форме:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M_0(F) = 0.$$

Эти условия можно сформулировать следующим образом: для равновесия плоской системы сил, действующих на твердое тело, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций сил на каждую из двух взаимно перпендикулярных осей координат, лежащих в плоско-

сти действия сил, равнялись нулю и сумма алгебраических моментов этих сил относительно любой точки, лежащей в плоскости действия сил, также равнялась нулю.

Назначение

Установка для изучения плоской системы произвольно расположенных сил ТМг02 применяется для проведения лабораторных работ при изучении раздела «Теоретическая механика» курса теоретической механики в высших учебных заведениях немашиностроительного профиля.

Устройство и принцип работы

Установка (см. рис.2) выполнена в настольном исполнении и состоит из 2-х оснований 1 с рамой, собранной из стальных цилиндрических стержней 2 с помощью втулок 3. На раме закреплены шесть подвижных блоков с роликами 4. В центральной части установки закреплена шкала 5 и подвижный диск 6 с отверстиями для штырей с капроновыми тросиками. К тросикам привязываются подвесы 7 с тарированными грузами и перекидываются через ролики.

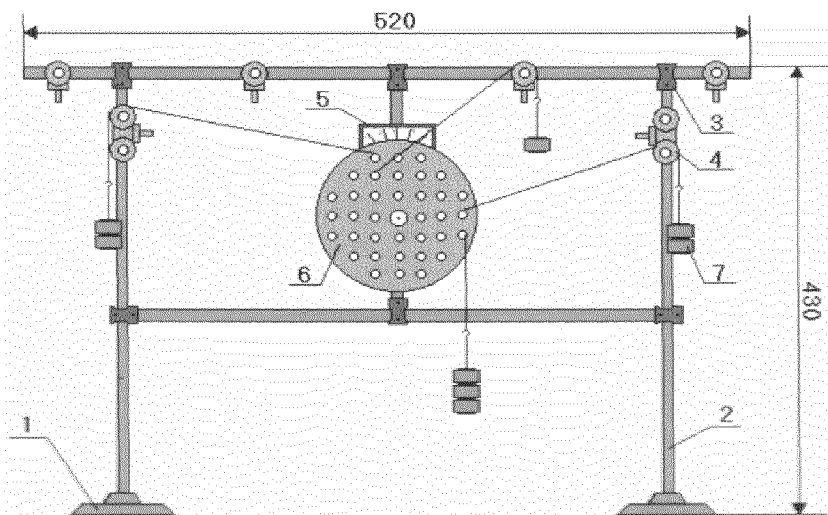


Рис.2. Установка ТМг-02: 1 - основание, 2 - цилиндрические стержни, 3 - втулка, 4 - блок с роликами, 5 - шкала, 6 - подвижный диск, 7 - подвес с тарированным грузом

Работа установки основана на принципе определения величины и направления равнодействующей силы посредством уравновешивающей силы. Установка позволяет произвести экспериментальное подтверждение правила сложения плоской системы произвольно расположенных сил. Заданные силы должны быть кратными 1Н и не превышать 10Н.

Задание № 1

Определить величину и направление момента, уравновешивающего сумму моментов сил, действующих на твердое тело, имеющего неподвижную ось вращения.

Ход работы Теоретическая часть

1. С помощью выражения $F_1 + F_2 + F_3 + F_X = 0$ определить величину и направление момента F_X через F_1, F_2, F_3 (заданные величины).
2. Занести заданные и полученные величины в таблицу (табл. 2).

Таблица 2

N ^o 1 варианта	F ₁ (Н)	L ₁ ⁰	F ₂ (Н)	L ₂ ⁰	F ₃ (Н)	L ₃ ⁰	F _X (Н)	L _X ⁰

Экспериментальная часть

1. Разместить установку на ровной горизонтальной поверхности.
2. Произвести совмещение рисок подвижного диска и неподвижной шкалы.
3. К диску, удерживаемому рукой от вращения, прилагают силы F_1, F_2, F_3 с помощью тросиков, на которые подвешиваются грузы, соответствующие величине силы. При этом необходимо соблюдать величину углов, под которыми действуют силы.
4. Затем к диску крепят еще один тросик и нагружают его силой. Величина силы и угол, под которым он крепится, берутся из произведенных ранее расчетов, то есть натяжение этого тросика оказыва-

ется равным по величине и противоположно направленным по отношению к результирующему моменту сил, первоначально приложенных к диску.

5. Отпустив руку, диск должен находиться в состоянии равновесия, то есть риски диска и шкалы должны находиться в совмещенном положении.

6. Если это условие выполняется, то расчет, проведенный в практической части, оказался верным.

Задание № 2

Демонстрация закона: момент сил, образующих пару относительно оси, равен моменту пары сил, независимо от расположения этой пары в плоскости действия, перпендикулярно оси.

Экспериментальная часть

1. Произведите совмещение рисок подвижного диска и неподвижной шкалы.

2. К диску прилагается пара сил с помощью двух параллельно расположенных и противоположно направленных тросиков, натягиваемых одинаковыми грузами (линии действия не проходят через ось диска).

3. Путем подбора момент данной пары уравнивается моментом, который создается грузом, подвешенным на конце третьего троса.

4. Система находится в положении равновесия.

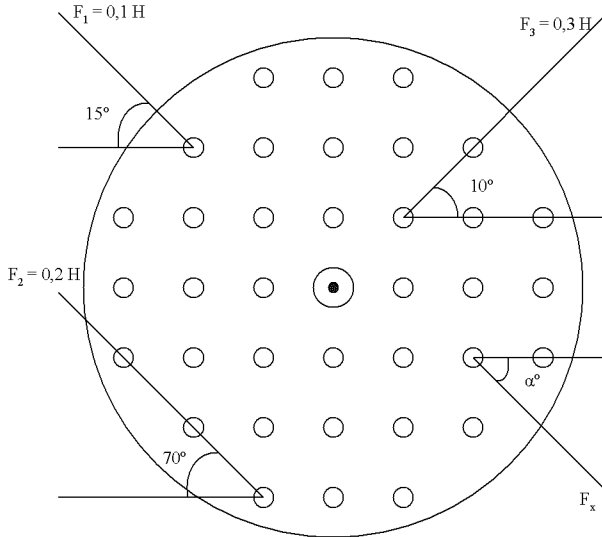
5. Штырьки первых двух тросиков переставляются в другие отверстия таким образом, чтобы расстояние между линиями действия этих двух сил не изменилась.

6. Диск при этом остается в равновесии.

Контрольные вопросы

1. Что называется главным алгебраическим моментом?
2. Запишите условия равновесия плоской системы сил.
3. Чему равен главный вектор R ?
4. Что называется плоской системой сил?

Пример выполнения задания



Уравнение равновесия:

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_x = 0.$$

Проекция на OX:

$$-F_1 \cos 15^\circ - F_2 \cos 70^\circ + F_3 \cos 10^\circ + F_x \cos \alpha = 0;$$

$$F_x \cos \alpha = 0,0966 + 0,0684 - 0,2954 = -0,1304.$$

Проекция на OY:

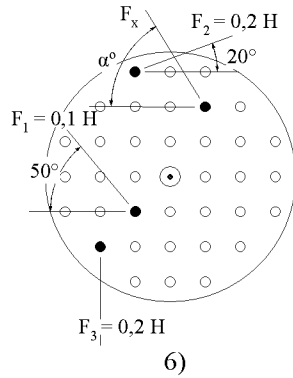
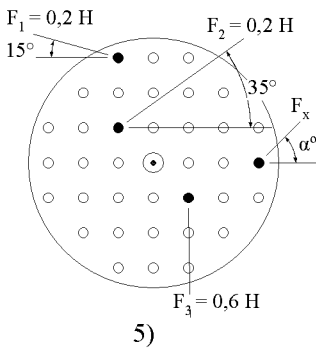
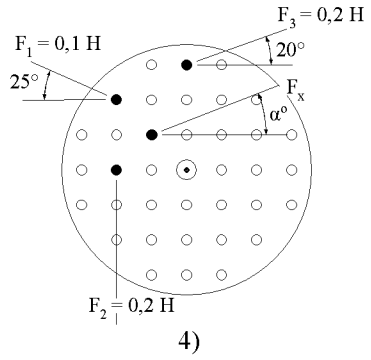
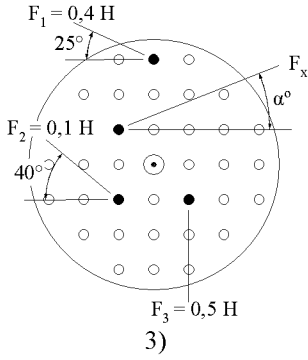
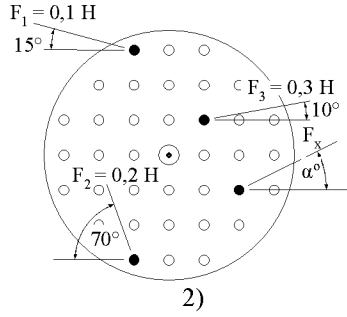
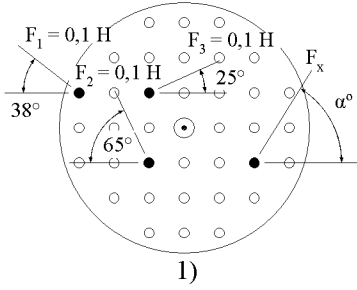
$$F_1 \sin 15^\circ + F_2 \sin 70^\circ + F_3 \sin 10^\circ + F_x \sin \alpha = 0;$$

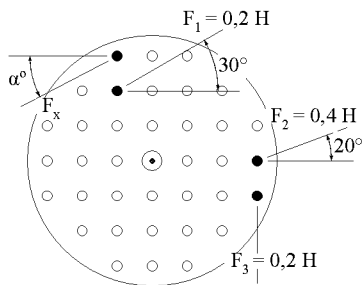
$$F_x \sin \alpha = -0,0259 - 0,1879 - 0,0521 = -0,2659;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 2,039;$$

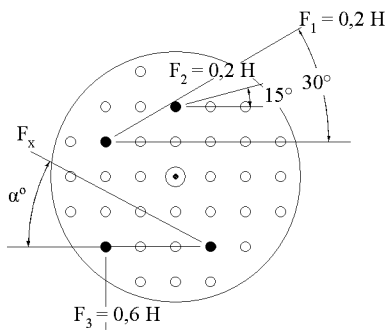
$$\alpha = 63,9^\circ.$$

Варианты задания

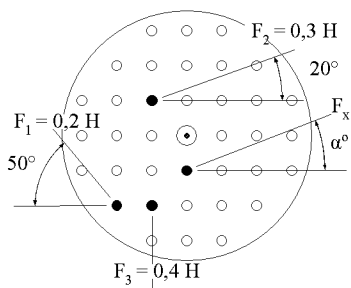




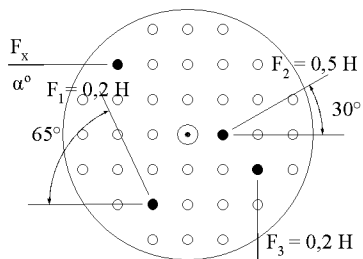
7)



8)



9)



10)

Лабораторная работа №3

Определение опорных реакций балок

Цель работы

Исследование балки, находящейся на двух опорах, одна из которых (левая на рис. 3) шарнирно-неподвижная, а другая (правая на рис. 3) шарнирно-подвижная. Приобретение навыков в практическом определении реакций. Расчет и построение эпюр.

Теоретическая часть

Основной моделью, с которой приходится иметь дело при расчете элементов инженерных конструкций, является брус. В данной работе используются следующие виды нагрузок: Распределенная нагрузка, сосредоточенная сила и сосредоточенный момент, задаваемый парой сил.

Распределенную нагрузку при расчете стержней обычно характеризуют интенсивностью q по длине бруса: $Q=q \cdot l$, где l – длина участка, на который действует распределенная нагрузка.

Для равновесия плоской произвольной системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на каждую из двух (не параллельных) координатных осей равнялась нулю и сумма их моментов относительно любого центра, лежащего в плоскости действия сил, равнялась нулю.

$$\begin{aligned}\sum X_i &= 0; \\ \sum Y_i &= 0; \\ \sum M_0 (P_i) &= 0.\end{aligned}$$

При решении задач для двухопорных балок удобно применять другие уравнения:

$$\begin{aligned}\sum X_i &= 0; \\ \sum M_A (P_i) &= 0; \\ \sum M_B (P_i) &= 0.\end{aligned}$$

Для расчета внутренних усилий используется метод сечений.

Устройство и принцип работы

Установка (рис.3) и состоит из основания 1 с двумя опорными стойками 2, на которых установлена стальная балка 3 трубчатого сечения или зажатая на левой опоре консольная балка. Закрепленные на

пружинящих корпусах 4 головки измерительные 5 позволяют определить модули и направление горизонтальных и вертикальных составляющих опорных реакций с погрешностью не более 5%.

Равномерно распределенная нагрузка на балке создается посредством набора стальных брусьев 10, свободно устанавливаемых сверху. Нагружение балки сосредоточенными силами осуществляется с помощью грузов 6 и 8, подвешиваемых на гибких тросах, их концы прикреплены к подвижным блокам 9, которые можно передвигать вдоль балки. Один из тросов (на котором подвешивается груз 8) может отклоняться от вертикали роликом 11, установленным на конце штанги штатива 12, закрепленного на основании 1. Штанга с роликом может перемещаться по вертикали по вертикали и фиксируется винтом.

Для приложения к балке пары сил служит поперечина 7, на концах которой также установлены ролики, охватываемые тросом 13. Один конец этого троса крепится к штативу 12, а к другому концу подвешивается груз 14, сила тяжести которого равна каждой из двух сил пары.

Одно деление измерительной головки эквивалентно силе, равной 1,2 Н.

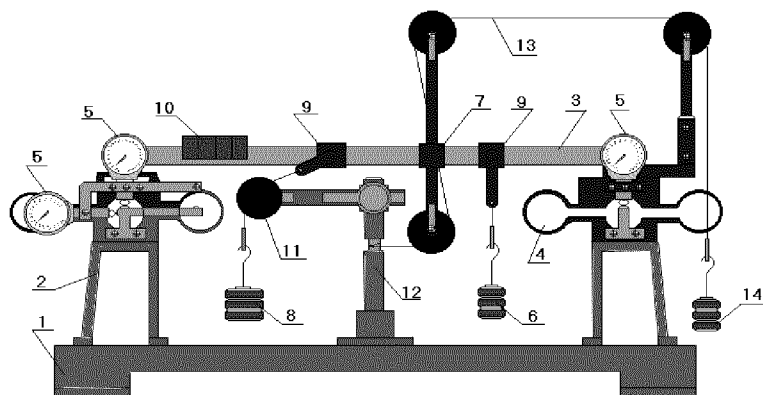


Рис.3. Установка ТМт – 03: 1 – основание (станина), 2 – опорные стойки, 3 – стальная балка, 4 – пружинящие опоры, 5 – измерительные головки, 6 – груз сосредоточенной силы, 7 – поперечина, 8 – груз сосредоточенной силы, 9 – подвижный блок, 10 – набор стальных брусьев, 11 – ролик, 12 – штанга штатива, 13 – трос, 14 – груз момента

Ход работы

1. Освободите балку от каких-либо нагрузок (снимите все нагрузки).
2. Выставьте приборы на «0», если это необходимо.
3. Внимательно изучите задание и конструкцию установки.
4. Нагрузите балку так, как требует задание вашего варианта, и данные измерения занесите в таблицу (табл. 3).
5. Запишите показания приборов, обратите внимание на градуировку шкал. 1 дел = 1,2 Н.
6. Произведите теоретический расчет R_{ax} , R_{ay} , R_{by} и постройте эпюры.
7. Сравните результаты, полученные в эксперименте с результатами расчета, определите погрешность.

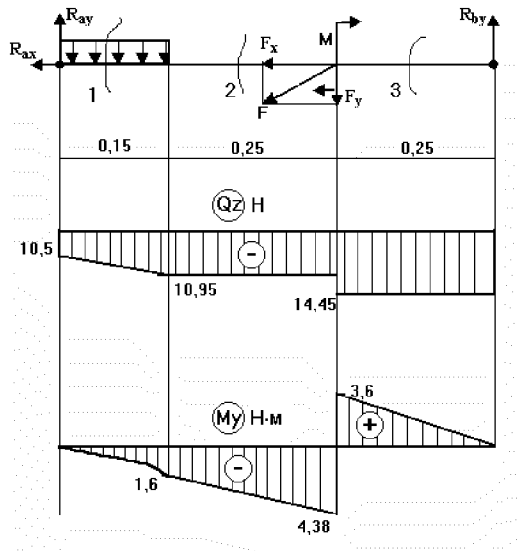
Таблица 3

	Расчетные данные (Н)	Экспериментальные данные (Н)	Погрешность (%) ($R_{\text{эксп}} - R_{\text{теор}}$)/ $R_{\text{эксп}} \cdot 100\%$
R_{ax}			
R_{ay}			
R_{by}			

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия приложенных к твердому телу сходящихся сил.
2. Запишите геометрические условия равновесия.
3. Запишите аналитические условия равновесия.
4. Понятие плоской системы сходящихся сил.
5. Чем объяснить расхождение результатов, полученных экспериментальным и аналитическим путем?

Пример выполнения задания



$$F = 5 \text{ H}; q = 3 \text{ H/M};$$

$$M = 8 \text{ H}\cdot\text{M};$$

$$F_x = F \cos 45^\circ;$$

$$F_y = F \sin 45^\circ;$$

$$Q = 0,15q.$$

Определений реакций.

$$1) \sum F_{kx} = 0;$$

$$2) \sum m_a(F_k) = 0;$$

$$-R_{ax} - F_x = 0;$$

$$-Q \cdot 0,15/2 - F_y \cdot 0,4 - M + R_{by} \cdot 0,65 = 0;$$

$$R_{ax} = -F_x; R_{ax} = -5 \frac{\sqrt{2}}{2} = -3,5 \text{ (H)};$$

$$R_{by} = \frac{3 \cdot 0,15 \cdot 0,075 + 5 \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,4 + 8}{0,65} = 14,45 \text{ (H)};$$

$$3) \sum m_b(F_k) = 0;$$

$$4) \sum F_{ky} = 0;$$

$$-R_{ay} \cdot 0,65 - M + q \cdot 0,585 + F_y \cdot 0,25 = 0;$$

$$R_{ay} - Q - F_y + R_{by} = 0;$$

$$R_{ay} = \frac{3 \cdot 0,585 \cdot 0,15 + 5 \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,25 + 8}{0,65} = -10,5(H);$$

$$-10,5 - 0,45 - 5 \frac{\sqrt{2}}{2} + 14,45 = 0 ;$$

$$0 = 0.$$

Сечение 1 – 1

$$Q_z = R_{ay} - qx;$$

$$x = 0; Q_z = R_{ay} - 0,15 q = -10,5;$$

$$x = 0,15; Q_z = R_{ay} - 0,15 q = -10,05;$$

$$M_y = R_{ay} \cdot x - q \cdot x^2 / 2;$$

$$x = 0; M_y = 0;$$

$$x = 0,15; M_y = 0,15 R_{ay} - q \cdot 0,15^2 / 2 = 1,65.$$

Сечение 2 – 2

$$Q_z = -R_{by} = -14,45;$$

$$M_y = R_{by} \cdot x;$$

$$x = 0; M_y = 0;$$

$$x = 0,25; M_y = 0,25 R_{by} = 3,6;$$

Сечение 3 – 3

$$Q_z = -R_{by} + F_y = -10,95;$$

$$M_y = R_{by} \cdot x - F_y(x - 0,25) - M;$$

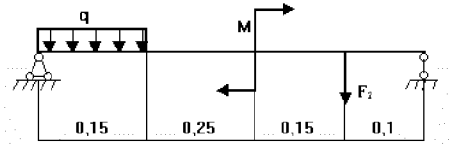
$$x = 0,25; M_y = 0,25 R_{by} - M = -4,38;$$

$$x = 0,5; M_y = 0,5 R_{by} - F_y(0,5 - 0,25) - M = -1,6.$$

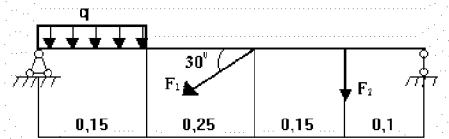
Варианты задания

Варианты нагружения для всех вариантов: $F_1 = 4 \text{ Н}$; $F_2 = 6 \text{ Н}$;
 $q = 3,75 \text{ Н/м}$; $M = 5 \text{ Н·м}$.

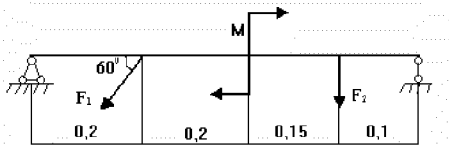
1



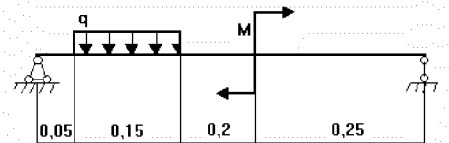
2



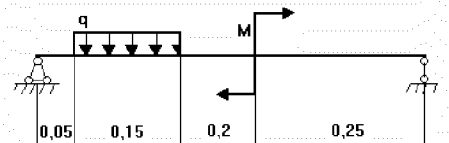
3



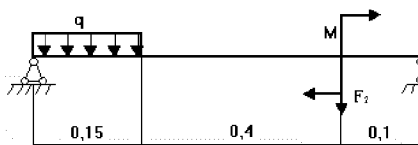
4



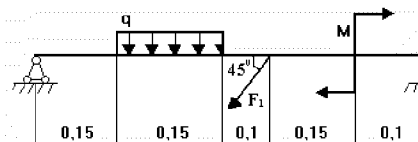
5



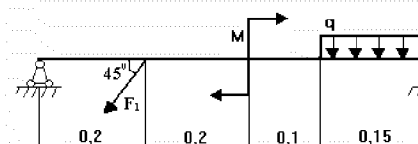
6



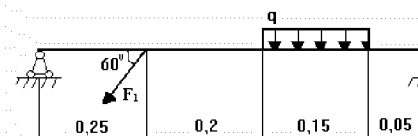
7



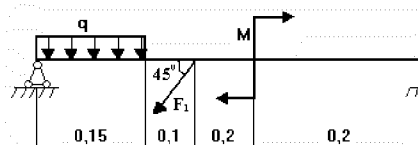
8



9



10



Лабораторная работа №4

Определение центра тяжести плоских фигур

Цель работы

Научиться находить центр тяжести плоских фигур и проверить правильность его нахождения на опыте с помощью установки ТМг – 04.

Теоретическая часть работы

Определение центра масс любой фигуры производится следующим образом.

1. Фигуру разбивают на части.
2. Вводят оси координат (x, y).
3. У каждой части находят центр масс и площадь.
4. Вычисляют координаты центра масс искомой фигуры по формулам:

$$X_c = \frac{\sum A_i \cdot X_i}{\sum A_i}; \quad Y_c = \frac{\sum A_i \cdot Y_i}{\sum A_i}$$

где X_c, Y_c — координаты центра масс искомой фигуры,

X_i, Y_i — координаты центров масс частей, на которые разбита фигура,

A_i — площадь каждой такой части.

Приведём пример расчёта центра масс фигуры (рис.4):

$$X_c = (3ab \cdot 1,5a + 2ab \cdot 1,5a) / (3ab + 2ab),$$

$$Y_c = (3ab \cdot 0,5a + 2ab \cdot 2b) / (3ab + 2ab).$$

Таким образом, центр масс данной фигуры в веденной нами системе отсчета имеет следующие координаты (1,5a; 1,1b)

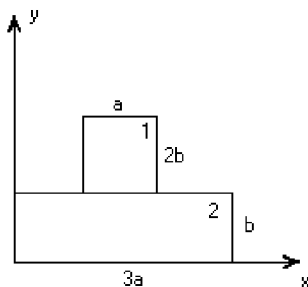


Рис.4

Устройство и принцип работы установки

Установка (рис. 5) состоит из основания 1 с вертикальной стойкой 2. Сверху на стойке закреплена головка 3 с осью, на которой подвешивается какая-либо плоская фигура из комплекта сменных частей и отвес 4 с грузом 5 на конце. В свободном состоянии отвес может поворачиваться относительно оси в вертикальной плоскости. Для фиксации отвеса во время работы установка имеет рычажный механизм с кнопкой 6. В средней части стойки установлены упоры 7, которые позволяют ориентировать плоскую фигуру в вертикальной плоскости.

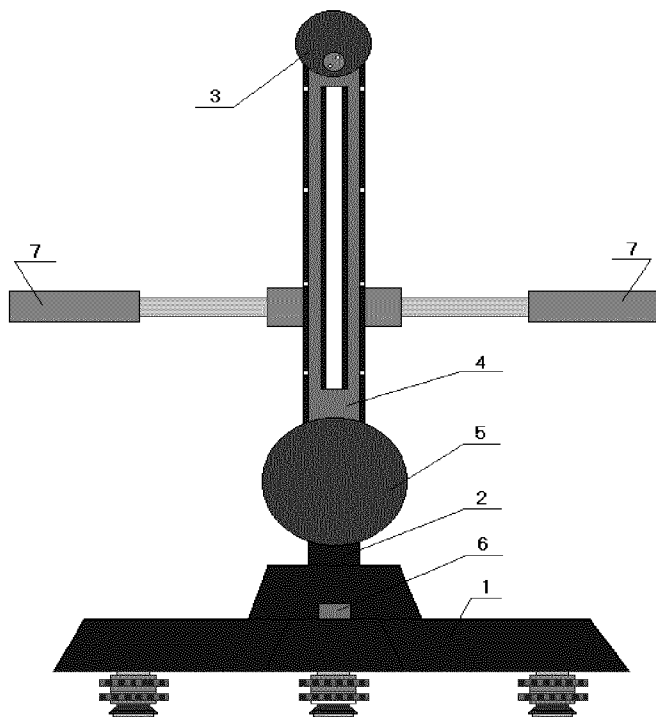


Рис.5. Установка ТМг – 4: 1 – основание, 2 – цилиндрическая стойка, 3 – головка, 4 – отвес, 5 – груз, 6 – кнопка, 7 – упоры.

Таблица 4

№ фигуры	a1	a2	a3	H	h1	h2	h3	d	ц.т. теор.	ц.т. эксп.
1										
2										
3										

Ход работы

1. Ознакомиться с теоретической частью и примером выполнения задания.

2. Снять размеры приложенных к установке фигур (рис. 6). Занести результаты в таблицу (табл. 4).

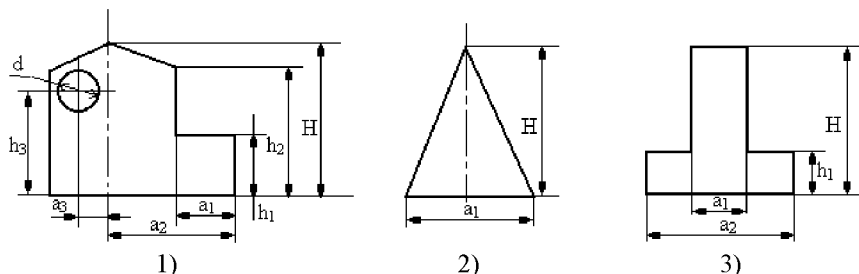


Рис.6.

3. Зарисовать фигуру в тетрадь.

4. Задать для фигуры произвольные оси координат(x; y).

5. Рассчитать центр тяжести фигуры (записать полученное значение в табл. 4).

6. Проведение эксперимента:

а) разместить установку на ровной горизонтальной поверхности стола;

б) подвесить любую плоскую фигуру из комплекта сменных частей и регулировкой опор обеспечить вертикальный зазор 1 – 3 мм между фигурой и отвесом, а также свободное вхождение фиксатора в паз отвеса при нажатии кнопки; отвес при этом не должен отклоняться вправо или влево;

в) сдвинув отвес в сторону плоской фигуры по стержню подвески до соприкосновения с ней и произвести фиксацию отвеса нажатием кнопки;

г) провести на плоской фигуре, не отпуская кнопки фиксатора, карандашом вертикальную линию по визиру отвеса;

д) повторить операции пп. б–г, подвесив фигуру на другое отверстие;

е) точка пересечения двух вертикальных линий даёт расположение искомого центра тяжести;

ж) занести результат в таблицу (табл. 4).

7. Повторить пп. 1 – 6 для другой фигуры.

8. Сравнить полученные результаты.

Пример выполнения задания

1. Разобьём данную фигуру на несколько частей.

2. Расчитаем площади полученных фигур.

$$S_1 = S - S_2 = 4a^2 - \pi a^2 / 4 = 3,215a^2;$$

$$S_2 = 4a^2$$

3. Найдём координаты центра масс.

$$X = (X_1 \cdot S_1 + X_2 \cdot S_2) / (S_1 + S_2) = (3,215a^3 + 8a^3) / 7,215a^2 = 1,56a;$$

$$Y = (Y_1 \cdot S_1 + Y_2 \cdot S_2) / (S_1 + S_2) = (6,43a^3 + 2a^2) / 7,215a^2 = 0,9a.$$

$$C(X; Y) = C(1,56a; 0,9a).$$

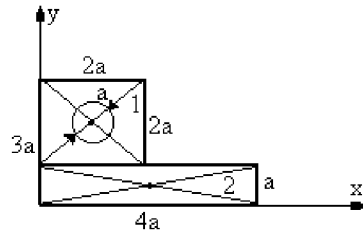


Рис. 7. Заданная фигура

Ответ: **C (1,56a; 0,9a)**

Контрольные вопросы

1. Дать определение центра тяжести.

2. Как найти центр тяжести?

3. Каким методом определяется центр тяжести?

4. Рассчитать центр тяжести у данной фигуры (рис. 8).

5. Провести через вершину D однородного прямоугольника ABCD (рис. 9) прямую DE так, чтобы при подвешивании отрезанной по этой прямой трапеции ABED за вершину E сторона AD, равная a, была горизонтальна (найти X).

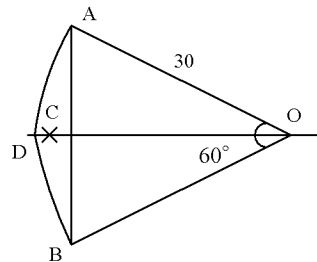


Рис. 8

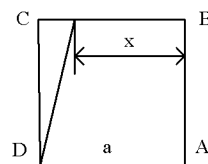


Рис. 9

Библиографический список

1. Добронравов В.В., Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. М.: Высш. шк., 1983.
2. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики. Ч.1, 2. М.: Высш. шк., 1971.
3. Петкевич В.В. Теоретическая механика. М.: Наука, 1981.
4. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / Под ред. А.А. Яблонского. М.: Высш. шк., 1985.
5. Введение в специальность «Механика» / М.А. Ноздрин, А. Б. Колобов, Л. Б. Маслов, А. И. Муницын. Иван. гос. энерг. ун-т, Иваново, 2003.

Содержание

Введение	3
Лабораторная работа №1. Изучение системы плоских сходящихся сил	3
Лабораторная работа №2. Изучение плоской системы произвольно расположенных сил	8
Лабораторная работа №3. Определение опорных реакций балок	15
Лабораторная работа №4. Определение центра тяжести плоских фигур	22
Библиографический список	26

Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу
«Теоретическая механика»

Составитель НОЗДРИН Михаил Александрович
Редактор Т. В. Соловьева

Лицензия ИД № 05285 от 4 июля 2001 года
Подписано в печать . Формат 60×84 1/16
Печать плоская. Усл. печ. л. 1,62. Тираж 50 экз. Заказ №
ГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет
им. В. И. Ленина»
153003 Иваново, ул. Рабфаковская, 34.
Отпечатано в РИО ИГЭУ