

В. П. Олофинская

Техническая механика

курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий



В.П. Олофинская

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Курс лекций с вариантами практических
и тестовых заданий

Издание 3-е исправленное

*Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
среднего профессионального образования, обучающихся
по специальностям технического профиля*

ФОРУМ
НЕОЛИТ
2017

УДК 621.01(075)
ББК 30.12я723
О53

Рецензенты:

преподаватель Московского колледжа
авиационного мотостроения *Е.М. Соломатина*;
директор Государственного образовательного учреждения
«Электромеханический техникум» *Р.Н. Протопопов*

Олофинская В.П.

О53 Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий : учебное пособие / В. П. Олофинская. — 3-е изд., испр. — М. : Неолит, 2017. — 352 с. : ил. — (Профессиональное образование).

ISBN 978-5-9906768-7-9

Предлагаемая книга представляет курс лекций по двум разделам технической механики — «теоретическая механика» и «сопротивление материалов». Каждый раздел содержит варианты практических занятий по основным темам. Данное учебное пособие можно использовать для самостоятельного изучения дисциплины «Техническая механика», в частности при заочном обучении, а так же при подготовке к экзаменам и контрольным работам.

Учебное пособие написано в соответствии с государственным образовательным стандартом, предназначено для студентов техникумов и колледжей, а также может быть рекомендовано студентам вузов.

УДК 621.01(075)
ББК 30.12я723

ISBN 978-5-9906768-7-9

© Олофинская В. П., 2016
© Издательский дом «Неолит», 2016

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие	3
Раздел 1. Теоретическая механика	4
Лекция 1. Основные понятия и аксиомы статики	4
Лекция 2. Плоская система сходящихся сил. Определение равнодействующей геометрическим способом	12
Лекция 3. Плоская система сходящихся сил. Определение равнодействующей аналитическим способом	19
Лекция 4. Пара сил и момент силы относительно точки	28
Лекция 5. Плоская система произвольно расположенных сил	34
Лекция 6. Балочные системы. Определение реакций опор и моментов защемления	42
Лекция 7. Пространственная система сил	50
Лекция 8. Центр тяжести	60
Лекция 9. Основные понятия кинематики	66
Лекция 10. Кинематика точки	71
Лекция 11. Простейшие движения твердого тела	79
Лекция 12. Сложное движение точки. Сложное движение твердого тела	86
Лекция 13. Основные понятия и аксиомы динамики. Понятия о трении	93
Лекция 14. Движение материальной точки. Метод кинетостатики	100
Лекция 15. Работа и мощность	109
Лекция 16. Работа и мощность. Коэффициент полезного действия	115
Лекция 17. Общие теоремы динамики	121
Практические занятия по разделу «Теоретическая механика»	130
Практическое занятие 1. Плоская система сходящихся сил	130
Практическое занятие 2. Плоская система произвольно расположенных сил	137
Практическое занятие 3. Центр тяжести	146
Практическое занятие 4. Кинематика точки. Простейшие движения твердого тела	152
Практическое занятие 5. Работа и мощность. Общие теоремы динамики	158

Раздел 2. Сопротивление материалов	162
Лекция 18. Основные положения. Допущения, принятые при расчетах	162
Лекция 19. Основные положения. Нагрузки внешние и внутренние. Метод сечений	168
Лекция 20. Растяжение и сжатие. Внутренние силовые факторы. Напряжение	176
Лекция 21. Растяжение и сжатие. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука	182
Лекция 22. Механические испытания, механические характеристики. Предельные и допускаемые напряжения	188
Лекция 23. Практические расчеты на срез и смятие. Основные расчетные формулы и предпосылки	197
Лекция 24. Практические расчеты на срез и смятие. Примеры расчетов	202
Лекция 25. Геометрические характеристики плоских сечений	208
Лекция 26. Кручение. Внутренние силовые факторы. Построение эпюр крутящих моментов	216
Лекция 27. Кручение. Напряжение и деформации при кручении	223
Лекция 28. Кручение. Расчеты на прочность и жесткость	232
Лекция 29. Изгиб. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы при изгибе	239
Лекция 30. Изгиб. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Основные правила построения эпюр	246
Лекция 31. Изгиб. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов	255
Лекция 32. Изгиб. Нормальные напряжения при изгибе. Расчеты на прочность	262
Лекция 33. Понятие о касательных напряжениях при изгибе. Линейные угловые перемещения	270
Лекция 34. Сочетание основных деформаций. Гипотезы прочности	278
Лекция 35. Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций	284
Лекция 36. Устойчивость сжатых стержней. Основные положения	290
Лекция 37. Устойчивость сжатых стержней. Расчеты на устойчивость	295
Лекция 38. Сопротивление усталости	301

Практические занятия по разделу «Сопротивление материалов»	306
Практическое занятие 6. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии	306
Практическое занятие 7. Геометрические характеристики плоских сечений	313
Практическое занятие 8. Кручение. Расчеты на прочность . . .	319
Практическое занятие 9. Расчеты на прочность при изгибе . .	324
Практическое занятие 10. Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций	331
Приложение 1	336
Приложение 2	341
Ответы на контрольные вопросы	344

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Техническая механика» состоит из трех разделов: «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов» и «Детали машин».

В некоторых учебных заведениях раздел «Детали машин» изучается отдельно.

Автором ставилась задача в сжатой и доступной форме изложить основные положения «Теоретической механики» и «Сопротивления материалов» в соответствии с новыми государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников групп технических специальностей.

Объем представленного материала соответствует Примерной программе дисциплины «Техническая механика» для групп с объемом 180 учебных часов, утвержденной Управлением среднего профессионального образования Минобрнауки России 04.06.2002 г. Для групп с меньшим объемом учебных часов можно выбрать необходимый материал в соответствии с Примерными программами дисциплины для запланированного количества учебных часов и приведенного уровня требований.

В начале каждой лекции приводятся требования к уровню подготовки по изложенному материалу согласно Примерной программе по дисциплине.

Для закрепления знаний представлен материал для практических занятий и расчетно-графических работ по основным темам, приведено значительное количество примеров решения типовых задач.

Представленные образцы тестовых опросных карт соответствуют тестам, изданным в сборнике тестовых заданий «Техническая механика» (М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002).

Издание содержит многовариантные задачи для расчетно-графических работ, которые могут выполняться на практических занятиях или выдаваться в качестве домашних заданий. В Приложениях приведены необходимые справочные данные.

Конспект лекций по технической механике будет особенно полезен при самостоятельной работе над курсом при заочной форме обучения, благодаря простой и доступной форме изложения, большому количеству примеров решения задач и возможности проконтролировать себя с помощью тестовых заданий. Тестовые задания и некоторые контрольные вопросы снабжены ответами.

РАЗДЕЛ I

Теоретическая механика

ЛЕКЦИЯ 1

Тема 1.1. Основные понятия и аксиомы статики

Введение

Техническая механика — комплексная дисциплина. Она включает три раздела: «Теоретическая механика», «Соппротивление материалов», «Детали машин». «Теоретическая механика» — раздел, в котором излагаются основные законы движения твердых тел и их взаимодействия. В разделе «Соппротивление материалов» изучаются основы прочности материалов и методы расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость под действием внешних сил. В заключительном разделе «Технической механики» «Детали машин» рассматриваются основы конструирования и расчета деталей и сборочных единиц общего назначения.

Дисциплина «Техническая механика» является общепрофессиональной, обеспечивающей базовые знания при усвоении специальных дисциплин, изучаемых в дальнейшем.

Задачи теоретической механики

Теоретическая механика — наука о механическом движении материальных твердых тел и их взаимодействии. Механическое движение понимается как перемещение тела в пространстве и во времени по отношению к другим телам, в частности к Земле.

Для удобства изучения теоретическую механику подразделяют на статику, кинематику и динамику.

Статика изучает условия равновесия тел под действием сил.

Кинематика рассматривает движение тел как перемещение в пространстве; характеристики тел и причины, вызывающие движение, не рассматриваются.

Динамика изучает движение тел под действием сил.

В отличие от физики теоретическая механика изучает законы движения некоторых абстрактных *абсолютно твердых тел*: здесь материалы, форма тел существенного значения не имеют. При движении абсолютно твердое тело не деформируется и не разрушается. В случае, когда размерами тела можно пренебречь, тело заменяют материальной точкой. Это упрощение, принятое в теоретической механике, значительно облегчает решение задач о движении.

Понятие о силе и системе сил

Сила — это мера механического взаимодействия материальных тел между собой. Взаимодействие характеризуется величиной и направлением, т. е. сила есть *величина векторная*¹⁾, характеризующаяся точкой приложения (A), направлением (линией действия), величиной (модулем) (рис. 1.1). Силу измеряют в ньютонах,

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2.$$

Силы, действующие на тело (или систему тел), делятся на *внешние и внутренние*. Внешние силы бывают активные и реактивные. *Активные силы* вызывают перемещение тела, *реактивные* стремятся противодействовать перемещению тела под действием внешних сил.

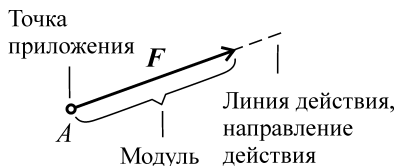


Рис. 1.1

Внутренние силы возникают в теле под действием внешних сил.

Совокупность сил, действующих на какое-либо тело, называют *системой сил*.

Эквивалентная система сил — система сил, действующая так же, как заданная.

Уравновешенной (эквивалентной нулю) системой сил называется такая система, которая, будучи приложенной к телу, не изменяет его состояния.

Систему сил, действующих на тело, можно заменить одной *равнодействующей*, действующей так, как система сил.

Аксиомы статики

В результате обобщения человеческого опыта были установле-

¹⁾ Векторные величины обозначаются полужирным шрифтом, скалярные величины — обычным.

ны общие закономерности механического движения, выраженные в виде законов и теорем. Все теоремы и уравнения статики выводятся из нескольких исходных положений. Эти положения называют аксиомами статики.

Первая аксиома

Под действием уравновешенной системы сил абсолютно твердое тело или материальная точка находятся в равновесии или движутся равномерно и прямолинейно (закон инерции).

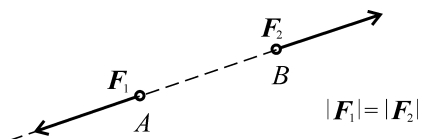


Рис. 1.2

Вторая аксиома

Две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в разные стороны, уравновешиваются (рис. 1.2).

Третья аксиома

Не нарушая механического состояния тела, можно добавить или убрать уравновешенную систему сил (принцип отбрасывания системы сил, эквивалентной нулю) (рис. 1.3).

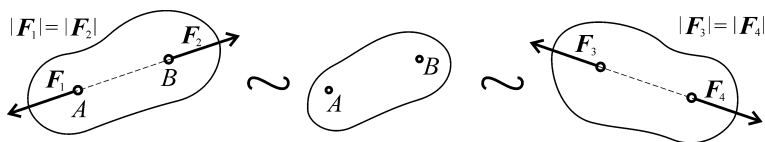


Рис. 1.3

Четвертая аксиома (правило параллелограмма сил)

Равнодействующая двух сил, приложенных в одной точке, приложена в той же точке и является диагональю параллелограмма, построенного на этих силах как на сторонах (рис. 1.4).

Вместо *параллелограмма* можно построить *треугольник* сил: силы вычерчивают одну за другой в любом порядке; равнодействующая двух сил соединяет начало первой силы с концом второй.

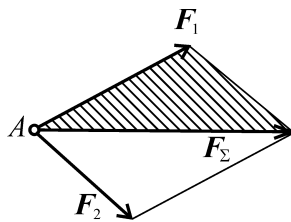


Рис. 1.4

Пятая аксиома

При взаимодействии тел всякому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие (рис. 1.5).

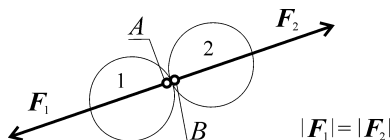


Рис. 1.5

Силы действующие и противодействующие всегда приложены к разным телам, поэтому они не уравниваются.

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, всегда равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в разные стороны.

Следствие из второй и третьей аксиом

Силу, действующую на твердое тело, можно перемещать вдоль линии ее действия (рис. 1.6).

Сила $\mathbf{F}$ приложена в точке A . Требуется перенести ее в точку B . Используя третью аксиому, добавим в точке B уравновешенную систему сил $(\mathbf{F}'; \mathbf{F}'')$. Образуется уравновешенная по второй аксиоме система сил $(\mathbf{F}; \mathbf{F}'')$. Убираем ее и получим в точке B силу $\mathbf{F}''$, равную заданной $\mathbf{F}$.

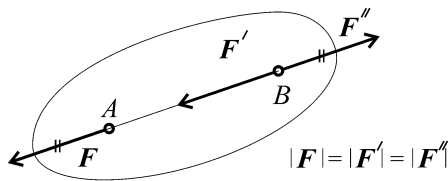


Рис. 1.6

Связи и реакции связей

Все законы и теоремы статики справедливы для свободного тела.

Все тела делятся на свободные и связанные.

Свободные тела — тела, перемещение которых не ограничено.

Связанные тела — тела, перемещение которых ограничено другими телами.

Тела, ограничивающие перемещение других тел, называют связями.

Силы, действующие от связей и препятствующие перемещению, называют *реакциями связей*.

Реакция связи всегда направлена с той стороны, куда нельзя перемещаться.

Всякое связанное тело можно представить свободным, если связи заменить их реакциями (принцип освобождения от связей).

Все связи можно разделить на несколько типов.

Связь — гладкая опора (без трения)

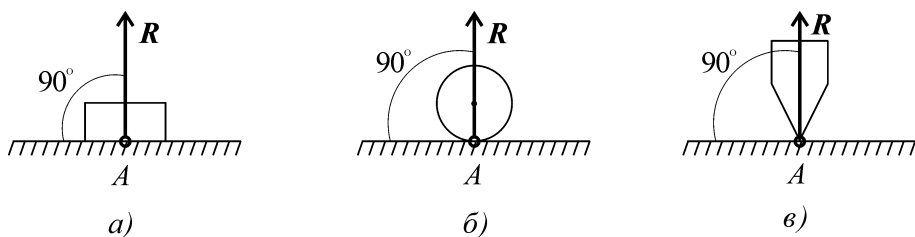


Рис. 1.7

Реакция опоры приложена в точке опоры и всегда направлена перпендикулярно опоре (рис. 1.7).

Гибкая связь (нить, веревка, трос, цепь)

Груз подвешен на двух нитях (рис. 1.8).

Реакция нити направлена вдоль нити от тела, при этом нить может быть только растянута.

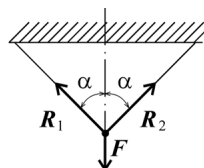


Рис. 1.8

Жесткий стержень

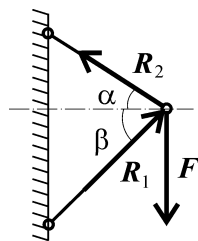


Рис. 1.9

На схемах стержни изображают толстой сплошной линией (рис. 1.9).

Стержень может быть сжат или растянут. Реакция стержня направлена вдоль стержня. Стержень работает на растяжение или сжатие. Точное направление реакции определяют, мысленно убрав стержень и рассмотрев возможные перемещения тела без этой связи.

Возможным перемещением точки называется такое бесконечно малое мысленное перемещение, которое допускается в данный момент наложенными на него связями.

Убираем стержень 1, в этом случае стержень 2 падает вниз. Следовательно, сила от стержня 1 (реакция) направлена вверх. Убираем стержень 2. В этом случае точка A опускается вниз, отодвигаясь от стены. Следовательно, реакция стержня 2 направлена к стене.

Шарнирная опора

Шарнир допускает поворот вокруг точки закрепления. Различают два вида шарниров.

Подвижный шарнир

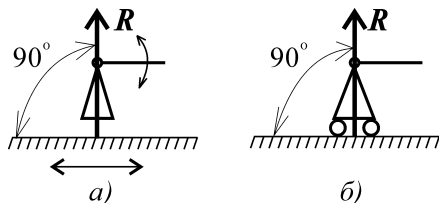


Рис. 1.10

Стержень, закрепленный на шарнире, может поворачиваться вокруг шарнира, а точка крепления может перемещаться вдоль направляющей (площадки) (рис. 1.10).

Реакция подвижного шарнира направлена перпендикулярно опорной поверхности, т. к. не допускается только перемещение поперек опорной поверхности.

Неподвижный шарнир

Точка крепления перемещаться не может. Стержень может свободно поворачиваться вокруг оси шарнира. Реакция такой опоры проходит через ось шарнира, но неизвестна по направлению. Ее принято изображать в виде двух составляющих: горизонтальной и вертикальной (R_x ; R_y) (рис. 1.11).

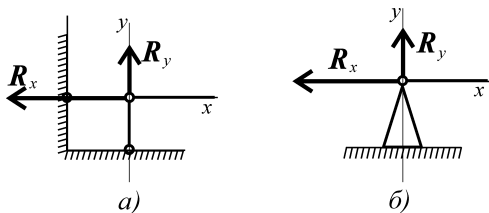


Рис. 1.11

Защемление или «заделка»

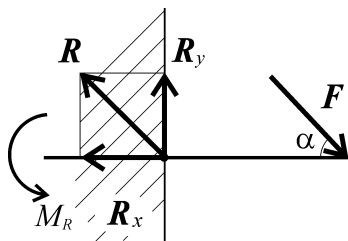


Рис. 1.12

Любые перемещения точки крепления невозможны.

Под действием внешних сил в опоре возникают реактивная сила и реактивный момент M_R , препятствующий повороту (рис. 1.12).

Реактивную силу принято представлять в виде двух составляющих вдоль осей координат

$$R = R_x + R_y.$$

Примеры решения задач

Пример 1. Груз подвешен на стержнях и канатах и находится в равновесии (рис. 1.13). Изобразить систему сил, действующих на шарнир A .

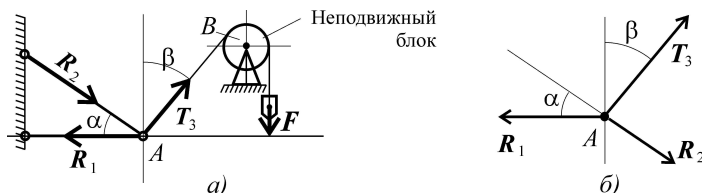


Рис. 1.13

Решение

1. Реакции стержней направлены вдоль стержней, реакции гибких связей направлены вдоль нитей в сторону натяжения (рис. 1.13а).

2. Для определения точного направления усилий в стержнях мысленно убираем последовательно стержни 1 и 2. Анализируем возможные перемещения точки A .

Неподвижный блок с действующими на него силами не рассматриваем.

3. Убираем стержень 1, точка A поднимается и отходит от стены, следовательно, реакция стержня 1 направлена к стене.

4. Убираем стержень 2, точка A поднимается и приближается к стене, следовательно, реакция стержня 2 направлена от стены вниз.

5. Канат тянет вправо.

6. Освобождаемся от связей (рис. 1.13б).

Пример 2. Шар подвешен на нити и опирается на стену (рис. 1.14а). Определить реакции нити и гладкой опоры (стенки).

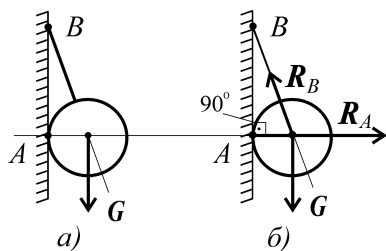


Рис. 1.14

Решение

1. Реакция нити — вдоль нити к точке B вверх (рис. 1.14б).

2. Реакция гладкой опоры (стенки) — по нормали от поверхности опоры.

Контрольные вопросы и задания

1. Какая из приведенных систем сил (рис. 1.15) уравновешена?

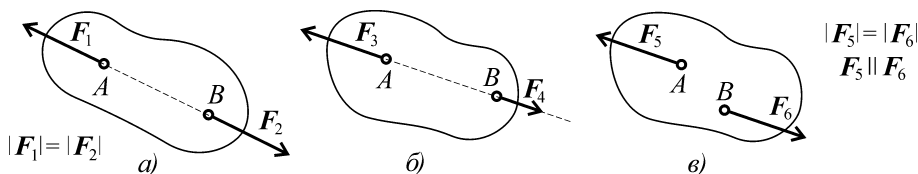


Рис. 1.15

2. Какие силы системы (рис. 1.16) можно убрать, не нарушая механического состояния тела?

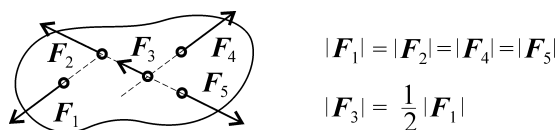


Рис. 1.16

3. Тела 1 и 2 (рис. 1.17) находятся в равновесии. Можно ли убрать действующие системы сил, если тела абсолютно твердые? Что изменится, если тела реальные, деформируемые?

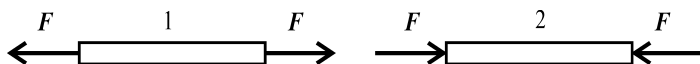


Рис. 1.17

4. Укажите возможное направление реакций в опорах (рис. 1.18).

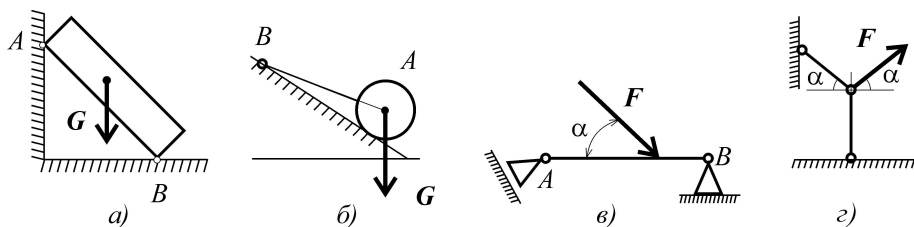


Рис. 1.18

ЛЕКЦИЯ 2

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил.**Определение равнодействующей
геометрическим способом**

Знать геометрический способ определения равнодействующей системы сил, условия равновесия плоской системы сходящихся сил.

Уметь определять равнодействующую, решать задачи на равновесие в геометрической форме.

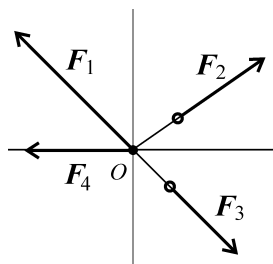
Плоская система сходящихся сил

Рис. 2.1

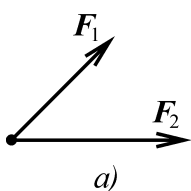
Система сил, линии действия которых пересекаются в одной точке, называется *сходящейся* (рис. 2.1).

Необходимо определить равнодействующую системы сходящихся сил $(F_1; F_2; F_3; \dots; F_n)$, n — число сил, входящих в систему.

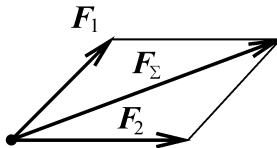
По следствию из аксиом статики, все силы системы можно переместить вдоль линии действия, и все силы окажутся приложенными в одной точке.

Равнодействующая сходящихся сил

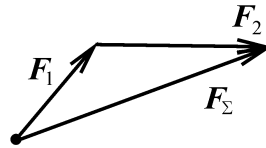
Равнодействующую двух пересекающихся сил можно определить с помощью параллелограмма или треугольника сил (4-я аксиома) (рис. 2.2).



а)



б)



в)

Рис. 2.2

Используя свойства векторной суммы сил, можно получить равнодействующую любой сходящейся системы сил, складывая последо-

вательно силы, входящие в систему. Образуется многоугольник сил (рис. 2.3). Вектор равнодействующей силы соединит начало первого вектора с концом последнего.

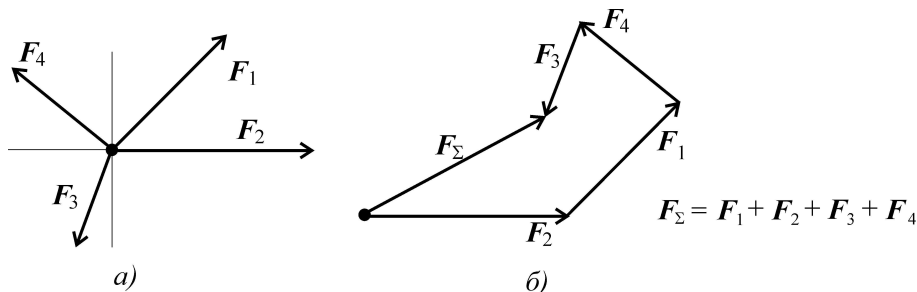


Рис. 2.3

При графическом способе определения равнодействующей векторы сил можно вычерчивать в любом порядке, результат (величина и направление равнодействующей) при этом не изменится.

Вектор равнодействующей направлен *навстречу* векторам сил-слагаемых. Такой способ получения равнодействующей называют геометрическим.

З а м е ч а н и е. При вычерчивании многоугольника обращать внимание на параллельность сторон многоугольника соответствующим векторам сил.

Порядок построения многоугольника сил

1. Вычертить векторы сил заданной системы в некотором масштабе один за другим так, чтобы конец предыдущего вектора совпал с началом последующего.

2. Вектор равнодействующей замыкает полученную ломаную линию; он соединяет начало первого вектора с концом последнего и направлен ему навстречу.

3. При изменении порядка вычерчивания векторов в многоугольнике меняется *вид* фигуры. *На результат порядок вычерчивания не влияет.*

Условие равновесия плоской системы сходящихся сил

При равновесии системы сил равнодействующая должна быть равна нулю, следовательно, при геометрическом построении конец последнего вектора должен *совпасть* с началом первого.

Если плоская система сходящихся сил находится в равновесии, многоугольник сил этой системы должен быть замкнут.

Если в системе три силы, образуется треугольник сил.

Сравните два треугольника сил (рис. 2.4) и сделайте вывод о количестве сил, входящих в каждую систему.

Р е к о м е н д а ц и я. Обратит внимание на направление векторов.

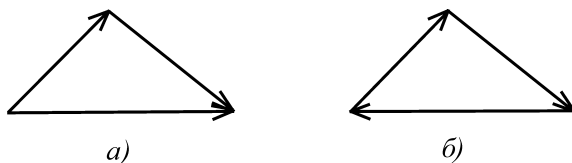


Рис. 2.4

Решение задач на равновесие геометрическим способом

Геометрическим способом удобно пользоваться, если в системе три силы. При решении задач на равновесие тело считать абсолютно твердым (отвердевшим).

Порядок решения задач:

1. Определить возможное направление реакций связей.
2. Вычертить многоугольник сил системы, начиная с известных сил в некотором масштабе. (Многоугольник должен быть замкнут, все векторы-слагаемые направлены в одну сторону по обходу контура.)
3. Измерить полученные векторы сил и определить их величину, учитывая выбранный масштаб.
4. Для уточнения решения рекомендуется определить величины векторов (сторон многоугольника) с помощью геометрических зависимостей.

Пример 1. Груз подвешен на стержнях и находится в равновесии. Определить усилия в стержнях (рис. 2.5а).

Решение

1. Усилия, возникающие в стержнях крепления, по величине равны силам, с которыми стержни поддерживают груз (5-я аксиома статики) (рис. 2.5а).

Определяем возможные направления реакций связей «жесткие стержни».

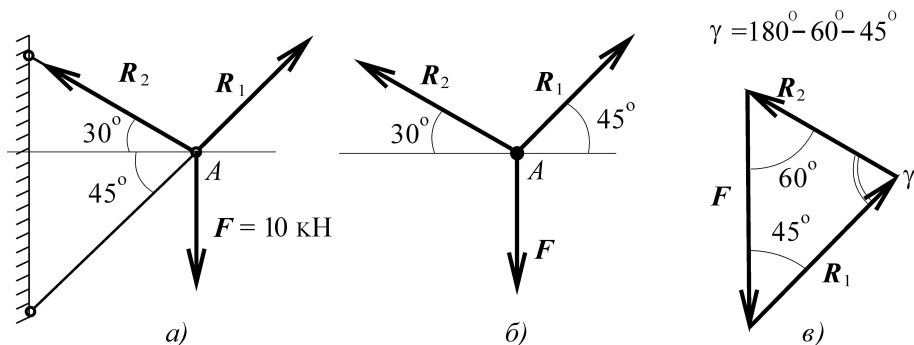


Рис. 2.5

Усилия направлены вдоль стержней.

2. Освободим точку A от связей, заменив действие связей их реакциями (рис. 2.5б).

3. Система находится в равновесии. Построим треугольник сил.

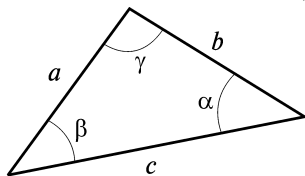
Построение начнем с известной силы, вычертив вектор F в некотором масштабе.

Из концов вектора F проводим линии, параллельные реакциям R_1 и R_2 .

Пересекаясь, линии создадут треугольник (рис. 2.5в). Зная масштаб построений и измерив длину сторон треугольника, можно определить величину реакций в стержнях.

4. Для более точных расчетов можно воспользоваться геометрическими соотношениями, в частности теоремой синусов: отношение стороны треугольника к синусу противоположного угла — величина

$$\text{постоянная } \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}.$$



Для данного случая:

$$\frac{F}{\sin 75^\circ} = \frac{R_1}{\sin 60^\circ} = \frac{R_2}{\sin 45^\circ};$$

$$\frac{R_1}{\sin 60^\circ} = \frac{F}{\sin 75^\circ}; \quad R_1 = \frac{F \sin 60^\circ}{\sin 75^\circ};$$

$$R_1 = \frac{10 \cdot 0,866}{0,966} = 9 \text{ кН};$$

$$\frac{R_2}{\sin 45^\circ} = \frac{F}{\sin 75^\circ}; \quad R_2 = \frac{F \sin 45^\circ}{\sin 75^\circ}; \quad R_2 = \frac{10 \cdot 0,707}{0,966} = 7,3 \text{ кН.}$$

З а м е ч а н и е. Если направление вектора (реакции связи) на заданной схеме и в треугольнике сил не совпало, значит, реакция на схеме должна быть направлена в противоположную сторону.

Пример 2. Груз подвешен на стержнях и канатах и находится в равновесии. Определить усилия в стержнях (рис. 2.6а).

Решение

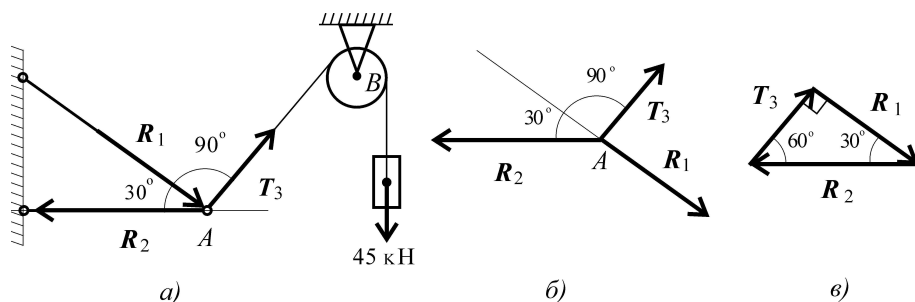


Рис. 2.6

1. Нанесем на схему возможные направления усилий, приложенных в точке A. Реакции стержней — вдоль стержней, усилие от каната — вдоль каната от точки A к точке B.

2. Груз находится в равновесии, следовательно, в равновесии находится точка A, в которой пересекаются три силы.

Освободим точку A от связей и рассмотрим ее равновесие (рис. 2.6б).

З а м е ч а н и е. Рассмотрим только силы, приложенные к точке A. Груз растягивает канат силой 45 кН по всей длине, поэтому усилие от каната известно: $T_3 = 45 \text{ кН}$.

3. Строим треугольник для сил, приложенных в точке A, начиная с известной силы T_3 . Стороны треугольника параллельны предполагаемым направлениям сил, приложенных в точке A.

Образовался прямоугольный треугольник (рис. 2.6в).

4. Неизвестные реакции стержней можно определить из соотношений в прямоугольном треугольнике:

$$T_3 = 45 \text{ кН}; \quad R_2 = \frac{T_3}{\sin 30^\circ}; \quad R_2 = 90 \text{ кН};$$

$$R_1 = R_2 \sin 60^\circ; \quad R_1 = 90 \cdot 0,866 \cong 78 \text{ кН}.$$

З а м е ч а н и е. При равновесии векторы сил в треугольнике направлены один за другим (обходим треугольник по часовой стрелке). Сравним направления сил в треугольнике с принятыми в начале расчета на рис. 2.6а. Направления совпали, следовательно, направления реакций определены верно.

Контрольные вопросы и задания

1. По изображенным многоугольникам сил (рис. 2.7) решите, сколько сил входит в каждую систему и какая из них уравновешена. (Обратить внимание на направление векторов.)



Рис. 2.7

2. Из представленных силовых треугольников выберите треугольник, построенный для точки А (рис. 2.8, 2.9).

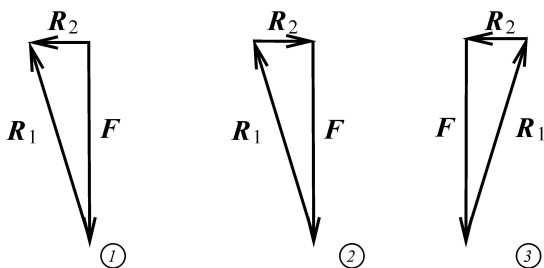
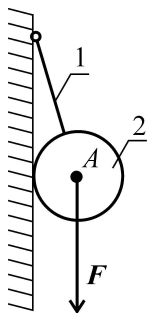


Рис. 2.8

Шар подвешен на нити и находится в равновесии. Обратите внимание на направление реакции от гладкой опоры и условие равновесия шара (рис. 2.8).

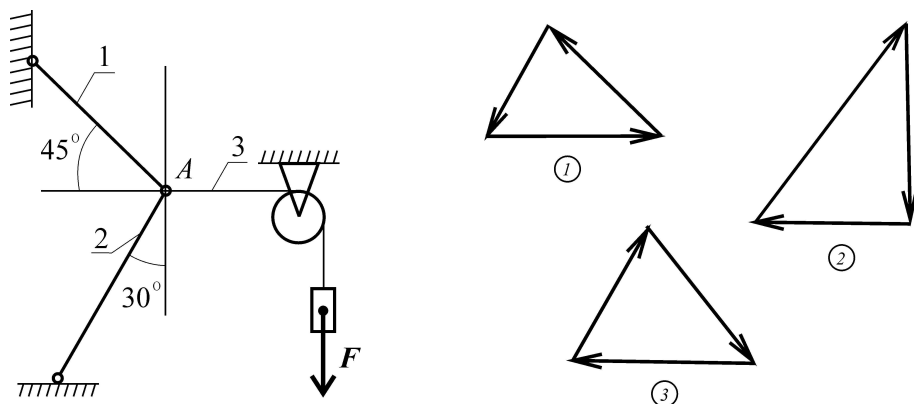


Рис. 2.9

Груз F подвешен на канате и находится в равновесии. Обратите внимание на реакции, приложенные к точке A . Силы, не приложенные к точке A , не рассматриваются. Не забывать об условии равновесия системы сил (рис. 2.9).

ЛЕКЦИЯ 3

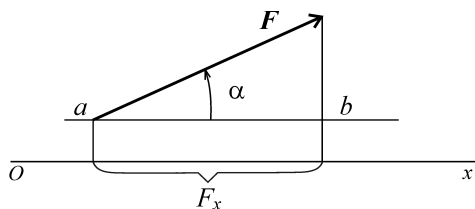
Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил. Определение равнодействующей аналитическим способом

Знать аналитический способ определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской сходящейся системы сил в аналитической форме.

Уметь определять проекции силы на две взаимно перпендикулярные оси, решать задачи на равновесие в аналитической форме.

Проекция силы на ось

Проекция силы на ось определяется отрезком оси, отсекаемым перпендикулярами, опущенными на ось из начала и конца вектора (рис. 3.1).



$$F_x = F \cos \alpha.$$

Рис. 3.1

Величина проекции силы на ось равна произведению модуля силы на косинус угла между вектором силы и положительным направлением оси. Таким образом, проекция имеет знак: *положительный* при одинаковом направлении вектора силы и оси и *отрицательный* при направлении в сторону отрицательной полуоси (рис. 3.2).

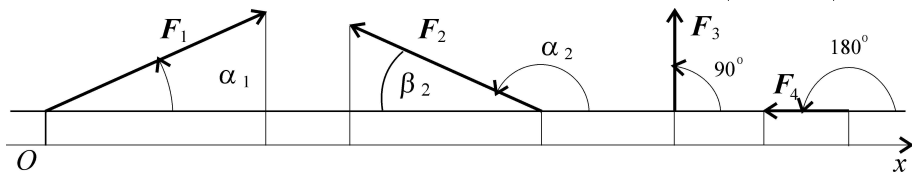


Рис. 3.2