

А.А. Жабров

**Элементарная теория полета
самолета**

Часть 1

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
А11

А11 **А.А. Жабров**
Элементарная теория полета самолета: Часть 1 / А.А. Жабров – М.: Книга
по Требованию, 2024. – 223 с.

ISBN 978-5-458-38586-2

ISBN 978-5-458-38586-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

1. Предмет механики

Механика изучает движение и равновесие тел, вызываемое действием различных сил. Теоретическая механика была основана *Ньютоном* (1643—1727) в связи главным образом с решением астрономических задач, но потом при развитии математики сделалась основой физики и ряда прикладных наук. Теоретическая механика разделяется на статику, кинематику и динамику.

Статика (греч. *statós* — стоящий, неподвижный) изучает равновесие тел под действием сил.

Кинематика (греч. *kinematos* — движение) изучает только движение тел независимо от сил, его вызывающих.

Динамика (греч. *dynamis* — сила) изучает и движение тел, и силы, вызывающие это движение.

Мы коснемся всех этих трех отделов механики, но дадим лишь те сведения, которые необходимы при изучении теории полета самолета.

2. Единицы измерений. Понятие о размерностях механических величин

В механике приходится иметь дело с различными механическими величинами. Такими величинами являются: сила, длина, время, скорость, ускорение, мощность и др. Само собой понятно, что надо уметь измерять эти величины. Измерить какую-либо величину — значит сравнить ее с другой величиной, принятой за единицу. Так как механических величин очень много, то и единиц для измерения их надо иметь на первый взгляд столько же. Но оказы-

ваются, что сложные величины можно выразить через простые. Благодаря этому для измерения всех механических величин удалось создать систему единиц (систему мер), в основу которой положены единицы всего только трех величин: *силы, длины и времени.*

За единицу силы принят 1 килограмм веса. 1 килограмм — это вес международного образца, имеющего вид цилиндра из иридийной платины, хранящегося в Международном бюро мер и весов в Париже. 1 килограмм есть, следовательно, та сила, с которой земля притягивает указанный платиновый цилиндр (на широте Парижа).

За единицу длины принят 1 метр — расстояние между двумя чертами (при 0° С), нанесенными на международном образце, имеющем вид стержня, изготовленном из иридийной платины, хранящемся в Международном бюро мер и весов в Париже. 1 метр равен приблизительно $\frac{1}{40\,000\,000}$ земного меридиана (проходящего через Париж).

Подобные же образцы килограмма и метра (копии с международных) имеются и у нас в СССР; они хранятся в Пулковской обсерватории под Ленинградом.

За единицу времени принята 1 секунда.

1 секунда равна $\frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1}{86\,400}$ средних солнечных суток.

Система единиц (мер), в основу которой положены *килограмм, метр, секунда*, применяется в технике и носит название технической системы единиц. В науке принята система единиц, в основу которой положены *грамм, метр, секунда*. Эта система носит название абсолютной системы единиц (название условное).

Итак, единицы всех механических величин можно выразить через три основные единицы: килограмм (*кг*), метр (*м*), секунда (*сек*). Так, например, единица скорости будет $\frac{м}{сек}$; единица ускорения $\frac{м}{сек^2}$; единица давления $\frac{кг}{м^2}$ и т. д.

Как получаются эти производные единицы из основных, мы узнаем дальше, а пока запомним, что выражение, определяющее зависимость данной производной единицы от основных единиц, называется размерностью данной производной единицы. Таким образом, размерность скорости

есть $\frac{м}{сек}$, размерность ускорения $\frac{м}{сек^2}$, размерность давления $\frac{кг}{м^2}$ и т. д.^{1*}

3. Первый закон Ньютона (закон инерции)

Для того чтобы лучше понять и запомнить этот закон, остановимся сначала на двух примерах из обыденной жизни.

Вы вошли в вагон трамвая и встали в проходе. Вдруг вагон по вине, скажем, неопытного вагоновожатого рывком трогается с места. Вы едва не падаете назад и, чтобы устоять на ногах, принуждены схватиться за поручень или сделать значительное противодействующее усилие.

Почему вы падаете назад?

В момент начала движения вагона ваше тело стремится остаться неподвижным (в пространстве), или, как говорят, стремится сохранить состояние покоя, а так как вагон, на полу которого вы стоите, начал двигаться вперед, то вы и падаете назад.

Далее вагон набрал скорость и идет прямолинейно с некоторой постоянной скоростью. Теперь ваше тело не стремится падать ни назад, ни вперед, и вы стоите, не держась за поручень. Но вот вагоновожатый резко затормозил. Вы едва не падаете вперед и, чтобы устоять на ногах, принуждены снова схватиться за поручень или сделать значительное противодействующее усилие.

Почему же теперь вы падаете вперед?

В момент начала торможения вагона ваше тело стремится двигаться с прежней скоростью, стремятся, как говорят, сохранить свое прямолинейное и равномерное движение, а так как скорость вагона внезапно резко уменьшилась, то вы и падаете вперед.

Из наших примеров следует, что *всякое тело сохраняет состояние покоя или прямолинейного равномерного движения до тех пор, пока какая-нибудь причина, называемая силой, не выведет его из этого состояния*. Это и есть первый закон механики или *первый закон Ньютона*, открытый им в 1687 г.

¹ При обозначении размерностей механических величин обычно применяют наклонную черту ($м/сек$, $кг/м^2$ и т. д.). Вначале, пока учащийся еще не привык оперировать с размерностями, удобнее горизонтальная черта, потому что, как мы увидим дальше, размерности приходится умножать и делить, как алгебраические величины.

Если тело находится в состоянии покоя, то принято говорить, что оно сохраняет состояние покоя вследствие инерции или по инерции. Если тело движется прямолинейно и равномерно, то принято говорить, что оно стремится продолжать это движение по инерции.

Таким образом, инерцией называется свойство тел сохранять состояние покоя или прямолинейного равномерного движения. Поэтому первый закон Ньютона и называется еще законом инерции.

4. Силы, их измерение и их свойства

Из закона Ньютона следует, что силой называется та причина, которая выводит тело из состояния покоя или прямолинейного равномерного движения.

Какая причина или сила преодолела инерцию покоя вагона и заставила его двинуться вперед, а ваше тело по инерции качнуться назад? Сила тяги электромотора. Какая сила преодолела инерцию прямолинейного движения вагона и заставила его остановиться, а ваше тело — по инерции качнуться вперед? Сила тормоза, т. е. трения. На асфальтовой дорожке вы толкнули мяч. Какая сила заставила его катиться? Сила вашей руки. Мы знаем, что скорость мяча будет постепенно уменьшаться и в конце концов он остановится. Какая сила его останавливает? Сила трения и сила сопротивления воздуха. Если бы этих сил не было, то мяч без конца продолжал бы по инерции свое прямолинейное равномерное движение.

Очевидно, что мы должны уметь измерять силы. Какую же силу удобно принять за единицу?

Из опыта мы знаем, что всякое тело, как бы мало оно ни было, под действием земного притяжения падает, если его не поддержать. Поддержка или опора, препятствующая падению тела, всегда испытывает давление со стороны этого тела. Очевидно, сравнивая с известной нам силой веса другую силу, мы можем последнюю легко измерить. Поэтому за единицу силы и принята единица веса (1 кг).

Пусть, например, человек везет тележку с грузом (рис. 1). Для того чтобы измерить силу тяги, прикрепим к тележке обыкновенные пружинные весы (градуированные в килограммах), а к ним уже привяжем веревку, за которую человек везет тележку. Если пружина весов растянется при этом, скажем, до десятого деления, то это будет соответствовать такому же действию, какое окажет на наши пружинные весы гиря в 10 кг. Мы можем, следовательно, сказать, что развиваемая человеком тяга равна 10 кг.

Итак, для измерения сил служит сила веса, равная 1 кг. Отсюда следует, что *силы принято выражать в килограммах.*

Когда на тело действует какая-либо сила, то нам важно знать не только ее величину, но и направление, а также

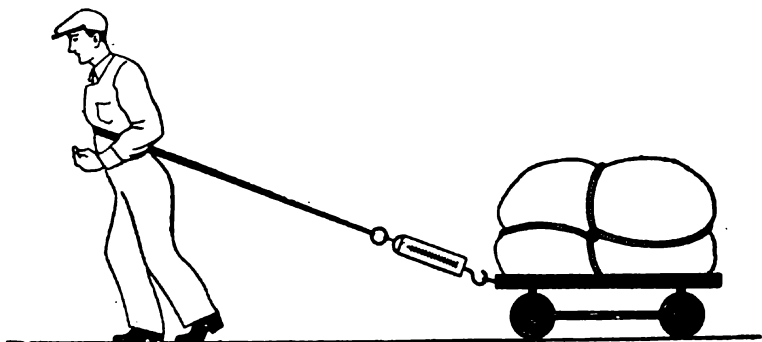


Рис. 1. Измерение силы тяги при помощи пружинных весов

то место тела — точку, на которую сила действует. Если человек везет тележку с грузом, то, очевидно, сила тяги направлена вдоль по веревке, как показано стрелкой на

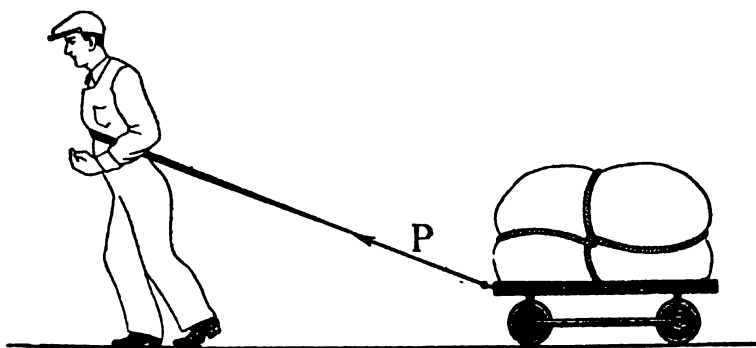


Рис. 2. Сила графически изображается стрелкой—вектором

рис. 2. Если человек везет меньший груз, то и сила тяги будет меньше; величину ее легко показать на чертеже, взяв стрелку соответственно меньшей длины. Точкой, на которую непосредственно действует сила тяги, будет, очевидно, то место тележки, к которому привязана веревка.

Наш пример показывает, что на чертеже, т. е. графически, силу удобно изображать отрезком прямой со стрелкой на конце.



Таким образом, если на тело M действует некоторая сила AB (рис. 3), то стрелка указывает нам направление действия силы; отрезок прямой AB , данный в определенном масштабе, показывает величину силы; конец отрезка AB , противоположный стрелке, указывает

Рис. 3. Вектор AB показывает величину силы (в определенном масштабе), ее направление и точку ее приложения

точку, в которой сила приложена; эта точка A называется точкой приложения силы (рис. 3 и 4).

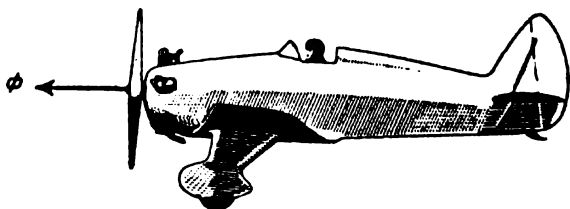


Рис. 4. Сила тяги воздушного винта и точка ее приложения

Итак, всякая сила будет вполне определена, если мы будем знать ее величину, направление и точку приложения.

Величины, которые имеют не только размер, но и направление, называются в механике векторными величинами. Следовательно, сила является тоже векторной величиной. Поэтому отрезок со стрелкой на конце, изображающий силу, называюг вектором (рис. 3 и 4).

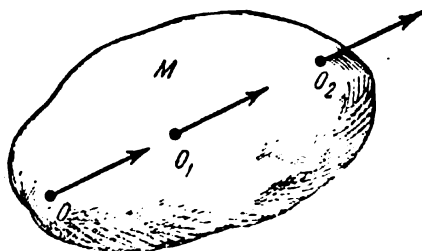


Рис. 5. Точку приложения силы можно переносить по направлению действия силы

Человек тянет тележку с грузом за веревку, но он, прилагая ту же силу, может и толкать тележку сзади; самолет может иметь винтомоторную установку впереди

крыть или позади них; прицепка часто крепится не в передней части вагона, а в его середине и т. д. Из подобных примеров мы можем заключить, что *точку приложения силы, действующей на твердое тело, можно перенести в любую точку, лежащую на направлении силы.* Таким образом, если на тело M действует некоторая сила (рис. 5), то безразлично, будет ли она приложена в точке O , O_1 или O_2 ; действие силы от этого не изменится.

Когда на какое-либо твердое тело, не ограниченное никакими связями, действует несколько постоянных сил, лежащих в одной плоскости, то под действием этих сил тело может или остаться в покое, или двигаться в каком-либо определенном направлении. Если тело остается в покое, то действующие на него силы взаимно уравновешивают друг друга. Если же тело движется поступательно в определенном направлении, то действующие на него силы можно заменить одной силой, которая сообщает телу то же самое движение, как и все данные силы. Сила, равная по своему действию нескольким силам, называется равнодействующей силой.

Отыскание равнодействующей силы по данным действующим силам, или составляющим, называется сложением сил.

5. Сложение сил

При сложении сил могут быть три случая: 1) силы действуют по одной прямой; 2) силы пересекаются друг с другом; 3) силы параллельны друг другу и направлены в одну сторону или же в разные стороны. Отыскивать равнодействующую в этих трех случаях приходится разными способами.

1) Сложение сил, действующих по одной прямой.

Если силы A и B направлены в одну сторону (рис. 6, I), то равнодействующая их R равна их сумме и направлена в ту же сторону:

$$R = A + B.$$

Если силы A и B направлены в противоположные сто-

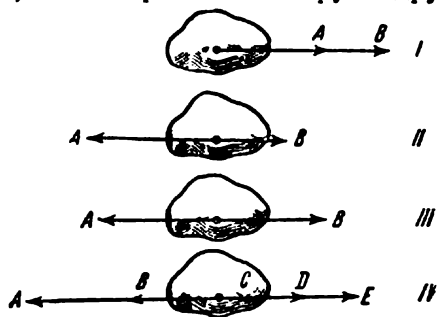


Рис. 6. Сложение сил, действующих по одной прямой

роны (рис. 6, I), то равнодействующая их R равна их разности и направлена в сторону большей силы:

$$R = A - B.$$

Если силы A и B направлены в противоположные стороны и равны друг другу (рис. 6, II), то равнодействующая их равна нулю:

$$R = A - B = 0.$$

В этом случае силы, очевидно, уравновешивают друг друга, и под действием их тело не изменит своего состояния, находится ли оно в состоянии покоя или движения.

Если сил не две, а несколько — A, B, C, D, E (рис. 6, IV), то для отыскания их равнодействующей надо сложить силы, действующие в одну сторону, и силы, действующие в другую сторону, и из большей суммы вычесть меньшую; равнодействующая R будет направлена в сторону большей суммы:

$$R = A + B - (C + D + E) = A + B - C - D - E.$$

2) Сложение пересекающихся сил.

Пусть на тело M действуют две силы P и Q (рис. 7). Перенесем точки приложения обеих сил по линии их действия в одну точку O . После этого на силах P и Q построим параллелограмм и проведем диагональ. Эта диагональ и будет по величине и направлению равнодействующей сил P и Q .

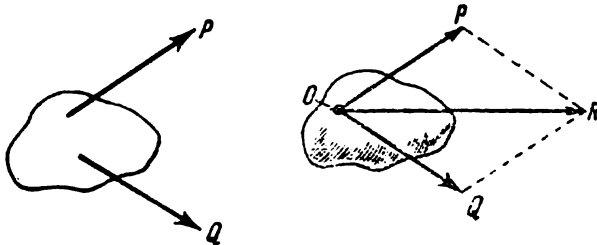


Рис. 7. Сложение двух сил, действующих на тело под углом (правило параллелограмма)

Итак, равнодействующая двух сил P и Q , действующих на какую-либо точку тела под углом друг к другу, по величине и направлению равна диагонали параллелограмма, построенного на этих силах. Это правило сложения пересекающихся сил называется правилом параллелограмма сил. Сложение сил в этом случае обозначается так:

$$\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q}.$$

Черточки над величинами показывают, что мы складываем силы не алгебраически, а геометрически, т. е. по правилу параллелограмма.

3) Сложение параллельных сил.

а) Силы направлены в одну сторону (рис. 8). Путем несложных геометрических построений (мы их опускаем, чтобы не загружать читателя) нетрудно доказать, что равнодействующая двух параллельных сил, направленных в одну сторону, равна их сумме и приложена ближе к большей силе, причем точка приложения равнодействующей делит расстояние между силами на части, обратно пропорциональные силам. Итак:

$$R = P + Q$$

и

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{Q}{P}.$$

или, следовательно:

$$Pl_1 = Ql_2.$$

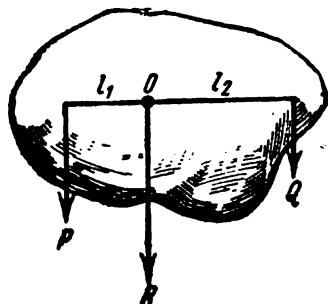


Рис. 8. Сложение двух параллельных сил, направленных в одну сторону

Точка приложения параллельных сил называется центром параллельных сил.

Если на тело действуют не две, а несколько параллельных сил (рис. 9), то для отыскания равнодействующей

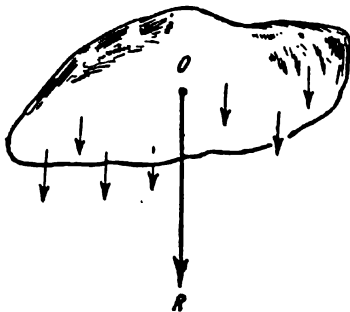


Рис. 9. Сложение нескольких параллельных сил, направленных в одну сторону

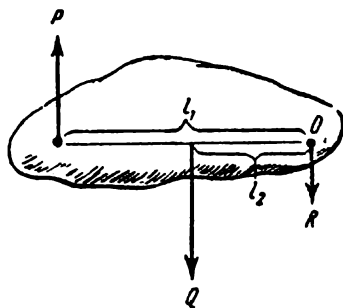


Рис. 10. Сложение двух параллельных сил, направленных в разные стороны

следует сначала сложить две какие-либо силы, полученную равнодействующую сложить с третьей силой, вновь полученную равнодействующую сложить с четвертой силой

и т. д. Последняя полученная равнодействующая и будет равнодействующей всех данных параллельных сил, а точка ее приложения будет центром данных параллельных сил.

б) Силы параллельны, но направлены в разные стороны (рис. 10). Нетрудно доказать (доказательство опускаем), что *равнодействующая двух параллельных сил, направленных в разные стороны, равна их разности и направлена в сторону большей силы, причем расстояния от точки приложения равнодействующей до точек приложения сил обратно пропорциональны силам.* Итак:

$$R = Q - P$$

и

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{Q}{P},$$

или, следовательно:

$$Pl_1 = Ql_2.$$

Точка приложения равнодействующей — центр параллельных сил, направленных в разные стороны, — лежит вне этих сил, со стороны большей силы.

6. Разложение сил

Выше мы нашли, что две силы, направленные под углом друг к другу, вполне равноценны третьей силе, являющейся диагональю параллелограмма, построенного на данных силах, как на сторонах. И наоборот, всегда можно найти две такие пересекающиеся силы, которые были бы вполне равноценны одной данной. Для этого надо построить параллелограм так, чтобы данная сила была диагональю, тогда искомыми силами будут стороны параллелограмма (при изучении теории полета самолета нам особенно часто придется иметь дело именно с этой задачей).

Пусть на тело M действует сила R и требуется разложить ее на две силы, действующие по направлениям OM и ON (рис. 11, а). Проведем из конца вектора R (рис. 11, б) линии, параллельные OM и ON , т. е. построим параллелограм. Стороны построенного параллелограмма P и Q и будут по величине и направлению искомыми силами, совместное действие которых будет равноценно одной силе R .

Итак, *разложение одной силы на две, действующие под углом друг к другу, производится по правилу параллелограмма сил.* Нужно только иметь в виду, что на одной диагонали можно построить бесчисленное множество параллелограмов; поэтому, для того чтобы задача по разло-