

Устойчивые положения

Автоматическое ориентирование можно рассматривать как процесс приведения деталей из любого устойчивого положения в заданное устойчивое положение.

Тело в зависимости от его формы и положения на ориентирующей плоскости может занимать устойчивое, неустойчивое и безразличное положение. Если на тело действует только сила тяжести, то устойчивое положение детали можно определить как такое, при котором вектор силы тяжести пересекает базисную опорную грань, т. е. зону горизонтальной ориентирующей плоскости, ограниченную замкнутым контуром по опорным точкам касания.

Рассмотрим основные факторы, влияющие на устойчивость деталей. Вывести тело из данного устойчивого положения можно, приложив к нему дополнительную активную силу или момент. Так как активные силы и моменты обладают запасом потенциальной энергии (при перемещении тела вдоль линии действия нужно приложить работу или при этом выделится работа), то с энергетической точки зрения устойчивым положением тела будет положение, соответствующее минимуму потенциальной энергии тела по отношению к эквипотенциальной поверхности.

В этой связи энергетически устойчивое положение тела на ориентирующих поверхностях характеризуется работой всех внешних сил, направленных на вывод тела из занимаемого положения, причем работа внешних сил меньше приращения запаса потенциальной энергии тела, которое оно получает при выходе из заданного положения, т. е.

$$A < \int_{W_0}^{W_i} dW,$$

где

A – работа всех внешних сил, направленная на вывод из занимаемого положения;

dW – приращение потенциальной энергии тела в пределах

от W_0 до W_i ;

Активными силами могут быть силы тяжести, взаимодействия соприкасающихся тел, инерции, силы воздействия ориентирующих органов и т. п.

Обычно изменение положения тела происходит путем его поворота. Поэтому причиной изменения положения является, как правило, момент всех действующих на тело активных сил. При этом происходит изменение ориентации тела по отношению к заданным осям координат.

Изменение положения тела характеризуется тремя параметрами: величиной приложенного момента, углом поворота тела из одного положения в другое и величиной затраченной для этого работы внешних активных сил.

В качестве примера рассмотрим методику определения устойчивого положения цилиндра [31]. У цилиндра, стоящего на горизонтальной плоскости торцом (рис. 35, а), равнодействующая активных сил – сила тяжести G . Эквипотенциальная поверхность – горизонтальная плоскость $I - I$. Минимальное расстояние от точки приложения равнодействующей (центра тяжести) до эквипотенциальной

поверхности
$$h = \frac{L}{2}.$$

Минимум потенциальной энергии положения тела

$$W_{\min} = Gh_c = G \frac{L}{2}.$$

При наклоне цилиндра на угол α (рис. 35, б) запас потенциальной энергии

$$W = Gh = G \left(\frac{L}{2} \cos \alpha + r \sin \alpha \right) \quad (75)$$

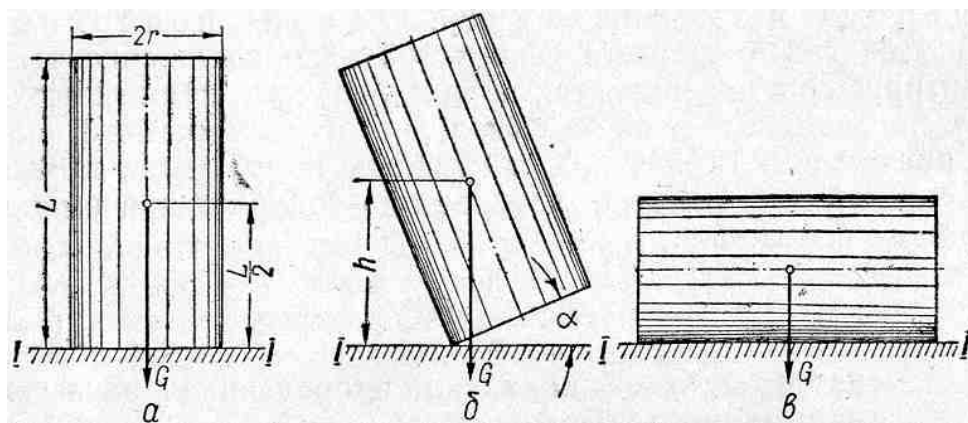


Рис. 35. Установка цилиндра на горизонтальной плоскости.

Максимальный запас потенциальной энергии (положение неустойчивого равновесия) при

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{2r}{L}$$

$$W_{\max} = Gh_{\max} \sqrt{4r^2 + L^2}. \quad (76)$$

Изменение расстояния от эквипотенциальной поверхности до точки приложения равнодействующей происходит по закону

$$h = \frac{L}{2} \cos \alpha + r \sin \alpha. \quad (77)$$

Первая производная выражения (77) представляет собой плечо приложения равнодействующей в каждый данный момент времени, хорошо характеризует устойчивость тела и называется удельным моментом устойчивости:

$$m_r = \frac{dh}{d\alpha} = r \cos \alpha - \frac{L}{2} \sin \alpha. \quad (78)$$

Из выражения (78) следует, что удельный момент устойчивости изменяется в сторону уменьшения до

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2r}{L},$$

нуля при значении $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2r}{L}$, а затем меняет свой знак. Таким образом, можно определить еще один признак устойчивого положения тела: если удельный момент не меняет знака при отклонениях тела от данного положения обе стороны, то тело и имеет устойчивое положение. Если же удельный момент устойчивости меняет знак при бесконечно малых отклонениях тела положения, где удельный момент

равен нулю, то тело получает максимум потенциальной энергии, положение его неустойчиво, хотя тело и находится в равновесии.

При расположении цилиндра на ориентирующей горизонтальной плоскости боковой образующей (рис. 35, в) удельный момент устойчивости цилиндра в плоскости оси

$$m_1 = \frac{L}{2} \cos \alpha - r \sin \alpha. \quad (79)$$

Так как значение m_L положительно при наклоне цилиндра в любую сторону, то имеет место второе устойчивое положение цилиндра в пределах от

$\alpha = 0$ до

$$\alpha = \arctg \frac{L}{2r}$$

В направлении, перпендикулярном оси цилиндра, $m = 0$, т. е. величина удельного момента постоянна и равна нулю, запас потенциальной энергии также постоянен и поэтому имеет место безразличное положение тела.

По уравнениям (78) и (79) можно определить, в каком положении тело будет более устойчивым, а в каком менее устойчивым, т. е. получить не только качественную, но и количественную характеристику устойчивости.

Если тело находится в покое, то на него действуют только силы веса. При движении появляются добавочные активные силы, силы инерции и трения, которые следует учесть при исследовании устойчивости данного положения в режиме движения указанным выше способом.