

Были сконструированы также стабилизаторы для однорельсовых железных дорог; массивный быстро вращающийся гироскоп, помещаемый внутри вагона однорельсовой дороги, препятствует опрокидыванию вагона. Роторы для гироскопических стабилизаторов изготовляют весом от 1 до 100 и более тонн.

В торпедах гироскопические приборы, автоматически действуя на рулевое управление, обеспечивают прямолинейность движения торпеды в направлении выстрела.

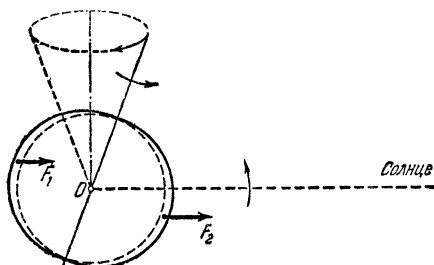


Рис. 73. Прецессия земной оси.

Суточное вращение Земли делает ее подобной гироскопу. Так как Земля представляет собой не шар, а фигуру, близкую к эллипсоиду, то притяжение Солнца создает равнодействующую, не проходящую через центр масс Земли (как было бы в случае шара). Вследствие этого возникает вращающий момент, который стремится повернуть ось вращения Земли перпендикулярно к плоскости ее орбиты (рис. 73). В связи с этим земная ось испытывает прецессионное движение (с полным оборотом примерно за 25 800 лет).

§ 39. Проявление поворотных (кориолисовых) сил инерции

При вращательном движении твердых тел проявляются *центробежные* и в некоторых случаях так называемые *кориолисовы силы инерции*

Ряд примеров проявления центробежной силы инерции уже был рассмотрен нами в § 17

Всякая сила инерции представляет собой реакцию тела, приложенную к связям и возникающую тогда, когда вследствие существования связей телу сообщается какое-либо ускорение. В частности, если телу сообщается поворотное (кориолисово) ускорение (происхождение которого было рассмотрено в § 7), то тело развивает *поворотную (кориолисову) силу инерции*, равную произведению массы тела на поворотное ускорение, направленную противоположно поворотному ускорению и приложенную к связям.

Гироскопический эффект, т. е. сопротивление которое оказывает гироскоп, когда мы поворачиваем его ось вращения, есть не что иное как проявление развиваемой гироскопом поворотной (кориолисовой) силы инерции. Чтобы убедиться, что гироскопические силы и поворотные силы инерции — одно и то же, рассмотрим еще раз с новой точки зрения причины, вызывающие гироскопический эффект.

Допустим, что наблюдатель держит в руках ось (подшипники оси) быстро вращающегося гироскопа и, поворачиваясь, изменяет положение оси гироскопа в пространстве, не изменяя относительно гироскопа положения туловища и рук.

Возьмем систему координат, связанную с упомянутым наблюдателем. По отношению к астрономической инерциальной системе координат указанная система координат является подвижной; переносным движением в данном случае будет поворот наблюдателя. Допустим, что наблюдатель поворачивается с угловой скоростью ω .

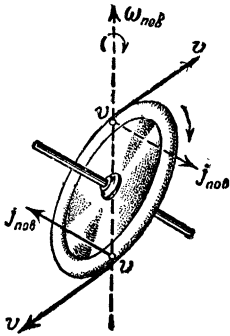


Рис. 74. Кориолисово ускорение в гироскопе.

Угловую скорость вращения гироскопа вокруг своей оси обозначим через ω' , а окружную скорость какой-либо частицы гироскопа обозначим через $v = \omega' r$ (где r — расстояние частицы от оси гироскопа). Ясно, что v в данном случае означает скорость относительного движения (в первой главе эту скорость относительного движения мы обозначили через w). Согласно сказанному в § 7 поворотное ускорение направлено перпендикулярно к оси поворота подвижной системы ориентировки и перпендикулярно к относительной скорости, причем поворотное ускорение направлено туда, куда нужно смотреть, чтобы перемещение от оси поворота к вектору относительной скорости было видно происходящим по часовой стрелке. Следовательно, поворотное ускорение для частиц, лежащих на оси поворота, $j_{пов}$, направлено так, как показано на рис. 74.

Направление поворотной силы инерции, развиваемой указанными частицами, показано на рис. 75, а. Поскольку поворотное ускорение пропорционально синусу угла между осью поворота подвижной системы и направлением относительной скорости,

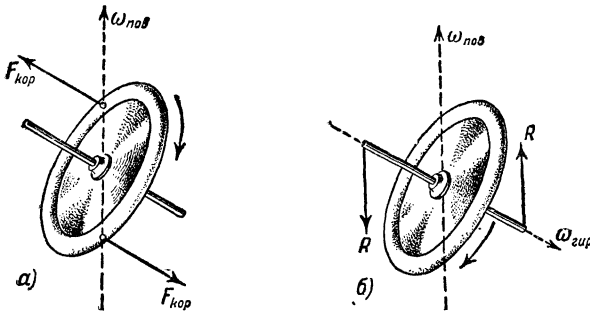


Рис. 75. Кориолисовы силы (а) и силы реакции (б) в гироскопе.

рости, то очевидно, что для различных частиц гироскопа поворотное ускорение будет иметь неодинаковую величину. Для частиц, окружная скорость которых в данный момент параллельна оси поворота, $j_{пов}$ равно нулю. Если принять во внимание симметрию гироскопа, то нетрудно сообразить, что суммарные поворотные силы инерции, развиваемые всеми частицами гироскопа, дадут пару сил, ориентированную так же, как силы инерции для частиц, расположенных на оси поворота (рис. 75, а). Эта пара сил и представляет собой реакцию, с которой ось гироскопа действует на руки наблюдателя, стремящегося повернуть гироскоп (рис. 75, б); когда наблюдатель поворачивается с гироскопом в руках справа налево, ось гироскопа оказывает на правую руку давление вверх, а на левую — вниз (ось вращения гироскопа стремится совпасть с осью поворота).

Вследствие суточного вращения Земли поворотные силы инерции проявляются при движении по поверхности Земли. Суточное вращение Земли, происходящее с

запада на восток, можно изобразить вектором угловой скорости, направленным по земной оси от южного полюса к северному. Если какое-либо тело движется в северном полушарии по меридиану от полюса к экватору, то поворотное ускорение этого тела направлено касательно к поверхности Земли на восток, и следовательно, поворотная сила инерции, развиваемая этим телом, направлена на запад (рис. 76). Поворотная сила инерции, развиваемая рекой, текущей от полюса к экватору, приложена к западному берегу реки, который со временем подмывается и поэтому обычно бывает круче восточного берега.

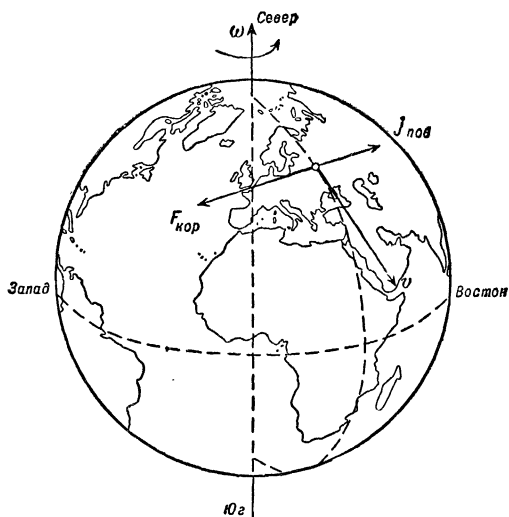


Рис. 76. Кориолисовы силы при движении по поверхности Земли.

Нетрудно сообразить, что и в южном полушарии поворотное ускорение тела, движущегося от полюса к экватору, направлено в ту же сторону, что и в северном полушарии, т. е. на восток, а поворотная сила инерции — на запад.

Сказанным объясняется направление *пассатных ветров*. У экватора потоки нагретого воздуха поднимаются вверх и растекаются к полюсам. В нижнем слое атмосферы холодный воздух движется от полюсов к экватору. В этом нижнем течении воздуха поворотные силы инерции создают давление, которое отклоняет потоки воздуха от меридиана на запад, так что по мере приближения к тропикам ветер получает постоянное направление: в северном полушарии — с северо-востока, в южном полушарии — с юго-востока на запад.

Поворотные силы инерции играют известную роль во всех областях техники, где встречаются быстро вращающиеся диски, колеса, маховики и т. д. В железнодорожном деле гироскопические силы проявляются на закруглениях пути, увеличивая вертикальное давление колес на внешний рельс и уменьшая давление на внутренний. При движении велосипеда гироскопические силы имеют большое значение, играя здесь полезную роль, а именно: реактивный момент вращающихся колес способствует устойчивости велосипеда.