

носительно невращающейся системы $\xi^* \eta^* \zeta^*$, то ур-ния (9) можно представить в виде

$$H \left(\frac{dx}{dt} - y\omega_z + \omega_y \right) = M_x, \quad (10)$$

$$H \left(\frac{dy}{dt} + x\omega_z - \omega_x \right) = M_y.$$

Полученные ур-ния удобны для исследования поведения однороторного гироскопа, гироскопич. маятника (гировертикали) при смещениях основания, на к-ром они расположены. В первом случае ось z направляется на север, а во втором — вертикально.

Ур-ния движения Г. в кардановом подвесе, соответствующие нутац. теории, можно также вывести, пользуясь *Лагранжа уравнениями* 2-го рода. При этом следует рассматривать движение механич. системы, состоящей из ротора и элемента подвеса Г. по отношению к невращающейся системе координат $\xi^* \eta^* \zeta^*$ с началом в центре карданова подвеса, и принять углы α, β и φ за обобщённые координаты упомянутой механич. системы. Составив ур-ния для её кинетич. энергии, с помощью ур-ний Лагранжа 2-го рода можно получить ур-ния движения, позволяющие изучать поведение Г. в разл. гироскопич. устройствах.

Устойчивость гироскопа. Г. с тремя степенями свободы, находящийся под длит. воздействием сил, устойчив во всегда. Напр., вертикальный («спящий») волчок, испытывающий воздействие силы тяжести (рис. 10), устойчив только при выполнении условия

$$(I\Omega)^2 > 4Pa, \quad (11)$$

где P — вес Г., a — расстояние от центра тяжести от точки опоры O , A — момент инерции Г. относительно оси Ox . При невыполнении этого условия ось Г. будет удаляться от вертикали, совершая петлеобразные движения. Аналогичное условие имеет место и для устойчивости прецессионного движения Г. Напр., устойчивость при движении в воздухе вращающегося артиллерийского снаряда приближённо определяется ф-лой Н. В. Маиевского, к-рая совпадает с (11), если в ней под P понимать силу сопротивления воздуха, а под a — расстояние от центра масс C до точки O пересечения линии действия силы P с осью снаряда (рис. 11).

Г. с двумя степенями свободы (рис. 4) всегда неустойчив; при толчке, дающем момент относительно оси bb_1 , такой Г. начнёт вращаться вместе с кольцом вокруг этой оси.

Гироскопы в технике. Применяемые в технике Г. представляют собой тела вращения (роторы), имеющие обычно форму маховика с утолщённым ободом или шара массой от неск. г до десятков кг. Быстрое вращение Г. (со скоростью до 60 000 об/мин и более) обычно достигается тем, что ротор Г. делается вращающейся частью (ротором) быстроходного электродвигателя пост. или переменного тока. Иногда вращение Г. поддерживается струёй воздуха — ротор Г. является одновременно ротором возд. турбины. К основанию прибора (устройства) Г. крепится с помощью той или иной системы подвеса. Наиболее употребителен карданов подвес с ротором, заключённым в кожух. Для уменьшения сопротивления вращению в ряде случаев кожух делается герметичным и заполняется водородом. Это способствует также предотвращению коррозии металлах, частей и окисления смазки. В нек-рых приборах кожух, заключающий в себе ротор Г., погружают в жидкость. Подшипники кожуха (поплавок) при этом почти полностью разгружаются и момент трения скольжения в

них уменьшается до стотысячных долей. Н-см. Применяются также проволочные (торсионные) подвесы и подвесы на возд. плёнке, напр. у т.п. шара-гироскопа (рис. 12).

Важным элементом мн. гироскопич. приборов является уравновешенный Г. с тремя степенями свободы. Для повышения точности прибора требуется максималь-

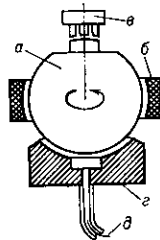


Рис. 12. Шар-гироскоп Сперри на воздушном подвесе: a — стальной ротор; b — статор, создающий вращающее магнитное поле; z — датчик, посредством сигналов к-рого производится «слежение» за осью шара на качающемся основании (корабле); z — бронзовая чаша, отделённая от шара воздушным слоем толщиной порядка сотых долей мм; d — подача сжатого воздуха для поддержки шара-гироскопа.

по уменьшать величину момента M , возникающего вследствие трения в осях подвеса и несоответствия центра тяжести ротора с центром подвеса, т. к., согласно ф-ле (1), этот момент вызывает прецессию (уход) оси ротора. Момент трения в подвесах точных (прецизионных) Г. обычно уменьшают применением высококачеств. шариковых подшипников. Вследствие вибраций подвеса или возвратно-вращат. движений внеш. ободы шарикоподшипников момент трения в ряде случаев удаётся сделать значительно меньше момента силы тяжести. Уменьшение момента силы тяжести достигается соответствующей балансировкой Г. Требуемая при этом точность совмещения центра масс Г. с геом. центром подвеса очень велика. Так, для Г. ср. размеров массой ок. 1 кг, имеющего угловую скорость вращения ротора порядка 30 000 об/мин, смещение центра масс от оси подвеса на 1 мм вызывает прецессию со скоростью ок. 1 град/ч. Земля вращается со значительно большей угловой скоростью — 15 град/час. Следовательно, подобным Г. можно легко обнаружить факт вращения Земли. Однако для решения ряда технич. вопросов, напр. навигации судов и ракет, требуется ещё более высокая точность балансировки, т. к. скорость ухода оси Г. относительно неподвижных звёзд порядка 1 град/ч оказывается чрезмерно большой. Улучшая балансировку и уменьшая трение в осях, а также увеличивая кинетич. момент H , удаётся в соответствии с ф-лой (1) достичь медленного ухода оси и обеспечить тем самым необходимую точность работы разл. гироскопич. приборов, в частности приборов управления движением баллистич. ракет и систем инерциальной навигации.

В обычных Г. имеются два разл. вида подшипников: подшипники, в к-рых совершает быстрое вращение ротор, и подшипники подвеса. Подшипники оси собств. вращения ротора должны обладать достаточной жёсткостью, высокой долговечностью при работе на больших скоростях вращения. Подшипники же подвеса работают при малых угловых скоростях и осп. требование к ним — иметь возможно меньшее трение.

Среди современных типов Г., в к-рых проблема опор решается иначе, чем в классич. схеме «ротор в кардановом подвесе», следует упомянуть т.п. динамически настраиваемый Г. В нём быстровращающийся ротор посредством упругих связей и промежуточных инерц. элементов крепится к валу. Спец. подбором параметров (условие динамич. настройки) добиваются равенства нулю (в среднем) моментов, вызывающих прецессию оси ротора в пределах малых углов её отклонения от оси вала ротора. В результате ось ротора практически оказывается неподвижной в инерциальном пространстве. Преимуществом этих Г. является отсутствие специфич. моментов трения в подшипниках подвеса, а также возможность увеличения кинетич. момента ротора при неизменных габаритах прибора.

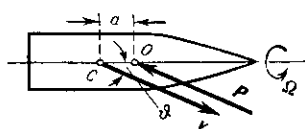


Рис. 11. К устойчивости вращающегося снаряда.