Исследование процессов, в течение к-рых оси роторов Г. совершают нутации, и решение вопросов устойчивости гироскопич. систем требуют учёта кинетич. моментов всех тел, входящих в состав гироскопич. системы. Соответствующие ур-ния движения являются ур-ниями нутац. теории Г. Дифференц. ур-ния нутац. теории имеют для данной гироскопич. системы более высокий порядок, чем ур-ния прецессионного движения. Однако решение задач нутац. теории упрощается тем обстоятельством, что во мн. случаях можно ограничиться рассмотрением малых движений методами теории малых колебаний.

Строго ур-ния движения Г. справедливы по отношению к инерциальной системе отсчёта, однако на практике движение гироскопич. систем приходится изучать по отношению к осям, связанным с тем подвижным объектом (судно, самолёт, ракета, Земля и др.), на к-ром эти системы установлены. Поэтому при составлении ур-ний в число действующих сил надлежит включать также переносные и *Кориолиса силы* инерции, обусловленные перемещением объекта. Оказывается, что удобнее всего составлять ур-ния движения Г. по отношению к системе координат $O\,\xi^*\,\eta^*\,\zeta^*$ с началом в центре O подвеса гироскопич. системы и с осями, не изменяющими своей ориентации относительно направлений на неподвижные звёзды, т. е. перемещающимися по отношению к инерциальной системе отсчёта поступательно. В этом случае кориолисовы силы инерции вообще отсутствуют, а все силы инерции переносного движения антипараллельны ускорению центра O в его движении относительно инерциальной системы отсчёта.

В теории Г. с достаточным для практики приближением можно за инерциальную систему отсчёта принять невращающуюся систему координат с началом в центре Земли. Точно так же малая погрешность при подсчёте сил инерции переносного движения происходит, если за ускорение центра O подвижной невращающейся системы координат $\xi^*\eta^*\zeta^*$ принять его ускорение относительно земной поверхности. В этом случае вместо действующих на массы частей гироскопич. системы сил тяготения к Земле следует брать силы тяжести. Для составления ур-ний движения Г. введём ещё систему осей $O\,x'y'z'$ с началом в той же точке O, что и у системы $O\,\xi^*\eta^*\zeta^*$ (точка O лежит где-то на оси симметрии ротора, напр. в центре его подвеса). Ось z' системы совпадает с осью симметрии ротора, но сама система $Ox'y'z'$ не вращается вместе с ротором, будучи связанной, напр., с кожухом Г. Тогда

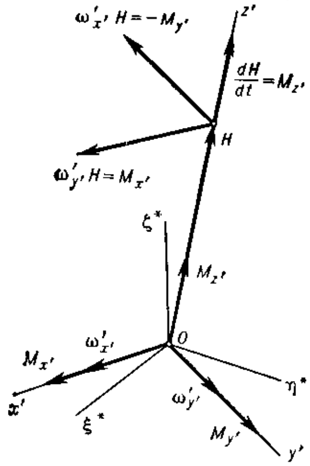

Рис. 5. Приложение теоремы механики системы о кинетическом моменте к установлению уравнения прецессионного движения ротора гироскопа. Скорость конца вектора собственного кинетического момента принимается геометрически равной главному моменту совокупности сил, приложенных к ротору.

ур-ния прецессионного движения ротора, симметричного Г. относительно осей $O\,\xi^*\eta^*\zeta^*$, записанные в проекциях на оси $Ox'y'z'$, имеют вид

$$\begin{aligned}\omega'_{y'}H&=M_{x'},\\ -\omega'_{x'}H&=M_{y'},\\ \frac{dH}{dt}&=M_{z'}.\end{aligned}\qquad(4)$$

Они выражают (рис. 5) равенство (по числ. величине и направлению) скорости конца вектора собственного кинетич. момента $\boldsymbol{H}$ и гл. момента $\boldsymbol{M}_0$ относительно центра O сил, приложенных к ротору. В число этих сил должны быть включены переносные силы инерции, обусловленные поступат. движением системы отсчёта $O\ \xi^*\eta^*\zeta^*$. Величины $\omega'_{x'}$ и $\omega'_{y'}$ — проекции на оси x' и y' угловой скорости системы координат $Ox'y'z'$ относительно системы $O\xi^*\eta^*\zeta^*$, т. е. относительно направлений на неподвижные звёзды. Угловую скорость ротора относительно осей $Ox'y'z'$ можно наз. угловой скоростью его собств. вращения. Вектор $\boldsymbol{H}$ направлен по оси собств. вращения (рис. 6) ротора z', а его модуль можно принять равным

$$H=C\,\frac{d\varphi}{dt}\,,\qquad(5)$$

где C — момент инерции ротора относительно его оси симметрии z' (полярный момент инерции), φ — угол поворота ротора относительно системы координат $x'y'z'$. Принимается также, что $\frac{d\varphi}{dt}$ значительно превышает величину $\omega'_{z'}$ — проекцию угловой скорости системы координат на её же ось (на практике на 3—4 порядка). В большинстве случаев H можно считать постоянным, т. к. обычно моменты сил, вращающих ротор, и моменты сопротивления этому вращению взаимно уравновешиваются. Соответственно, в 3-м из ур-ний (4) следует положить $M_{z'}=0$.

Более строгими ур-ниями движения ротора являются ур-ния, соответствующие нутац. теории Г., а именно:

$$\begin{aligned}&A\,\frac{d\omega'_{x'}}{dt}+(C-A)\,\omega'_{y'}\omega'_{z'}+\omega'_{y'}H=M_{x'},\\ &A\,\frac{d\omega'_{y'}}{dt}+(A-C)\,\omega'_{z'}\omega'_{x'}-\omega'_{x'}H=M_{y'},\\ &C\,\frac{d\omega'_{z'}}{dt}+\frac{dH}{dt}=M_{z'}\,,\end{aligned}\qquad(6)$$

где A — момент инерции ротора относительно к.-л. оси, перпендикулярной его оси симметрии и проходящей через центр O (экваториальный момент инерции). В ур-ниях (6), в отличие от ур-ний (4), принято, что система координат $x'y'z'$ может иметь угловую скорость с произвольной составляющей $\omega'_{z'}$ вдоль оси симметрии ротора z'. В частности, эту систему можно связать с

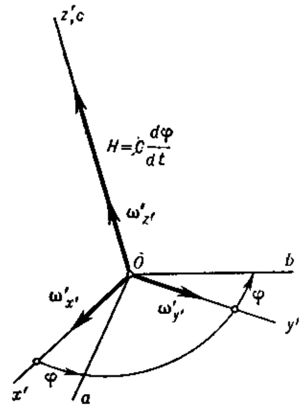

Рис. 6. Вектор собственного кинетического момента гироскопа. Система координат abc связана с ротором гироскопа; она вращается относительно системы $x'y'z'$ с угловой скоростью $d\varphi/dt$ вокруг оси z', совпадающей с осью c. Момент инерции ротора относительно оси c (оси симметрии или оси собственного вращения) обозначен через C.

самим ротором. Тогда ур-ния обращаются в общеизвестные ур-ния Эйлера движения твёрдого осесимметричного тела (см. *Эйлера динамические уравнения*), осложнённые наличием в правых частях упоминавшихся выше переносных сил инерции.

Ур-ния (4) и (6) пригодны для изучения движения ротора Г., не стеснённого кардановым подвесом, напр. в случае шарового Г. (см. ниже), и вообще свободных тел (снаряд, небесные тела, искусств. спутники, космич. корабли). При наличии же карданова подвеса в состав сил, образующих моменты относительно осей x' и y', т. е. в выражения для $M_{x'}$ и $M_{y'}$, войдут неизвестные силы — нормальные реакции подшипников оси ротора. Для исключения этих сил, представляющих