

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Вишенковой Екатерины Алексеевны «Исследование влияния высокочастотных вибраций на устойчивость движения механических систем», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика».

Диссертация Е.А. Вишенковой посвящена задаче исследования влияния высокочастотных гармонических вибраций на существование и устойчивость ряда частных движений механических систем. Эта задача актуальна как с теоретической, так и с прикладной точки зрения. Вибрационные процессы присутствуют во многих механизмах, их наличие может стабилизировать рабочие режимы системы или, напротив, оказать на них негативное влияние. В ряде случаев вибрации могут вызвать появление новых режимов движения и новых динамических эффектов, что важно учитывать при эксплуатации систем.

Теоретическое исследование проблемы начато в работах А. Стефенсона (1908 г.), изучавшего динамическую стабилизацию верхнего положения равновесия простого и двойного маятников за счет быстрых вертикальных вибраций точки подвеса. В нашей стране данную проблематику активно развивали П.Л. Капица и Н.Н. Боголюбов. К настоящему времени существует обширная литература по вибрационной механике, среди которой выделим работы Т.Г. Стрижак, В.И. Юдовича, А.П. Маркеева, О.В. Холостовой и др.

В недавних работах А.П. Маркеева получена приближенная автономная система дифференциальных уравнений, описывающая движение тяжелого твердого тела с произвольной геометрией масс при наличии высокочастотных периодических или условно-периодических вибраций одной из его точек. В рамках этой системы на поле тяжести накладывается дополнительное силовое поле, потенциал которого назван вибрационным. При наличии вертикальных вибраций момент силы тяжести коллинеарен вибрационному моменту, и ряд частных движений тела такой же, как в случае неподвижной точки подвеса. Однако имеются и существенные различия в областях их существования и устойчивости, что должно составлять предмет изучения.

В первой главе диссертации приводится вывод приближенной системы дифференциальных уравнений движения тяжелого твердого тела с произвольной геометрией масс при высокочастотных вертикальных гармонических вибрациях точки подвеса. Эти уравнения представляются в гамильтоновой форме, а также в форме модифицированных уравнений Эйлера — Пуассона. Выписывается точность решений этих приближенных систем. Рассмотрены вопросы существования перманентных вращений тела (в системе координат, движущейся поступательно вместе с точкой подвеса), показано, что, как и в случае тела с неподвижной точкой, они могут происходить только вокруг вертикально расположенных осей. Получено уравнение конуса осей перманентных вращений в теле, являющееся обобщением известного уравнения конуса Штауде осей перманентных вращений твердого тела с неподвижной точкой. Дано описание до-

пустимых дуг для случая расположения центра масс на главной оси инерции, а также для динамически симметричного тела.

Во второй и третьей главах изучается устойчивость перманентных вращений тела для случая расположения его центра масс на главной оси инерции. При этом осями вращения являются либо сама эта главная ось (глава 2), либо оси, лежащие в одной из главных плоскостей инерции, примыкающих к ней (глава 3). Исследование проводится в четырехмерном пространстве безразмерных параметров задачи — двух инерционных параметров, а также параметров, характеризующих частоту вибрации точки подвеса и угловую скорость перманентного вращения. Для всех допустимых значений параметров найдены условия устойчивости в линейном приближении, являющиеся в ряде случаев достаточными условиями устойчивости. Проведен нелинейный анализ устойчивости: получена нормальная форма гамильтониана возмущенного движения в членах до четвертого порядка включительно относительно возмущений, найдены уравнения поверхностей резонансов третьего и четвертого порядков, а также поверхности вырождения.

Подробно исследованы два частных случая, когда тело динамически симметрично и когда распределение масс в нем соответствует случаю Бобылева — Стеклова. Построены сечения допустимых областей пространства параметров, отслежена эволюция областей выполнения достаточных и только необходимых условий устойчивости, а также резонансных кривых и кривых вырождения. Проверены условия устойчивости на кривых резонанса четвертого порядка, выявлены области неустойчивости.

В четвертой главе исследуется специальный случай перманентного вращения динамически симметричного тела, для которого частота вибраций и угловая скорость перманентного вращения связаны соотношением специального вида. Этот случай реализуется только при наличии вибраций точки подвеса. Проведен полный, линейный и нелинейный анализ устойчивости этого движения.

Во второй части диссертации исследуется движение двойного маятника (системы двух шарнирно соединенных однородных стержней), точка подвеса которого совершает быстрые горизонтальные гармонические вибрации малой амплитуды. Методами теории возмущений гамильтониан системы приведен к виду, главная часть которого автономна и соответствует консервативной системе с двумя степенями свободы. В рамках приближенной системы рассмотрен вопрос об устойчивости четырех относительных равновесий маятника на вертикали, а также, для случая двух одинаковых стержней, вопросы существования, бифуркации и устойчивости других («боковых») относительных равновесий. Методом Пуанкаре в полной системе построены высокочастотные периодические движения маятника, рождающиеся из относительных равновесий приближенной системы, проведен линейный и нелинейный анализ их устойчивости. Установлены условия устойчивости для большинства (в смысле Лебега) начальных условий и формальной устойчивости.

