

Отзыв
официального оппонента
к.ф.-м.н. Зленко Александра Афанасьевича
на диссертацию Майорова Андрея Юрьевича «Качественный и
асимптотический анализ динамики неконсервативных систем с
квадратичным трением», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 –
«Теоретическая механика»

Диссертация Майорова Андрея Юрьевича посвящена исследованию устойчивости положения равновесия и малым колебаниям неконсервативных механических систем с квадратичными и линейными вязкими силами трения.

Важное прикладное значение имеют задачи, связанные с исследованием поперечных колебаний корпуса ракетносителя (РН) или другого космического аппарата, возникающих вследствие деформаций корпуса во время полета. Как известно, влияние реактивных сил и сил аэродинамического сопротивления совместно с малой деформацией корпуса могут стать причиной усиления этих поперечных колебаний, и как следствие потери устойчивости движения РН. Учет вязкой деформации при моделировании движений РН является, в том числе, необходимым для повышения требований к точности координатно-временного и навигационного обеспечения РН. В диссертационной работе исследуется устойчивость и колебания неконсервативных механических систем с двумя и тремя степенями свободы с учетом действия позиционных сил, а так же линейных и квадратичных диссипативных сил вязкого трения. Получены условия устойчивости и условия стационарных колебательных режимов для рассматриваемых систем. Решение подобных задач свидетельствует **об актуальности** темы диссертации.

В работе исследованы три задачи.

В первой исследуется устойчивость по первому приближению стационарных точек трехзвенной стержневой системы с учетом совместного влияния потенциальных, позиционных сил, а так же линейных вязких сил трения. Уравнения движения представлены в виде уравнений Лагранжа 2-го рода. В явном виде получен характеристический полином для линеаризованной системы уравнений с тремя степенями свободы. Получены условия устойчивости для случая, когда вязкие силы трения равны нулю. Доказана теорема о необходимых и достаточных условиях асимптотической устойчивости стационарной точки при наличии сколь угодно малых вязких сил трения в системе. Из теоремы следует существование эффекта дестабилизации положения равновесия малыми силами вязкого трения, известного так же как эффект Циглера, для трехзвенного стержневого механизма.

Вторая задача изучает малые колебания некоторого множества неконсервативных механических систем с двумя степенями свободы общего вида, представленных в виде уравнений Лагранжа 2-го рода, в которых действуют потенциальные силы, позиционные силы, не допускающие потенциала, а так же линейные и квадратичные силы вязкого трения. Вязкие силы заданы с помощью кубической и квадратичной функций Рэлея соответственно. Получены условия существования предельного инвариантного тора в фазовом пространстве усреднённой системы нормализованных уравнений при некоторых ограничениях, накладываемых на параметры задачи.

В третьей задаче исследуется устойчивость стационарных точек двухзвенной стержневой неконсервативной системы, моделирующей движение лопасти винта в плоскости тяги. На систему действуют потенциальные силы, следящая сила, линейные и квадратичные силы вязкого трения. Получены условия устойчивости по первому

приближению, когда силы трения отсутствуют. Для получения условий устойчивости при наличии малых сил вязкого трения, уравнения движения приводятся к нормальным координатам. Для нормализованных уравнений получены условия асимптотической устойчивости и условия эффекта Циглера.

В перечисленных пунктах заключается **научное значение и новизна** результатов, полученных соискателем.

Достоверность и обоснованность выполненных исследований основываются на корректной математической постановке задач, методах теоретической механики и теории усреднения, а так же согласованностью с результатами других авторов.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих как теоретическое значение при исследовании устойчивости и колебаний неконсервативных систем, так и прикладное значение при моделировании движения вязкоупругих конструкций.

Все результаты, изложенные в диссертации, получены лично соискателем. Руководителю, Красильникову П.С. принадлежит постановка задач и общее научное руководство. Эти результаты опубликованы в соответствующих статьях журналов, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертации.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Результаты проведённых исследований прошли апробацию на научных семинарах, российских и международных конференциях.

Результаты диссертации имеют практическую ценность и могут быть использованы специалистами в области теоретической и небесной механики, работающими в МАИ, РУДН, ИМП им. Келдыша, МГУ им. М.В. Ломоносова и других научных и учебных организациях.

По тексту работы имеются следующие замечания:

1. Некоторые результаты в тексте диссертации описаны весьма кратко. В частности, исследование чередования зон неустойчивости при малых значениях угла направления следящей силы следовало исследовать более подробно.
2. Главы диссертации представлены с разной степенью подробности.
3. Во второй главе диссертации (стр. 55) усредненные уравнения имеют 4 стационарные точки. Исследование устойчивости проводится только для одной особой точки, тогда как не обосновывается отсутствие интереса в исследовании других. Для расширения теоретических сведений о механической системе следовало бы провести анализ устойчивости и остальных особых точек усредненной системы.
4. В главе 3 неясно значение квадратичных сил вязкого трения в исследуемой модели, так как устойчивость системы исследуется только в линейном приближении.
5. Имеются некоторые опiski (в частности на стр. 7, первая строка сверху).

Имеется ещё ряд несущественных замечаний, о которых было сообщено автору. Перечисленные в работе замечания не влияют на качество диссертации, полученные результаты и на общую положительную оценку работы.

Таким образом, на основании вышеизложенного, можно сделать заключение о том, что диссертация на тему «Качественный и асимптотический анализ динамики неконсервативных системы с квадратичным трением» соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а её автор **Майоров Андрей Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата**

Физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Официальный оппонент
к.ф.-м.н., доцент кафедры
«Высшая математика» Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский
автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)»
125319, г. Москва Ленинградский проспект, д.64.
e-mail: zalaf121@mail.ru
тел.: 8 (499) 155-03-26, 8 (916) 316-58-50 (моб.)

Зленко А.А.

Подпись официального оппонента к.ф.-м.н. Зленко А.А. удостоверяю

Проректор (направление по научной работе)
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»
доктор технических наук, профессор



С. В. Жанказиев

2017г.

01.12.2017 *Zalaf*