

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.14

**Соискатель:** Майоров Андрей Юрьевич

**Тема диссертации:** Качественный и асимптотический анализ динамики неконсервативных систем с квадратичным трением.

**Специальность:** 01.02.01 – Теоретическая механика

**Решение диссертационного совета по результатам защиты:** На заседании 15 декабря 2017 года, протокол № 10, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Майорову Андрею Юрьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Присутствовали:** Красильников П.С. – *председатель*, Гидаспов В.Ю. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Холостова О.В., Бардин Б.С., Бишаев А.М., Косенко И.И., Котельников В.А., Котельников М.В., Маркеев А.П., Никитченко Ю.А., Овчинников М.Ю., Ревизников Д.Л., Скороход Е.П., Формалев В.Ф., Чуркин В.М., Шамолин М.В..

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.14, к.ф.-м.н., доцент

В.Ю. Гидаспов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.14 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15.12.2017 № 10

О присуждении Майорову Андрею Юрьевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Качественный и асимптотический анализ динамики неконсервативных систем с квадратичным трением» по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика» принята к защите «12» октября 2017 года, протокол № 7, диссертационным советом Д 212.125.14 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012.

Соискатель Майоров Андрей Юрьевич 1990 года рождения, окончил в 2013 году факультет «Прикладная математика и физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по специальности «Прикладная математика».

В августе 2016 года окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Работает ассистентом кафедры «Моделирование динамических систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре «Моделирование динамических систем» факультета «Информационные технологии и прикладная математика».

Научный руководитель – заведующий кафедры «Моделирование динамических систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, профессор Красильников Павел Сергеевич.

Официальные оппоненты:

1. Шатина Альбина Викторовна, гражданка Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Высшая математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА);

2. Зленко Александр Афанасьевич, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Высшая математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ) дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН), Москва, в своем положительном заключении, составленном профессором Института физических исследований и технологий, доктором физико-математических наук Мухарлямовым Робертом

Гарабшевичем, и утвержденном первым проректором – проректором по научной работе ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», доктором философских наук, профессором Кирабаевым Нуром Сериковичем, указала, что диссертация содержит новые научные результаты, имеющие существенное теоретическое и практическое значение, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне по исследованию задач устойчивости и колебаний механических систем с конечным числом степеней свободы под действием неконсервативных, потенциальных и диссипативных сил, возникающих при моделировании движений вязкоупругих конструкций, в том числе в вязкой среде.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**Отзыв на диссертацию ведущей организации.**

Замечания по диссертации:

1. Анализ проблемы и обоснование задачи отсутствуют в первой главе и представлены в третьей главе. Описание первой главы начинается с постановки задачи исследования динамики трёхзвенного механизма, что приводит к ограниченному восприятию содержания.

2. Следовало подробнее изучить эффект чередования областей устойчивости и неустойчивости, описанный в первой главе диссертации, при произвольных (малых) значениях угла действия следящей силы, рассматривая соответствующую переменную в качестве малого параметра.

3. Полученные во второй главе диссертации усреднённые уравнения представлены только для медленных переменных системы. Следовало бы так же указать уравнения для быстрых переменных. Кроме того, для рассмотренного в диссертации частного случая функции Рэлея выражения для медленных переменных представляют собой дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными, и, следовательно, могут быть проинтегрированы.

4. Во второй главе диссертации представлены результаты исследования устойчивости одной из четырех особых точек усреднённых уравнений для

медленных переменных. Отсутствуют сведения о движении в окрестности остальных стационарных точек.

5. Есть некоторые опечатки: уравнения (2.1) и (3.1).

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Шатиной Альбины Викторовны.**

Замечания по диссертационной работе.

1. Имеются множественные описки, ошибки в орфографии, опечатки в тексте диссертации, которые встречаются уже на первых страницах при написании кинетической энергии, системы уравнений Лагранжа, возмущенной системы уравнений. Вот некоторые из них.

1.1) На стр. 15 в написании кинетической энергии пропущены точки у обобщенных координат  $\varphi_2, \varphi_3$ .

1.2) Во втором уравнении системы уравнений Лагранжа (1.2) на стр. 15 вместо  $\ddot{\varphi}_3^2$  должно быть  $\ddot{\varphi}_2$ , а вместо  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$  в четвертом слагаемом должен быть  $\sin(\varphi_2 - \varphi_1)$ . Аналогично, в системах (1.5), (1.6)  $\ddot{\beta}_3^2$  следует заменить на  $\ddot{\beta}_2$ .

1.3) В третьей строке снизу в системе (1.6) неверно расставлены скобки.

1.4) В матрице A на стр. 18 элемент в третьей строке и в третьем столбце равен 1/3, а не 1/2.

1.5) В формулах (1.16) вместо  $f_{2k}, f_{2m}$  должно быть  $f_k, f_m$ .

2. Характеристический многочлен в задаче о движении трехзвенного механизма в первой главе имеет очень громоздкий вид. Например, коэффициент при  $\lambda^2$  занимает 10 строк в тексте диссертации. При этом при написании этого выражения пропущены арифметические знаки при переходе с одной строки на другую. В диссертационной работе также не выписаны вспомогательные матрицы алгоритма Лаверье по причине их громоздкого вида. Было бы разумно в качестве приложения включить в текст диссертации соответствующий программный код.

3. В формулировке теоремы 1.4 говорится о полиноме  $\Delta(\mu)$ . Но что это за полином, становится ясно только после прочтения доказательства этой теоремы.

4. Пункт 1.1.5 называется «Графическое построение областей устойчивости положения равновесия». Словосочетание «область устойчивости» здесь не совсем уместно, так как построенные в этом разделе графики иллюстрируют решение системы неравенств относительно одной переменной – параметра  $u$  при фиксированном значении параметра  $v$ . Для параметра  $v$  рассматривается 2 значения:  $v=0$  и  $v=0.001$ . Следует отметить, что в статье авторов Байкова А.Е., Красильникова П.С. (Байков А.Е., Красильников П.С. Об эффекте Циглера в неконсервативной механической системе // ПММ. 2010. Т. 74. Вып. 1. С. 74-88.), на результаты которой опирается диссертант, построены области устойчивости и неустойчивости в плоскости параметров  $u, v$ , а также в плоскости параметров  $\alpha, \gamma$  для аналогичного двухзвенного механизма. Переход к трем степеням свободы существенно усложняет задачу построения аналогичных областей.

5. В пункте 1.2 автор пишет: «Получены ... графические условия устойчивости для значений параметров  $u = \gamma, v = 0.001$ ». Так как  $u = \gamma \cos \alpha, v = \gamma \sin \alpha$ , то такая формулировка некорректна.

#### **Отзыв на диссертацию официального оппонента Зленко Александра Афанасьевича.**

##### Замечания по диссертационной работе.

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 описки (в частности на стр. 7, первая строка сверху).

**На автореферат диссертации поступил 1 отзыв.** Отзыв, поступивший на автореферат диссертации, положительный. В отзыве отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна, достоверность полученных автором результатов и их теоретическая и практическая значимость.

**ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».**

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой «Информационная безопасность и теория управления» Андреевым Александром Сергеевичем.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Желательно бы представить явное выражение для коэффициентов характеристического полинома системы (1).

2. График коэффициентов на рис. 2 изображен при  $\alpha = 0$ . Поэтому подпись под графиком с указанием выражений для  $u$ ,  $v$  и  $\gamma$  неуместна.

3. На рисунке 3 не показан график функции  $f_1(u)$ .

Соискатель имеет 10 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 2 в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, и 1 в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Большинство работ опубликовано в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при непосредственном участии соискателя. Без соавторов опубликовано 2 научные работы. В опубликованных работах излагаются основные положения диссертационной работы: получение условий устойчивости положения равновесия трехзвенной стержневой неконсервативной механической системы в отсутствие сил трения,

формулировка и доказательство критерия асимптотической устойчивости и критерия эффекта Циглера для трехзвенной стержневой системы при сколь угодно малых силах трения, построение области устойчивости и зоны Циглера положения равновесия трехзвенной стержневой системы, получение достаточных условий существования предельного инвариантного тора для неконсервативных систем с двумя степенями свободы, которые находятся под действием линейных и квадратичных диссипативных сил, исследование устойчивости по первому приближению положения равновесия механической системы, моделирующей движение лопасти винта в плоскости тяги.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Майоров А. Ю., Байков А.Ю. Об устойчивости положения равновесия дискретной модели заправочного шланга под действием реактивной силы // Нелинейная динамика, 2015, Т. 11, № 1, С. 127–146.

2. Майоров А. Ю., Байков А. Е. Исследование устойчивости положения равновесия трехзвенной стержневой системы, нагруженной следящей силой // Электронный журнал «Труды МАИ», 2015, Т.80.

3. Майоров А.Ю. О дестабилизации положения равновесия, вызванной линейными и квадратичными силами вязкого трения // СВМО, 2016, Т.18, №3, с.49 – 60.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **получены** необходимые условия устойчивости положения равновесия трехзвенной стержневой системы в отсутствие линейных диссипативных сил;

– **сформулирован и доказан** критерий асимптотической устойчивости положения равновесия систем с тремя степенями свободы при наличии сколь угодно малых линейных диссипативных сил;

– **построены** области устойчивости и зоны дестабилизации положения равновесия малыми диссипативными силами трехзвенной стержневой системы;

– **получены** достаточные условия существования предельного инвариантного тора для систем с двумя степенями свободы, находящихся под действием потенциальных, неконсервативных позиционных сил, линейных и квадратичных диссипативных сил;



– **получены** условия устойчивости в линейном приближении положения равновесия и зон Циглера в механической системе, моделирующей движение лопасти винта в плоскости тяги.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

– **получен** эффект чередования областей устойчивости и неустойчивости в трехзвенной стержневой системе при малых отклонениях угла действия следящей силы, не имеющий аналога в системе с двумя степенями свободы;

– **доказан** критерий существования эффекта Циглера для трехзвенной стержневой системы с малыми силами трения;

– **предложено** использование кубической диссипативной функции Рэля для исследования совместного влияния потенциальных, неконсервативных позиционных, линейных и квадратичных диссипативных сил на устойчивость и колебания механических систем с двумя степенями свободы.

– **получены** достаточные условия существования предельного инвариантного тора усредненной системы с двумя степенями свободы в случае кубической функции Рэля, не содержащих смешанных членов;

– **разработана** новая модель движений лопасти винта на упругой втулке в плоскости тяги, учитывающая влияние сколь угодно малых линейных диссипативных сил на устойчивость стационарных режимов системы.

**Значение для практики** полученных результатов заключается в том, что полученные результаты исследования эффекта Циглера для трехзвенной стержневой системы при наличии малых сил трения позволяют оценить области устойчивости, области нарастающих поперечных колебаний в зонах неустойчивости для дискретных моделей ракеты-носителя и заправочного шланга летательного аппарата. Результаты линейного анализа устойчивости и построения зон Циглера для стационарных режимов движения винта в плоскости тяги можно использовать при конструировании безопасных режимов движений лопасти вертолета.

Оценка **достоверности** результатов исследования выявила, что результаты, представленные в диссертационной работе, подтверждаются использованием строгих методов классической механики и адекватного

математического аппарата, применением аналитических и приближенно-аналитических методов исследования, а так же удовлетворительным согласованием полученных расчетных данных с результатами других авторов.

**Личный вклад** соискателя состоит в формулировке и доказательстве основных теоретических результатов, представленных в диссертационной работе. Также автором реализованы используемые аналитические и численные методы в среде Maple и выполнен анализ полученных расчетных данных.

**Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 “О порядке присуждения ученых степеней”**, так как является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области исследования устойчивости положения равновесия и малых колебаний неконсервативных механических систем с двумя и тремя степенями свободы с линейными и квадратичными силами трения, при этом решены задачи исследования устойчивости дискретных стержневых моделей, имеющих важное практическое значение.

На заседании «15» декабря 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Майорову А. Ю. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного совета  
Д 212.125.14, д.ф.-м.н., профессор

П.С. Красильников

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.14, к.ф.-м.н., доцент

И.о.начальника отдела  
Т.А. Аникина

