

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук Голуба Андрея Петровича на**  
**тему: «Динамика двухзвенного аэродинамического маятника»**  
**по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика»**

Представленная соискателем диссертация посвящена проблеме динамики ветро-энергетических (ВЭУ) установок колебательного типа. Использование возобновляемых источников энергии, в целом, и энергии ветра, в частности, в настоящее время является общемировой тенденцией. Здесь выделяют два типа ВЭУ: вращательные и колебательные. Первые уже достаточно давно и широко используются, вторые же только набирают популярность и являются предметом исследования специалистов. Преимуществом установок второго типа является возможность работы при относительно малых скоростях набегающего потока, что в перспективе может существенно расширить область применения ВЭУ.

В работе исследуется динамика двухзвенного аэродинамического маятника, который может являться одним из важнейших элементов ВЭУ. Именно от его поведения зависит эффективность всей установки. Таким образом, **работа является одновременно и актуальной и практически значимой.**

Основное содержание диссертации представлено в трех главах. В первой главе приводятся уравнения движения системы, которые получены с помощью лагранжева формализма. Описаны допущения, при которых эти уравнения получены, а также проведено исследование локальной асимптотической устойчивости одного из положений равновесия (положение «по потоку») в зависимости от параметров системы, получены условия устойчивости. Вторая глава посвящена численному исследованию поведения системы в окрестности положения равновесия «по потоку». Обнаружено появление предельных циклов двух типов: с большой и малой амплитудой

колебаний. Проведен анализ зависимости характеристик этих движений от параметров системы. В третьей главе проводятся экспериментальные исследования. В ходе испытаний соискателю удалось с достаточной степенью достоверности воспроизвести результаты для одного из двух типов предельных циклов.

Главным достоинством работы является то, что соискатель в рамках одного исследования прошел путь от постановки задачи до проведения экспериментальных исследований. На каждом этапе А.П. Голуб продемонстрировал высокую квалификацию, **полученные результаты обоснованы и достоверны. Новизна подтверждается** достаточно обширным обзором, приведенным во введении.

Тем не менее, нельзя не отметить ряд недостатков:

– в тексте диссертации имеются опечатки, вольности формулировок, например, слово «ветряк», которое, по моему мнению, может быть уместно в устной речи в среде специалистов, но не в научном исследовании;

– во введении на стр.11-12 среди недостатков вертикально-осевых ВЭУ указано, что они отбирают «малую часть энергии от потока», при этом сказано, что их эффективность достигает 40%, с другой стороны у горизонтально-осевых этот показатель доходит до 45%, разительной разницы тут нет, так что правильнее было бы сказать про немного меньшую эффективность;

– рис.1.1 хорошо было бы дополнить трехмерным изображением объекта исследования, тем более, что соискатель изготовил экспериментальный образец;

– на стр.22 появляется понятие «некоторая характерная скорость» при переходе к безразмерным величинам, хорошо было бы указать, чем эта величина является в исследуемой механической системе;

– на стр.23 нужно пояснить, почему  $a_1 > 0$ ;

– во второй главе не указана методика, с помощью которой проводился численный поиск предельных циклов и построение их областей притяжения;

– в третьей главе уместно было бы привести схему или фотографию всей экспериментальной установки, а не только исследуемого объекта;

– было бы полезно собрать все экспериментальные параметры в одной сводной таблице, в диссертации они раскиданы по всей третьей главе и в таком виде достаточно тяжело охватить весь объем информации;

– в третьей главе не приведена ни методика эксперимента, ни методика обработки экспериментальных данных (можно было бы хотя бы указать среднеквадратичное отклонение);

– часть экспериментальных данных результатов находится в плохом соответствии с результатами численного исследования, можно было бы указать возможные причины этого несоответствия, что только подчеркнуло бы квалификацию исследователя.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Голуб Андрей Петрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,  
старший научных сотрудник

Федерального государственного учреждения «Федеральный  
исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В.  
Келдыша Российской академии наук»

ТКАЧЕВ Степан Сергеевич

07.11.2019

Контактные данные:

тел.: +7(499)2204929, e-mail: [stevens\\_L@mail.ru](mailto:stevens_L@mail.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.02.01 – Теоретическая механика

Адрес места работы:

125047, г. Москва, ул. Миусска пл., д. 4,

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский  
центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской  
академии наук», отдел 7

Тел.: +7 499 978-13-14; e-mail: [office@keldysh.ru](mailto:office@keldysh.ru)

Подпись с.н.с., к.ф.-м.н. С.С.Ткачев подтверждаю  
Ученый секретарь ИПМ им.М.В.Келдыша РАН  
к.ф.-м.н.

07.11.2019

