

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Гарбуза Михаила Андреевича
на тему: «Динамика механических систем, способных перемещаться в
произвольном направлении за счёт преобразования энергии потока среды»
по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин**

В диссертации М.А.Гарбуза изучается динамика механических устройств, использующих энергию потока ветра для перемещения навстречу ветру. Несколько тысячелетий человечество использовало фактически только один вариант такого устройства, а именно морское килевое парусное судно, способное перемещаться под некоторым острым углом к направлению, противоположному ветру. Однако, в конечном счете винтовые корабли, снабженные двигателями, потребляющими топливо, оказались более эффективными, управляемыми и быстроходными. Тем не менее, в современных условиях, когда на первый план выходят проблемы экологии, вновь становятся актуальными устройства, достаточно эффективно обеспечивающие движение не за счет сгорания ископаемых ресурсов. Такие устройства могли бы быть полезны не только на границе жидкой и воздушной сред, но и при перемещении по твердым неровным поверхностям, реализуя, например, антропоморфную ходьбу. Поэтому **тема диссертационного исследования актуальна**, причем как с теоретической, так и с практической точек зрения.

В диссертационной работе предложены три варианта устройств без двигателей, способных перемещаться против ветра, динамическое поведение которых исследовано как теоретически в рамках модельных задач, так и экспериментально, с использованием численного интегрирования уравнений движения и наблюдений за перемещением специально построенных натуральных прототипов.

Первое из этих устройств, изучаемое в первой главе диссертации, использует в качестве приемника энергии пропеллер, являющийся, возможно, эффективной альтернативой обычным парусам, а в качестве движителя - гребной винт, соединенные через аналог коробки передач. Строится математическая модель, учитывающая ряд экспериментальных данных об аэро и гидродинамических свойствах элементов

системы. Устанавливается существование стационарных режимов движения непосредственно против ветра, для чего строятся необходимые диаграммы и элементы фазового портрета, исследуется устойчивость найденных стационарных движений, строятся соответствующие бифуркационные диаграммы. Необходимо отметить, что один из вариантов сконструированного автором прототипа описываемого устройства предусматривает использование соосных противовращающихся пропеллеров и винтов, применявшихся в наиболее удачных авиационных разработках в эпоху дореактивной авиации.

Во второй главе диссертации рассмотрено устройство, также способное перемещаться непосредственно против ветра, но основанное на принципиально другом принципе. Если парусное судно способно перемещаться против ветра благодаря тому, что оно одновременно находится в двух средах, то другим способом обеспечить движение против потока частиц является наличие дополнительных механических связей. Такими связями могут быть условие непроскальзывания колеса ветромобиля или трос, вдоль которого можно организовать перемещение судна против течения реки, используя это же течение. В устройстве, предложенном автором, такой связью является условие непроскальзывания опорной стопы шагающего аппарата, известного как ламбда-механизм П.Л.Чебышева. При этом ходьба поддерживается с помощью пропеллера, передающего энергию ветра механизму ног. Строится математическая модель, причем уравнения движения выписываются в рамках своеобразной комбинации лагранжева и гамильтонова формализмов. Анализ существования режимов движения против ветра проводится с использованием комбинации аналитических и численных методов, также, как и в предыдущей главе, строятся необходимые элементы фазового портрета приведенной системы и бифуркационные диаграммы. Работоспособность устройства и полученные теоретические рекомендации подтверждаются экспериментальным тестированием специально сконструированного опытного прототипа.

В третьей главе изучается динамика устройства, также, как и в первой главе, функционирующего на границе водяной и воздушной сред. Рассматривается судно (катамаран), которое для обеспечения желаемого движения должно быть снабжено

килем, о чем автор упоминает фактически только вскользь, в котором движителем выступает гребной винт, на который передается энергия ветра, аккумулируемая так называемым ротором Савониуса, заменяющим в данном случае обычные паруса. Основным результатом этой главы следует считать установленный автором факт, что движение такого судна непосредственно против ветра хотя и возможно, но не является наиболее быстрым способом перемещения против ветра. Более быстрым является перемещение галсами под некоторым оптимальным углом к этому направлению. К сожалению, автор не указывает, является ли этот угол более острым, чем, например, при движении буера по идеально гладкому льду. Показано, что в принципе возможно движение в любом направлении, что оправдывает название всей диссертационной работы.

Полученные автором теоретические, численные и экспериментальные **результаты являются новыми**. Характер этих результатов и стиль их изложения подтверждают блестящее владение автором как методами современной теоретической механики и связанных разделов высшей математики, так и современными компьютерными системами научных исследований. Кроме того, автор демонстрирует хорошие навыки экспериментатора и инженера-конструктора.

Анализируя описываемые в диссертационной работе алгоритмы исследования, выведенные уравнения, условия существования их решений, не могу не сделать вывод о том, что **все положения диссертации, выносимые на защиту, полностью обоснованы. Их достоверность не вызывает сомнений**. Считаю, что сделанные автором на основе изложенных в диссертации исследований выводы могут использоваться не только для дальнейших теоретических исследований, но и быть полезными для практического проектирования подвижных устройств с пониженной зависимостью от топливных затрат.

Диссертация соответствует специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин, а именно следующим ее направлениям как: классическая механика и аналитическая динамика; теория устойчивости движения, прикладные проблемы устойчивости равновесия и движения механических систем; механика твердого тела и систем твердых тел; математическое и компьютерное моделирование кинематики и

динамики механических систем, в том числе машин, приборов и их элементов при динамических, статических, тепловых и других видах воздействий.

Необходимо отметить, что диссертация не лишена некоторых, в целом несущественных, недостатков.

Так, введение к работе содержит раздел «Обзор литературы», не указанный в содержании к диссертации, в котором описываются многочисленные устройства, использующие для организации движения такой внешний источник энергии, как поток среды. Значительная их часть не имеют непосредственного отношения к теме диссертации. Поэтому данный раздел мог бы быть существенно короче. А полный его текст, возможно, еще более расширенный и дополненный большим числом подробностей, автор мог бы издать отдельной брошюрой, полезной не только студентам и аспирантам, но и всем, кто не является противником научного знания.

В диссертации представлены только прототипы изучаемых устройств. Размеры и параметры прототипов не соответствуют аппаратам, которые могли бы иметь практическое применение. Остается надеяться, что автор продолжит развивать результаты, изложенные в данном исследовании, в том числе примет участие в конструировании практически применимого аппарата, использующего его идеи, скорее всего, гибридного, так как движение против ветра возможно, только если ветер есть. Прежде всего, это относится к модели пропеллерно-винтового судна, предложенного в первой главе, так как шагающий аппарат из второй главы требует существенной технической проработки для возможности перемещения по пересеченной местности, а для судна из третьей главы возможны и полезны дальнейшие теоретические исследования.

Текст диссертации, написанный в целом строгим и ясным математическим языком, не лишен отдельных стилистических неточностей, например, изменения стиля изложения в пределах стр. 41. Встречаются излишние повторения, например, в сносках к первой и второй главам, текст не лишен некоторого количества опечаток, например, на стр 26, 42 и др., подпись на стр.55 под рис.1.15 не соответствует его содержанию.

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 специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин (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. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Гарбуз Михаил Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Официальный оппонент:

профессор кафедры "Мехатроника и теоретическая механика" Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, доцент

Родников Александр Владимирович

18.02.2026

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.02.01 Теоретическая механика

Адрес места работы:

125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4

МАИ(НИУ), кафедра 802 "Мехатроника и теоретическая механика"

Тел.: +7(499) 158-44-66; e-mail: rodnikovav@mai.ru

Должность, ученую степень, _____ Директор Дирекции Института №8
ученое звание и подпись заверяю _____ С.С. Крылов