

# ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Юрия Дмитриевича Селюцкого  
«Некоторые особенности динамики тела, взаимодействующего с  
потокom сопротивляющейся среды», представленной на соискание  
ученой степени доктора физико-математических наук**

Цель исследований, представленных в диссертации Ю.Д. Селюцкого, заключается в построении моделей динамики механических и электромеханических систем, в состав которых входит твердое тело, взаимодействующее с потоком сопротивляющейся среды, а также в выявлении особенностей их поведения, обусловленных совместным действием сил различной природы (аэродинамических, электромагнитных, упругих и т.д.).

Диссертация соответствует приоритетному направлению «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» и критической технологии – «Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику».

Для описания аэродинамического воздействия на тело в работе используется квазистатический подход и основанная на нем так называемая «модель присоединенного осциллятора». С определенной «натяжкой» эту модель можно назвать феноменологической. Она опирается на непосредственно наблюдаемые и измеряемые опытным путем величины. Ее преимуществом является сравнительная (большая) простота построения уравнений исключительно сложного взаимодействия воздушной среды с обтекаемым телом.

Для случая, когда «крыло» совершает поступательное движение поперек потока, установлена взаимосвязь между описанием нестационарного аэродинамического воздействия на «крыло», получаемым с помощью модели присоединенного осциллятора, позволяющей составлять уравнения движения в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и эффективно использовать методы качественного анализа, и уравнением движения, полученным в работах школы С.М. Белоцерковского, в которых предыстория воздействия потока на тело описывается с помощью интеграла Дюамеля с экспоненциальным ядром.

Использование модели присоединенного осциллятора значительно уменьшает объем затратных по времени и ресурсоемких вычислений,

связанных с детальным моделированием течения сплошной среды вокруг движущегося в ней тела, и решением соответствующей сопряженной задачи. В задаче о торможении «крыла», поступательно движущегося поперек потока, исследовано поведение нормальной к хорде составляющей аэродинамической силы на этапе торможения и после остановки.

Результаты, изложенные в диссертации Ю.Д. Селюцкого, дают ответ на ряд фундаментальных вопросов, которые возникают у специалистов в области прикладной механики и инженеров в связи с моделированием динамики малых ветроэнергетических установок (ВЭУ). В частности, исследован гистерезис стационарных режимов (релаксационные колебания) малых горизонтально-осевых ВЭУ при изменении нагрузки и изучено влияние нелинейности электромеханического взаимодействия по току, вызываемое так называемой «реакцией якоря генератора».

Показано, что в случае, когда электромеханическое взаимодействие можно считать линейным по току, имеет место гистерезис выходной мощности (и угловой скорости ветротурбины) при изменении внешней нагрузки в электрической цепи или скорости ветра. Если же электромеханическое взаимодействие является существенно нелинейным по току, то семейство неподвижных точек претерпевает перестройку при увеличении скорости ветра. Если скорость ветра меньше некоторого критического значения, зависящего от коэффициента, характеризующего нелинейность электромеханического взаимодействия, то угловая скорость ветротурбины на стационарном режиме монотонно убывает при увеличении внешнего электрического сопротивления (отключении потребителей) в цепи генератора от нуля до бесконечности; если же скорость больше этого критического значения, то угловая скорость ветротурбины на стационарном режиме при увеличении внешнего сопротивления изменяется немонотонно.

Существует большое разнообразие конструкций ветроэнергетических установок. Для Российской Федерации пригодны ВЭУ, способные работать в условиях относительно невысоких скоростей воздушного потока. Этому требованию отвечают ВЭУ колебательного типа.

В диссертации обсуждаются особенности динамики ВЭУ колебательного типа, предложены алгоритмы параметрического управления, обеспечивающие увеличение их мощности.

Таким образом, основные результаты диссертации могут быть непосредственно использованы как теоретическая база для проектирования и сравнительного анализа целого ряда электромеханических систем, в частности, ветроэнергетических установок различных типов.

Эти результаты целесообразно включить в учебники по теоретической и инженерной электромеханике для студентов и аспирантов, специализирующихся в области создания возобновляемых источников энергии.

Для двухзвенного аэродинамического маятника экспериментально с помощью дозвуковой аэротрубы А-6 подтвержден эффект потери устойчивости при увеличении коэффициента жесткости по одной из обобщенных координат. В связи с этим исследовано влияние изменения диагонального элемента матрицы потенциальных сил на характер устойчивости тривиального равновесия линейных механических систем и показано, что характер устойчивости при этом может изменяться не более чем  $2s - 1$  раз, где  $s$  – число степеней свободы системы. Построен пример системы с произвольным числом степеней свободы, в которой число изменений характера устойчивости равно этому максимальному значению.

Для систем с двумя степенями свободы получены условия, при которых характер устойчивости изменяется два или три раза при увеличении коэффициента жесткости по одной из обобщенных координат.

Судя по автореферату и целому ряду статей, опубликованных Ю.Д. Селюцким, рецензируемая диссертация, безусловно, представляет собой серьезное высококвалифицированное исследование теоретических и прикладных аспектов важных задач теоретической механики и, в целом, динамики машин. (Некоторые статьи опубликованы Ю.Д. Селюцким в соавторстве. Но это, прежде всего, вызвано необходимостью коллективных публикаций результатов, подтверждаемых экспериментами, связанными с испытаниями на аэродинамических установках типа дозвуковой трубы А-6, установленной в Институте механики МГУ). Все принципиальные результаты, приведенные в диссертации, получены автором работы лично.

Изложенные в диссертации результаты являются новыми.

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.

Считаю что, Юрий Дмитриевич Селюцкий заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.7. – «Теоретическая механика, динамика машин».

Доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин Института Энергомашиностроения и Механики Национального Исследовательского университета «МЭИ», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

Кобрин Александр Исаакович

Контактные данные:

Специальность, по которой Кобриным А.И. защищена диссертация:

01.02.01 – «теоретическая механика».

Адрес места работы: 111250, ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14 НИУ «МЭИ»

Тел.: +7 495 362-70-01; e-mail: universe@mpei.ac.ru

Подпись сотрудника НИУ «МЭИ»

профессора Кобрин А.И. удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета НИУ МЭИ Кузовлев И.В.