

Заключение диссертационного совета МГУ.011.7
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Решение диссертационного совета от 17 июня 2024 № 6

О присуждении Селюцкому Юрию Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Некоторые особенности динамики тела, взаимодействующего с потоком сопротивляющейся среды» по специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин» принята к защите диссертационным советом 5 апреля 2024, протокол № 5.

Соискатель Селюцкий Юрий Дмитриевич, 1975 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Феноменологическая модель учета инерционных свойств потока среды, воздействующей на тело» защитил в 2001 году, в диссертационном совете Д 501.01.02 при МГУ имени М.В.Ломоносова.

Соискатель работает ведущим научным сотрудником лаборатории общей механики НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена в лаборатории общей механики НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор **Самсонов Виталий Александрович**, главный научный сотрудник НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Маркеев Анатолий Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории механики систем,

Степанов Сергей Яковлевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», старший научный сотрудник отдела механики,

Тихонов Алексей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», профессор кафедры теоретической и прикладной механики математико-механического факультета

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 98 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 32 работы, из них 26 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин»:

1. Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. О колебаниях пластины в потоке сопротивляющейся среды // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2004. – № 4. – С. 24–31. = Samsonov V.A., Selyutskii Yu. D. Vibration of a plate in the flow of a resisting medium // Mechanics of Solids. – 2004. – V. 39, № 4. – P. 19–25. (0,51 п.л. / авторский вклад: 90%; SJR 0.266)
2. Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. Феноменологическая модель взаимодействия пластины с потоком среды // Фундаментальная и прикладная математика. – 2005. – Т. 11, № 7. – С. 43–62. = Samsonov V.A., Seliutski Y.D. Phenomenological model of interaction of a plate with a flow // Journal of Mathematical Sciences. – 2007. – Vol. 146, № 3. – P. 5826–5839. <http://doi.org/10.1007/s10958-007-0399-4>. (0,98 п.л. / авторский вклад: 90%; SJR 0.314)
3. Досаев М.З., Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. О динамике малой ветроэлектростанции // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 416, № 1. – С. 50–53. = Dosaev M. Z., Samsonov V.A., Seliutski Yu.D. On the dynamics of a small-scale wind power generator // Doklady Physics. – 2007. – V. 52, № 9. – P. 493–495. <https://doi.org/10.1134/S1028335807090091>. (0,24 п.л. / авторский вклад: 70%; SJR 0.283)
4. Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. Сопоставление различных форм записи уравнений движения тела в потоке среды // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2008. – № 1. – С. 171–178. = Samsonov V.A., Selyutskii Y.D. Comparison of different notation for equations of motion of a body in a medium flow // Mechanics of Solids. – 2008. – V. 43, № 1. – P. 146–152. <https://doi.org/10.3103/S0025654408010159>. (0,49 п.л. / авторский вклад: 90%; SJR 0.266)
5. Досаев М.З., Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д., Лю В.-Л., Линь Ч.-Х. Бифуркации режимов функционирования малых ветроэлектростанций и оптимизация их характеристик // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2009. – № 2. – С. 59–66. = Dosaev M.Z., Samsonov V.A., Selyutskii Y.D., Lu. W.-L., Lin C.-H. Bifurcation of operation modes of small wind power stations and optimization of their characteristics // Mechanics of Solids. – 2009. – V. 44, № 2. – P. 214–221. <https://doi.org/10.3103/S002565440902006X>. (0,42 п.л. / авторский вклад: 70%; SJR 0.266)
6. Досаев М.З., Линь Ч.-Х., Лю В.-Л., Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. Качественный анализ стационарных режимов малых ветровых электростанций // Прикладная математика и механика. – 2009. – Т. 73, № 3. – С. 368–374. = Dosaev M.Z., Lin C.-H., Lu W.-L., Samsonov V.A., Selyutskii Y.D. A qualitative analysis of the steady modes of operation of small wind power

- generators // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. – 2009. – V. 73. – P. 259–263. <https://doi.org/10.1016/j.jappmathmech.2009.07.015>. (0,31 п.л. / авторский вклад: 70%; SJR 0.189)
7. Samsonov V.A., Dosaev M.Z., Selyutskiy Y.D. Methods of qualitative analysis in the problem of rigid body motion in medium // International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering. – 2011. – Vol. 21, № 10. – P. 2955–2961. <https://doi.org/10.1142/S021812741103026X>. (0,54 п.л. / авторский вклад: 35%; SJR 0.601)
8. Selyutskiy Y.D., Samsonov V.A., Andronov P.R. Oscillations of aerodynamic pendulum // International Journal of Structural Stability and Dynamics. – 2013. – Vol. 13, № 7. – P. 1–7. <https://doi.org/10.1142/S0219455413400105>. (0,33 / авторский вклад: 60%; SJR 0.742)
9. Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. Математическая модель поведения малых ветровых электростанций // Математическое моделирование. – 2015. – Т. 27, № 2. – С. 85–95. (0,56 п.л. / авторский вклад: 90%; ИФ РИНЦ 0.508)
10. Голуб А.П., Селюцкий Ю.Д. О влиянии упругого крепления на колебания двухзвенного аэродинамического маятника // Труды Московского физико-технического института. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 8–13. (0,37 п.л. / авторский вклад: 30%; ИФ РИНЦ 0.231)
11. Голуб А.П., Селюцкий Ю.Д. О влиянии жёсткости крепления на динамику двухзвенного аэродинамического маятника // Доклады Академии наук. – 2018. – Т. 481, № 3. – С. 254–257. = Selyutskiy Y.D., Holub A.P. On the influence of mounting stiffness on the dynamics of the a double-link aerodynamic pendulum // Doklady Physics. – 2018. – V. 481, № 3. – P. 276–278. <https://doi.org/10.1134/S1028335818070121>. (0,26 п.л. / авторский вклад: 30%; SJR 0.283)
12. Селюцкий Ю.Д. О динамике малых ветроэнергетических установок // Математическое моделирование. – 2018. – Т. 30, № 1. – С. 31–39. = Selyutskiy Y.D. On the dynamics of small wind power generators // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2018. – V. 10, № 4. – P. 494–500. <https://doi.org/10.1134/S2070048218040129>. (0,55 п.л.; SJR 0.365)
13. Голуб А.П., Селюцкий Ю.Д. Двухзвенный маятник в упругом подвесе // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2018. – Т. 19, № 6. – С. 380–386. <https://doi.org/10.17587/mau.19.380-386>. (0,76 п.л./авторский вклад: 30%; ИФ РИНЦ 0,662)
14. Самсонов В.А., Селюцкий Ю.Д. О влиянии жесткости на устойчивость положения равновесия механической системы при отсутствии полной диссипации // Прикладная математика и механика. – 2019. – Т. 83, № 4. – С. 597–607. = Samsonov V.A., Selyutskiy Y.D. On the influence of stiffness on the stability of equilibrium of a mechanical system without complete dissipation // Mechanics of Solids. – 2020. – V. 55, № 7. – P. 1021–1029. <https://doi.org/10.3103/S0025654420070183>. (0,67 п.л. / авторский вклад: 90%; SJR 0.266)
15. Selyutskiy Y.D. On dynamics of an aeroelastic system with two degrees of freedom // Applied Mathematical Modelling. – 2019. – Vol. 67. – P. 449–455. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.11.010>. (0,69 п.л.; SJR 1.080)

16. Selyutskiy Y.D., Holub A.P., Dosaev M.Z. Elastically Mounted Double Aerodynamic Pendulum // International Journal of Structural Stability and Dynamics. – 2019. – Vol. 19, № 5. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1142/S0219455419410074>. (0,81 п.л. / авторский вклад: 30%; SJR 0.742)
17. Selyutskiy Y.D., Klimina L.A., Masterova A.A., Hwang S.S., Lin C.H. Savonius rotor as a part of complex systems // Journal of Sound & Vibration. – 2019. – Vol. 442. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2018.10.020>. (0,87 п.л. / авторский вклад: 40%; SJR 1.376)
18. Селюцкий Ю.Д. О смене характера устойчивости положения равновесия при изменении жесткости по одной из обобщенных координат // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. – 2020. – Т. 491. – С. 58–61. = Selyutskiy Y.D. Change in the character of stability of equilibrium in the case of a change in the rigidity of a generalize coordinate // Doklady Physics. – 2020. – Vol. 65, № 3. – P. 109–111. <https://doi.org/10.1134/S1028335820030131>. (0,29 п.л. / авторский вклад определен; SJR 0.283)
19. Selyutskiy Y.D., Holub A.P., Lin C.H. Piezoaeroelastic system on the basis of a double aerodynamic pendulum // ZAMM Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik. – 2021. – Vol. 101. – P. 1–12. <https://doi.org/10.1002/zamm.202000092>. (1,04 п.л. / авторский вклад: 50%; SJR 0.410)
20. Selyutskiy Y.D. Potential Forces and Alternation of Stability Character in Non-Conservative Systems // Applied Mathematical Modelling. – 2021. – Vol. 90. – P. 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.08.070>. (0,83 п.л.; SJR 1.080)
21. Селюцкий Ю.Д. Динамика аэродинамического маятника с упруго закрепленной точкой подвеса // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2022. – № 4. – С. 130–143. = Selyutskiy Y.D. Dynamics of aerodynamic pendulum with elastically fixed suspension point // Mechanics of Solids. – 2022. – Vol. 57, № 4. – P. 792–803. <https://doi.org/10.3103/S0025654422040173>. (0,84 п.л.; SJR 0.266)
22. Селюцкий Ю.Д. Об управлении движением аэродинамического маятника с упруго закрепленной точкой подвеса // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2022. – № 3. – С. 31–40. = Selyutskiy Y.D. Controlling the motion of an aerodynamic pendulum with an elastically fixed suspension point // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2022. – Vol. 61, № 3. – P. 322–331. <https://doi.org/10.1134/s1064230722030121>. (0,76 п.л.; SJR 0.325)
23. Селюцкий Ю.Д. Предельные циклы в динамике упруго закрепленного аэродинамического маятника // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2022. – № 1. – С. 133–144. = Selyutskiy Y.D. Limit cycles in the dynamics of an elastically mounted aerodynamic pendulum // Mechanics of Solids. – 2022. – Vol. 57, № 1. – P. 111–120. <https://doi.org/10.3103/s0025654422010137>. (0,75 п.л.; SJR 0.266)
24. Selyutskiy Y., Dosaev M., Holub A., Ceccarelli M. Wind power harvester based on an aerodynamic double pendulum // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of

Mechanical Engineering Science. – 2022. – Vol. 236, № 18. – P. 10025–10032.
<https://doi.org/10.1177/09544062221085483>. (0,69 п.л. / авторский вклад: 50%; SJR 0.422)

25. Селюцкий Ю.Д. О регулировании колебаний ветроэнергетической системы, использующей эффект галопирования // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24, № 1. – С. 46–56. <https://doi.org/10.17587/mau.24.46-56>. (0,96 п.л.; ИФ РИНЦ 0,662)
26. Селюцкий Ю.Д. Динамика ветроэнергетической установки с двумя подвижными массами, использующей эффект галопирования // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2023. – № 2. – С. 55-69. = Selyutsky Y.D. Dynamics of a wind turbine with two moving masses using the galloping effect // Mechanics of Solids. – 2023. – Vol. 58, № 2. – P. 426–438. <https://doi.org/10.3103/S0025654422600507>. (0,89 п.л.; SJR 0.266)

На автореферат диссертации поступило 2 дополнительных отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в областях, близких теме диссертации, и наличием публикаций по специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин».

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решен ряд актуальных задач в области динамики механических и электромеханических систем, в состав которых входит твердое тело, взаимодействующее с потоком сопротивляющейся среды.

Полученные результаты имеют теоретическое и прикладное значение: они расширяют представления о поведении твердых тел, взаимодействующих с потоком среды, и о возможности использования стационарных движений, возникающих в результате такого взаимодействия, для преобразования энергии потока в полезные формы. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при проектировании, разработке и сравнительном анализе малых ветроэнергетических установок различных типов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Уравнения движения тела в потоке, полученные с помощью модели присоединенного осциллятора, приводятся к интегро-дифференциальной форме, аналогичной уравнениям, получаемым в рамках известного подхода к описанию нестационарного аэродинамического воздействия, использующего интеграл Дюамеля с экспоненциальным ядром.

2. Пусть тело типа тонкого крыла совершает медленное поступательное движения поперек потока среды, так что мгновенный угол атаки мал. Тогда при достаточно большой величине производной коэффициента нормальной силы по углу атаки коэффициент при ускорении тела,

обусловленный наличием нестационарного аэродинамического воздействия, оказывается отрицательным, что дает основание говорить не о «присоединенной», а об «отсоединенной» массе.

3. При изменении диагонального элемента матрицы потенциальных сил характер устойчивости положения равновесия голономной системы с s степенями свободы может изменяться не более $2s-1$ раз. Для любого конечного значения s существует система, в которой число изменений характера устойчивости равно максимально возможному.

4. Для линейной голономной системы с 2 степенями свободы существуют достаточные условия того, что при увеличении жесткости по одной из обобщенных координат от некоторого фиксированного значения (возможно, отрицательного) до бесконечности характер устойчивости равновесия изменится 3 раза (неустойчивость – асимптотическая устойчивость – неустойчивость – асимптотическая устойчивость).

5. Для линейной голономной системы с 2 степенями свободы существуют достаточные условия того, что при увеличении жесткости по одной из обобщенных координат от некоторого фиксированного значения (возможно, отрицательного) до бесконечности характер устойчивости равновесия изменится 2 раза. Этот эффект возможен, в частности, в случае полной диссипации, если в системе присутствуют циркуляционные силы.

6. При равномерном торможении тонкого крыла, поступательно движущегося поперек потока среды, нормальная сила, действующая на крыло, не меняет направление, если ускорение крыла меньше определенного критического значения, и меняет направление два раза (один на фазе торможения, второй – на фазе последействия), если ускорение превышает это критическое значение. При этом на некотором интервале времени в ходе фазы торможения указанная сила препятствует торможению.

7. Для однозвенного аэродинамического маятника существует диапазон значений длины державки, в котором положение равновесия «по потоку» является асимптотически устойчивым, если момент инерции маятника относительно точки подвеса меньше определенного критического значения, и неустойчивым, если момент инерции больше этого значения.

8. Для малых автономных ветроэнергетических установок с горизонтальной осью вращения в случае, когда электромеханическое взаимодействие является линейным, существует диапазон значений внешней нагрузки (сопротивления), в котором у системы имеется два притягивающих стационарных режима (один – «высокоскоростной», второй – «низкоскоростной»). При изменении внешней нагрузки возникает гистерезис выходной мощности (и угловой скорости ветротурбины).

9. Для малых автономных ветроэнергетических установок с горизонтальной осью вращения в случае, когда электромеханическое взаимодействие является нелинейным, семейство стационарных режимов претерпевает перестройку, когда величина скорости потока проходит через некоторое критическое значение. Если скорость меньше этого критического значения, то существует диапазон значений нагрузочного сопротивления, в котором стационарный «высокоскоростной» режим

отсутствует; если же скорость больше этого критического значения, то стационарный «высокоскоростной» режим существует при всех значениях сопротивления.

10. Если в ветроэнергетическую установку, рабочий элемент которой представляет собой плохообтекаемое тело, совершающее галопирование в потоке среды, добавить еще одно тело (материальную точку), пружинно соединенное с первым телом и с неподвижным основанием, то при надлежащем выборе параметров критическая скорость потока, при которой возникает галопирование, уменьшится, а средняя мощность, производимая при установившихся колебаниях системы, возрастет.

11. В ветроэнергетической установке, рабочим элементом которой является упруго закрепленный аэродинамический маятник, точка подвеса которого может двигаться вдоль неподвижной прямой, максимум безразмерного коэффициента выходной мощности (по нагрузке) немонотонно зависит от расстояния от точки подвеса до центра масс: при смещении центра масс в сторону крыла этот максимум вначале возрастает, а затем начинает уменьшаться. Увеличение момента инерции маятника приводит к дестабилизации тривиального равновесия, а его уменьшение – к стабилизации этого равновесия и исчезновению предельных циклов в достаточно широком диапазоне значений скорости потока.

На заседании 17 июня 2024 диссертационный совет принял решение присудить Селюцкому Юрию Дмитриевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета МГУ.011.7

Академик РАН, профессор
Д.В. Трещев

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.011.7

М.А. Муницына

17 июня 2024