

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Гончарова Дмитрия Александровича
«Разработка экспериментально-аналитического метода расчета колебаний
двухслойной жидкости в сосуде с проницаемой перегородкой»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук
по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы»

Работа посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию колебаний двухслойной идеальной жидкости в ограниченном объеме (цилиндрическом баке). Слои разделены упругой непроницаемой перегородкой для жидкостей разных плотностей, и проницаемой диафрагмой в случае равенства плотностей. **Актуальность темы диссертационного исследования** обусловлена практической важностью решения подобных задач как для ракетно-космической техники в связи с необходимостью учета эффектов гидроупругости и демпфирования на разделителях, имеющих в топливных баках, так и потребностями разработки новых и уточнения имеющихся теоретических гидродинамических моделей. В частности, пульсация давления на выходе жидкости из топливного бака может оказывать существенное влияние на обеспечение бесперебойной подачи компонент топлива от топливного бака в двигательную установку, что требует изучения соответствующих задач о собственных и вынужденных колебаниях жидкости.

Реализация поставленных задач потребовала от диссертанта использования методов классической гидродинамики, математической физики и теории колебаний. Теоретические исследования сочетались с оригинальным лабораторным экспериментом. Полученные автором результаты имеют важное теоретическое и прикладное значения.

Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения и библиографии (133 наименования) общим объемом 121 страница.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, ее новизна, ставятся цели и задачи работы, отражены степень достоверности, теоретическая и практическая значимость и личный вклад автора, приведены положения, выносимые на защиту и апробация результатов.

В первой главе диссертации проведен обзор литературы по теме исследования. Приведен анализ как теоретических, так и экспериментальных исследований колебаний жидкостей в ограниченных объемах. Уделено существенное внимание гидродинамическим моделям энергетических установок космических летальных аппаратов, рассмотрены существующие конструктивные схемы топливных баков,

обуславливающие выбор модельных задач.

Во второй главе рассматриваются осесимметричные колебания идеальной баротропной двухслойной жидкости со слоями различной плотности в цилиндрическом баке с непроницаемым тонким упругим разделителем, расположенным перпендикулярно оси цилиндра. Последовательно изучаются случаи 1) полностью заполненного бака, 2) наличия свободной поверхности у верхнего слоя без учета натяжения и 3) с учетом последнего в поле сил тяжести. Полагая движение гармоническим по времени, строится потенциал скорости в виде ряда по функциям Бесселя (по радиальной переменной) и гиперболическим функциям (по осевой переменной). Для случая 1) найдено явное выражения для собственных частот, для случаев 2), 3) получены трансцендентные уравнения для определения частот колебаний в виде равенства числовых рядов с членами ряда, зависящими от частоты. С помощью механической аналогии рассмотрены колебания однородной жидкости в баке с жесткими стенками и упругим дном с учетом поверхностного натяжения на свободной поверхности. Получена формула для определения низшей частоты.

В третьей главе жидкость полагается однородной, а разделитель — проницаемым. Влияние перегородки учитывается как линейное по скорости сопротивление (на разделителе ставится условие линейной пропорциональности скорости и скачка давления). Для бака с жестким дном при условии наличия свободной поверхности методами второй главы показано, что колебания — затухающие, найдены выражения для потенциала скорости и коэффициентов затухания для невесомой жидкости и получены трансцендентные уравнения для частот и коэффициентов затухания в случае тяжелой жидкости с упрощенными условиями на свободной поверхности, а также зависимость от них коэффициента сопротивления. Проведено аналогичное исследования для бака с упругим пологим сферическим дном при отсутствии силы тяжести. Здесь получено соотношение, связывающее частоту колебаний, коэффициент затухания и коэффициент сопротивления. Исследованы также параметрические колебания жидкости в баке с упругим дном без перегородки, построена область неустойчивости.

В четвертой главе описан экспериментальный стенд, методика и техника проведенных экспериментов. С помощью резонансного метода для воды и этанола определяется низшая собственная частота при наличии проницаемого разделителя и без него. В соответствии с результатами предыдущей главы находятся коэффициенты затухания и сопротивления.

В заключении приведены основные результаты и выводы работы.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично

соискателем: в работе отмечено, что в диссертацию включены только результаты исследований, проведенных лично автором. Решены задачи о малых осесимметричных колебаний двухслойной жидкости с непроницаемым разделителем в случае невесомости и слабой гравитации. Решены задачи о малых осесимметричных колебаний двухслойной жидкости с проницаемым разделителем в баке с жестким дном и упругим сферическим дном. Получена зависимость коэффициента сопротивления при течении жидкости сквозь проницаемую перегородку от коэффициентов затухания. Спроектирован и создан экспериментальный стенд, модели баков с разделителем и без него, позволяющие определять коэффициенты затухания и сопротивления. Перечисленные результаты обладают **научной новизной**.

Обоснованность и достоверность полученных результатов работы обеспечена использованием классических предположений, подходов и методов, принятых в гидродинамике, использованием современной экспериментальной регистрирующей аппаратуры.

Основные результаты опубликованы в 17 печатных работах (в том числе 6 работ в журналах из списка ВАК).

Автореферат соответствует тексту диссертации и отражает основные положения работы. Название работы отражает содержание исследований.

По тексту работы имеются следующие замечания, имеющие редакционный характер:

1) В диссертации не введена общая система обозначений и предположений: так, продольная координата, корни трансцендентных уравнений типа нулей функций Бесселя, возникающих из краевых условий, в рамках одной главы для схожих задач обозначены разными символами; на стр. 53. для обозначения объема используется символ, принятый в предыдущем параграфе для натяжения мембраны, на стр. 40, 75 не введен используемый далее временной множитель для потенциала. Присутствует некоторая громоздкость изложения - потенциал скорости в каждом параграфе вводится заново, основные предположения (идеальность жидкости, потенциальность течения) многократно повторяются, что затрудняет восприятие, однако диапазон используемых физических параметров (характерные размеры, плотности и т. д.) не приводится.

2) Указано, что полученные выражения в виде рядов — быстросходящиеся, однако явные аналитические или численные оценки членов ряда, частичных сумм и корней частотных уравнений не приводятся. Не освещен также вопрос сходимости рядов для производных потенциала (поля скоростей).

3) На стр. 32 недостаточно подробно изложены условия пренебрежения инерционным членом в дифференциальном уравнении для прогиба мембраны. На стр. 39 указано, что инерционный член может быть учтен, но не приведены соответствующие расчеты или ссылки.

4) В уравнения движения упругой мембраны (2.4) и (2.21), (2.43) натяжение мембраны входит различных образом.

5) На стр. 57 указано, что в главе 2 рассмотрена проницаемая перегородка, однако это сделано только в следующей главе (то же в автореферате на стр. 11).

6) Не ясно, почему указанное на стр. 65 условие закрытия бака плавающей крышкой приводит к рассмотренному ранее в параграфе краевому условию Дирихле для потенциала скорости, а не к краевому условию Неймана (условие непротекания).

7) На стр. 66 не приведен вывод уравнений движений упругого пологого сферического дна.

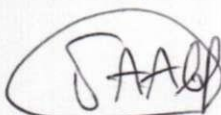
8) На стр. 74 и далее неясна связь между потенциалом скорости и смещением упругого дна.

9) В диссертации встречаются отдельные стилистические погрешности, описки и опечатки, впрочем не меняющие смысла текста, на стр. 21, 24, 28, 36, 38, 46, 47, 49-53, 56, 57, 61, 62, 68, 71, 72, 74, 75, 81, 83-85, 88, 90, 94-96, 106, 108, а также в оформлении рис. 3.5. В списке литературы даны ссылки на английский перевод, а не на русскоязычный оригинал работы [62]. В ссылке [113] указаны не все авторы.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Считаю, что диссертация Гончарова Д. А. «Разработка экспериментально-аналитического метода расчета колебаний двухслойной жидкости в сосуде с проницаемой перегородкой» является цельной теоретико-экспериментальной научно-квалификационной работой, в которой решены задачи, имеющие важное значение для гидродинамики и ее приложений в ракетостроении в части разработки конструкций топливных баков. Диссертация выполнена на хорошем научном уровне, содержит новые результаты и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842). Ее автор, Гончаров Д.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Гавриков Александр Александрович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Гончарова Дмитрия Александровича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент



Гавриков А.А.

Кандидат физико-математических наук, специальность ВАК 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы», старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН), <http://ipmnet.ru/>

Адрес: 119526 г. Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1, к. 393.

Тел. 8 (495) 4343292

E-mail: gavrikov@ipmnet.ru

| | | |
|---------|---------------------------------------|--------------|
| подпись | <i>А.А. Гавриков</i> | ЗАВЕРЯЮ: |
| | Ученый секретарь ИПМех РАН, к.ф.-м.н. | |
| 30 | <i>Е.Я. Сысоева</i> | Е.Я. Сысоева |
| | | 2017 г. |

