

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ ГИДРОДИНАМИКИ

им. М.А. Лаврентьева

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИГиЛ СО РАН)

Академика Лаврентьева проспект, 15, Новосибирск, 630090
Тел./факс: (383) 333-16-12. E-mail: igil@hydro.nsc.ru
ОКПО 03533978; ОГРН 1025403648600;
ИНН/КПП 5408100064/540801001

01.10.2018 № 15320-16-22

На № _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор федерального
государственного бюджетного
учреждения науки «Институт
гидродинамики имени
М.А. Лаврентьева Сибирского
отделения Российской академии
наук»

Д.Ф.-м.н. С.В. Головин

« 01 » октября 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт гидродинамики имени М.А. Лаврентьева Сибирского отделения
Российской академии наук»

о диссертационной работе Власовой Ольги Андреевны «Изучение подъемных сил,
действующих на твердые тела в жидкости при вибрациях»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа Власовой О.А. посвящена изучению гидродинамического взаимодействия свободного твердого тела и твердой границы в случае колебаний одного относительно другого. Следует отметить, что в подобных задачах рассматривается самосопряженное движение, при котором действующие на тело силы зависят от траектории движения, а заранее неизвестная траектория движения зависит от сил. Такие задачи сложны для аналитических исследований, что придает особую значимость и актуальность эксперименту.

В настоящее время большое внимание исследователей уделяется задачам вибрационной гидромеханики, изучающим влияние осциллирующих сил на динамику неоднородных систем. Особый интерес вызывают задачи о взаимодействии свободных включений в жидкости с твердой поверхностью, при наличии относительных колебаний. В таких системах наличие осциллирующих сил приводит к возникновению осредненных эффектов, которые могут использоваться для управления свободными включениями. Данное научное направление **актуально** и имеет большую значимость при приложениях для оптимизации различных технологических процессов, включающих в себя, например, очистку жидкостей.

Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во введении описано современное состояние исследований по теме диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, а также обоснованы актуальность, новизна и научная значимость работы. Во введении также представлено краткое содержание диссертации, приведены сведения об апробации работы и сформулированы результаты, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена экспериментальному исследованию динамики пластины, плотностью больше/меньше плотности окружающей жидкости, в прямоугольном контейнере, совершающем горизонтальные поступательные колебания. Дано описание экспериментальной установки и методики исследований. Представлены результаты экспериментов с легкими и тяжелыми пластинами в жидкостях разной вязкости. Обнаружено, что пластина отталкивается от стенки контейнера под действием вибраций. Подъемная сила измеряется методом «подвеса» тела в поле силы тяжести, когда тело занимает квазистационарное положение в контейнере на расстоянии от его стенки. Показано, что в состоянии подвеса тело совершает комбинированные колебания, состоящие из продольных колебаний вдоль границы полости и угловых покачиваний. Также рассмотрен случай сравнительно больших амплитуд колебаний тяжелой пластины.

Во второй главе в высокочастотном приближении предложено теоретическое описание подъемной силы, действующей на плоское тело в осциллирующей прямоугольной полости с жидкостью, отличающейся по плотности от тела. Найден порог удержания тела на расстоянии от стенки, зависящий от относительной плотности и относительной толщины тела. Проведено сравнение теоретических и экспериментальных результатов. Показано, что теоретическая оценка дает завышенное значение действующей на тело осредненной силы в сравнении с экспериментальными данными.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования динамики цилиндра, плотность которого больше плотности жидкости, во вращающейся вокруг горизонтальной оси цилиндрической полости. Рассматривается случай равномерного и неравномерного (модулированного) вращения полости. При равномерном вращении обнаружены новые качественно отличающиеся друг от друга состояния цилиндра, зависящие от скорости вращения полости. Для каждого состояния цилиндра изучены траектории его движения, а также представлены структуры течения вблизи него. Показано, что при достаточно быстром вращении, когда цилиндр находится в центрифугированном состоянии, модуляция скорости вращения полости с заданной амплитудой и частотой приводит к появлению за счет вязкого взаимодействия азимутальных колебаний тела. Обнаружено, что при достижении пороговой амплитуды модуляции цилиндр отталкивается от границы юветы и зависает на некотором расстоянии от последней. Обнаружено, что помимо азимутальных колебаний цилиндр совершает вращательные колебания вокруг своей оси.

В заключении диссертации представлены основные результаты и перспективы дальнейших исследований.

В диссертации получены новые результаты:

- обнаружен отрыв плоского тела от стенки полости, заполненной жидкостью, при наличии вибрационного воздействия. Дано теоретическое описание данного явления;
- обнаружено, что при отрывном режиме обтекания плоского тела определяющим параметром становится относительная амплитуда его колебаний;

- обнаружены новые состояния цилиндра при равномерном вращении полости, показано, что течение в полости имеет трехмерную структуру;
- предложен новый метод управления твердыми включениями в жидкости во вращающихся системах – модуляция скорости вращения.

Научная значимость работы. Изучаемое явление отталкивания тела в жидкости от твердой границы при относительных колебаниях может быть интересно для условий микрогравитации, когда сила тяжести, прижимающая тело к стенке, мала и для его отрыва от стенки достаточно слабого вибрационного воздействия. Кроме того, данное явление можно использовать для управления включениями в жидкости в технологических процессах, например для очистки приграничного слоя жидкости от примеси.

Достоверность результатов обеспечивается использованием современных и апробированных методик проведения экспериментального исследования и последующей обработки результатов. Следует отметить, что для получения экспериментальной информации использованы бесконтактные оптические методы, не вносящие возмущений в динамику изучаемых систем. В работе проводится сравнение экспериментальных результатов с теоретическими, а также сравнение с результатами других авторов.

Замечания

1. В оформлении диссертации имеются незначительные ошибки, в частности, на стр. 21 автор от нумерованных в порядке появления в тексте ссылок переходит к ссылкам (Щипицын и др. 2014, Кузаев и др. 2005), причем в списке литературы эти работы отсутствуют. Также на стр. 123 в рис. 3.29 имеются две штриховые линии, ограничивающие экспериментальные точки, эти линии не описаны в тексте, поэтому их значение не совсем понятно.
2. Во второй главе при обсуждении результатов на стр. 76 автор делает вывод: *«Можно только предположить, что несовпадение экспериментального (сплошная кривая) и расчетного (штриховая) порогов связано с тем, что теоретическая модель построена в высокочастотном приближении, а экспериментальные точки оказались в области низких безразмерных частот. Следует отметить, что в теории не учитываются угловые качания, которые тело совершает в ходе колебаний, и вязкое взаимодействие колеблющегося тела с границей.»* Вообще говоря, в данном контексте можно было бы упомянуть, что используемая для оценки модель предполагает двумерную картину обтекания, что время как экспериментальная задача существенно трехмерна: указано (см. стр. 27), что ширина кюветы от передней до задней стенки составляет 6.7 см, а ширина помещенного в кювету тела (см. стр. 28) составляет от 3 до 6.5 см. Пространственный характер обтекания также должен уменьшать значение сил в сравнении с оценками, получаемыми в плоской задаче. Роль ширины помещенного в кювету тела при обсуждении результатов оказалась за кадром.
3. В диссертации во всех рассмотренных задачах типичным начальным положением является случай контакта тела с поверхностью кюветы. Для полноты изложения можно было бы упомянуть, что в вязкой жидкости в случае гладких границ и при выполнении условия неразрывности сам контакт тела с границей под действием конечной силы может произойти только за бесконечное время. Этот классический результат для сферы, приближающейся к плоскости, был получен в работе Brenner H. The slow motion of a sphere through a viscous fluid towards a plane surface // Chem. Engng. Sci. 1961. V. 16, 242, ряд математических вопросов, относящихся к данной проблеме рассмотрен в Starovoitov V.N.

- Behavior of a rigid body in an incompressible viscous fluid near a boundary. In: *Free boundary problems (Trento 2002)*, Intern. Ser. Numer. Math. Birkhauser, Basel, 2004, V. 147. P. 313-327. Один из вариантов устранения этого парадокса – допущение о кавитации в зоне контакта твердого тела со стенкой: см. напр. Marston J.O., Yong W., Ng W.K., Tan R.B.H., Thoroddsen S.T. Cavitation structures formed during the rebound of a sphere from a wetted surface // *Exp. Fluids*. 2011. V. 50. P. 729-746. Эти работы было бы уместно процитировать при описании режимов, предполагающих наличие контакта тела со стенкой или соударений тела и стенки.
4. Также в контексте описания режимов с соударениями тела и стенки можно упомянуть, что асимптотика движения перед моментом контакта весьма нетривиальна, в частности, даже для такой канонической задачи, как приближение сферы к плоскости, корректив к классическому выражению для присоединенной массы был получен сравнительно недавно в работе Yang F.-L. A formula for the wall-amplified added mass coefficient for a solid sphere in normal approach to a wall and its application for such motion at low Reynolds number // *Phys. Fluids*. 2010. V. 22, 123303
 5. В третьей главе диссертации для интерпретации результатов (см. стр. 130) использован результат Сенницкого (ПМТФ, 2005) о силе, оказываемой равномерно движущимся потоком идеальной жидкости на круговой цилиндр вблизи стенки. Для полноты описания можно было бы также указать, что существуют численные расчеты гидродинамических нагрузок для задачи об обтекании кругового цилиндра, находящегося на некотором расстоянии от плоской поверхности, потоком вязкой жидкости, например: Lei C., Cheng L., Armfield S.W., Kavanagh K. Vortex shedding suppression for flow over a circular cylinder near a plane boundary // *Ocean Engineering*. 2000. V. 27. P. 1109-1127.

Заключение

Диссертация Власовой О.А. является законченной научно-квалифицированной работой в области вибрационной гидромеханики, соответствующей специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Работа написана понятным научным языком и хорошо проиллюстрирована. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 23 работах (5 работ опубликованы в журналах из списка ВАК (индексированы в WOS)) и представлены на конференциях российского и международного уровня.

Диссертационная работа «Изучение подъемных сил, действующих на твердые тела в жидкости при вибрациях» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Власова О.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научного семинара «Прикладная гидродинамика»
Института гидродинамики имени М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской
академии наук от 12.09.2018 г.

Заведующий лабораторией
«Экспериментальной прикладной гидродинамики»
ИГиЛ СО РАН
доктор физико-математических наук
Евгений Валерьевич Ерманюк



В.В. Ерманюк

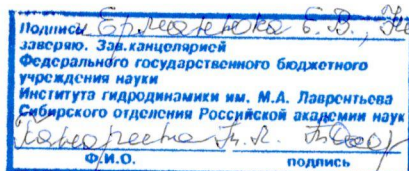
Заведующий лабораторией
«Вихревых движений жидкости и газа»
ИГиЛ СО РАН
доктор физико-математических наук
Виктор Васильевич Никулин



В.В. Никулин

Руководитель семинара «Прикладная гидродинамика»
главный научный сотрудник лаборатории
«Прикладной и вычислительной гидродинамики»
член-корреспондент РАН
Владислав Васильевич Пухначев

630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15
тел.: +7 (383) 330 12 41; +7(383) 333 25 89; +7(383)333 18 19
e-mail: ermanyuk@hydro.nsc.ru
nikulin@hydro.nsc.ru
pukhnachev@gmail.com



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ ГИДРОДИНАМИКИ

им. М.А. Лаврентьева

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИГиЛ СО РАН)

Академика Лаврентьева проспект, 15, Новосибирск, 630090
Тел./факс: (383) 333-16-12. E-mail: igil@hydro.nsc.ru
ОКПО 03533978; ОГРН 1025403648600;
ИНН/КПП 5408100064/540801001

01.10.2018 № 15320- 16 - 22

На № _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор федерального
государственного бюджетного
учреждения науки «Институт
гидродинамики имени
М.А. Лаврентьева Сибирского
отделения Российской академии
наук»

д.ф.-м.н. С.В. Головин

« 01 » октября 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт гидродинамики имени М.А. Лаврентьева Сибирского отделения
Российской академии наук»

о диссертационной работе Власовой Ольги Андреевны «Изучение подъемных сил,
действующих на твердые тела в жидкости при вибрациях»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа Власовой О.А. посвящена изучению гидродинамического взаимодействия свободного твердого тела и твердой границы в случае колебаний одного относительно другого. Следует отметить, что в подобных задачах рассматривается самосопряженное движение, при котором действующие на тело силы зависят от траектории движения, а заранее неизвестная траектория движения зависит от сил. Такие задачи сложны для аналитических исследований, что придает особую значимость и актуальность эксперименту.

В настоящее время большое внимание исследователей уделяется задачам вибрационной гидромеханики, изучающим влияние осциллирующих сил на динамику неоднородных систем. Особый интерес вызывают задачи о взаимодействии свободных включений в жидкости с твердой поверхностью, при наличии относительных колебаний. В таких системах наличие осциллирующих сил приводит к возникновению осредненных эффектов, которые могут использоваться для управления свободными включениями. Данное научное направление **актуально** и имеет большую значимость при приложениях для оптимизации различных технологических процессов, включающих в себя, например, очистку жидкостей.

Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во введении описано современное состояние исследований по теме диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, а также обоснованы актуальность, новизна и научная значимость работы. Во введении также представлено краткое содержание диссертации, приведены сведения об апробации работы и сформулированы результаты, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена экспериментальному исследованию динамики пластины, плотностью больше/меньше плотности окружающей жидкости, в прямоугольном контейнере, совершающем горизонтальные поступательные колебания. Дано описание экспериментальной установки и методики исследований. Представлены результаты экспериментов с легкими и тяжелыми пластинами в жидкостях разной вязкости. Обнаружено, что пластина отталкивается от стенки контейнера под действием вибраций. Подъемная сила измеряется методом «подвеса» тела в поле силы тяжести, когда тело занимает квазистационарное положение в контейнере на расстоянии от его стенки. Показано, что в состоянии подвеса тело совершает комбинированные колебания, состоящие из продольных колебаний вдоль границы полости и угловых покачиваний. Также рассмотрен случай сравнительно больших амплитуд колебаний тяжелой пластины.

Во второй главе в высокочастотном приближении предложено теоретическое описание подъемной силы, действующей на плоское тело в осциллирующей прямоугольной полости с жидкостью, отличающейся по плотности от тела. Найден порог удержания тела на расстоянии от стенки, зависящий от относительной плотности и относительной толщины тела. Проведено сравнение теоретических и экспериментальных результатов. Показано, что теоретическая оценка дает завышенное значение действующей на тело осредненной силы в сравнении с экспериментальными данными.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования динамики цилиндра, плотность которого больше плотности жидкости, во вращающейся вокруг горизонтальной оси цилиндрической полости. Рассматривается случай равномерного и неравномерного (модулированного) вращения полости. При равномерном вращении обнаружены новые качественно отличающиеся друг от друга состояния цилиндра, зависящие от скорости вращения полости. Для каждого состояния цилиндра изучены траектории его движения, а также представлены структуры течения вблизи него. Показано, что при достаточно быстром вращении, когда цилиндр находится в центрифугированном состоянии, модуляция скорости вращения полости с заданной амплитудой и частотой приводит к появлению за счет вязкого взаимодействия азимутальных колебаний тела. Обнаружено, что при достижении пороговой амплитуды модуляции цилиндр отталкивается от границы кюветы и зависает на некотором расстоянии от последней. Обнаружено, что помимо азимутальных колебаний цилиндр совершает вращательные колебания вокруг своей оси.

В заключении диссертации представлены основные результаты и перспективы дальнейших исследований.

В диссертации получены **новые результаты:**

- обнаружен отрыв плоского тела от стенки полости, заполненной жидкостью, при наличии вибрационного воздействия. Дано теоретическое описание данного явления;
- обнаружено, что при отрывном режиме обтекания плоского тела определяющим параметром становится относительная амплитуда его колебаний;

- обнаружены новые состояния цилиндра при равномерном вращении полости, показано, что течение в полости имеет трехмерную структуру;
- предложен новый метод управления твердыми включениями в жидкости во вращающихся системах – модуляция скорости вращения.

Научная значимость работы. Изучаемое явление отталкивания тела в жидкости от твердой границы при относительных колебаниях может быть интересно для условий микрогравитации, когда сила тяжести, прижимающая тело к стенке, мала и для его отрыва от стенки достаточно слабого вибрационного воздействия. Кроме того, данное явление можно использовать для управления включениями в жидкости в технологических процессах, например для очистки приграничного слоя жидкости от примеси.

Достоверность результатов обеспечивается использованием современных и апробированных методик проведения экспериментального исследования и последующей обработки результатов. Следует отметить, что для получения экспериментальной информации использованы бесконтактные оптические методы, не вносящие возмущений в динамику изучаемых систем. В работе проводится сравнение экспериментальных результатов с теоретическими, а также сравнение с результатами других авторов.

Замечания

1. В оформлении диссертации имеются незначительные ошибки, в частности, на стр. 21 автор от нумерованных в порядке появления в тексте ссылок переходит к ссылкам (Щипицын и др. 2014, Кузаев и др. 2005), причем в списке литературы эти работы отсутствуют. Также на стр. 123 в рис. 3.29 имеются две штриховые линии, ограничивающие экспериментальные точки, эти линии не описаны в тексте, поэтому их значение не совсем понятно.
2. Во второй главе при обсуждении результатов на стр. 76 автор делает вывод: *«Можно только предположить, что несовпадение экспериментального (сплошная кривая) и расчетного (штриховая) порогов связано с тем, что теоретическая модель построена в высокочастотном приближении, а экспериментальные точки оказались в области низких безразмерных частот. Следует отметить, что в теории не учитываются угловые качания, которые тело совершает в ходе колебаний, и вязкое взаимодействие колеблющегося тела с границей.»* Вообще говоря, в данном контексте можно было бы упомянуть, что используемая для оценки модель предполагает двумерную картину обтекания, что время как экспериментальная задача существенно трехмерна: указано (см. стр. 27), что ширина кюветы от передней до задней стенки составляет 6.7 см, а ширина помещенного в кювету тела (см. стр. 28) составляет от 3 до 6.5 см. Пространственный характер обтекания также должен уменьшать значение сил в сравнении с оценками, получаемыми в плоской задаче. Роль ширины помещенного в кювету тела при обсуждении результатов оказалась за кадром.
3. В диссертации во всех рассмотренных задачах типичным начальным положением является случай контакта тела с поверхностью кюветы. Для полноты изложения можно было бы упомянуть, что в вязкой жидкости в случае гладких границ и при выполнении условия неразрывности сам контакт тела с границей под действием конечной силы может произойти только за бесконечное время. Этот классический результат для сферы, приближающейся к плоскости, был получен в работе Brenner H. The slow motion of a sphere through a viscous fluid towards a plane surface // Chem. Engng. Sci. 1961. V. 16, 242, ряд математических вопросов, относящихся к данной проблеме рассмотрен в Starovoitov V.N.

Behavior of a rigid body in an incompressible viscous fluid near a boundary. In: *Free boundary problems (Trento 2002)*, Intern. Ser. Numer. Math. Birkhauser, Basel, 2004, V. 147. P. 313-327. Один из вариантов устранения этого парадокса – допущение о кавитации в зоне контакта твердого тела со стенкой: см. напр. Marston J.O., Yong W., Ng W.K., Tan R.B.H., Thoroddsen S.T. Cavitation structures formed during the rebound of a sphere from a wetted surface // *Exp. Fluids*. 2011. V. 50. P. 729-746. Эти работы было бы уместно процитировать при описании режимов, предполагающих наличие контакта тела со стенкой или соударений тела и стенки.

4. Также в контексте описания режимов с соударениями тела и стенки можно упомянуть, что асимптотика движения перед моментом контакта весьма нетривиальна, в частности, даже для такой канонической задачи, как приближение сферы к плоскости, корректив к классическому выражению для присоединенной массы был получен сравнительно недавно в работе Yang F.-L. A formula for the wall-amplified added mass coefficient for a solid sphere in normal approach to a wall and its application for such motion at low Reynolds number // *Phys. Fluids*. 2010. V. 22, 123303
5. В третьей главе диссертации для интерпретации результатов (см. стр. 130) использован результат Сенницкого (ПМТФ, 2005) о силе, оказываемой равномерно движущимся потоком идеальной жидкости на круговой цилиндр вблизи стенки. Для полноты описания можно было бы также указать, что существуют численные расчеты гидродинамических нагрузок для задачи об обтекании кругового цилиндра, находящегося на некотором расстоянии от плоской поверхности, потоком вязкой жидкости, например: Lei C., Cheng L., Armfield S.W., Kavanagh K. Vortex shedding suppression for flow over a circular cylinder near a plane boundary // *Ocean Engineering*. 2000. V. 27. P. 1109-1127.

Заключение

Диссертация Власовой О.А. является законченной научно-квалифицированной работой в области вибрационной гидромеханики, соответствующей специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Работа написана понятным научным языком и хорошо проиллюстрирована. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 23 работах (5 работ опубликованы в журналах из списка ВАК (индексированы в WOS)) и представлены на конференциях российского и международного уровня.

Диссертационная работа «Изучение подъемных сил, действующих на твердые тела в жидкости при вибрациях» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Власова О.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности – «Механика жидкости, газа и плазмы».

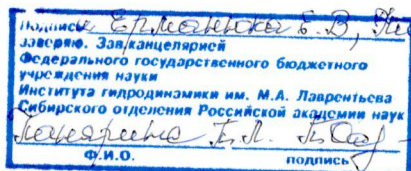
Отзыв обсужден и одобрен на заседании научного семинара «Прикладная гидродинамика»
Института гидродинамики имени М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской
академии наук от 12.09.2018 г.

Заведующий лабораторией
«Экспериментальной прикладной гидродинамики»
ИГиЛ СО РАН
доктор физико-математических наук
Евгений Валерьевич Ерمانюк

Заведующий лабораторией
«Вихревых движений жидкости и газа»
ИГиЛ СО РАН
доктор физико-математических наук
Виктор Васильевич Никулин

Руководитель семинара «Прикладная гидродинамика»
главный научный сотрудник лаборатории
«Прикладной и вычислительной гидродинамики»
член-корреспондент РАН
Владислав Васильевич Пухначев

630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15
тел.: +7 (383) 330 12 41; +7(383) 333 25 89; +7(383)333 18 19
e-mail: ermanyuk@hydro.nsc.ru
nikulin@hydro.nsc.ru
pukhnachev@gmail.com



Подписи: Ерманюк Е.В., Никулин В.В., Пухначев В.В.