

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Бердникова В.С. на диссертацию Перминова Анатолия Викторовича “Движение жидкостей с различной реологией во внешних силовых полях”, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

В диссертации Перминова А.В. систематизированы результаты исследований течений обобщенных ньютоновских жидкостей в слоях различной ориентации при наличии высокочастотных неакустических вибраций. Представлены результаты исследований движений степенной жидкости в вязком пограничном слое вблизи твердой поверхности в поле высокочастотных вибраций и результаты численного моделирования обтекания цилиндра стационарным и пульсирующим потоками степенной и вязкопластичной жидкостями. Систематизированы результаты численных исследований пульсационного и осредненного течений вязкопластичных жидкостей при касательных симметричных и несимметричных вибрациях наклонной твердой поверхности. Исследована устойчивость стационарного течения псевдо- и вязкопластичных жидкостей по наклонной твердой поверхности. Решена задача о термовибрационном конвективном течении жидкости Уильямсона между двумя твердыми плоскостями, нагретыми до разных температур и исследована линейная устойчивость плоскопараллельного конвективного течения жидкости Уильямсона и надкритических режимов конвекции такой жидкости между двумя твердыми плоскостями, нагретыми до разных температур. Численно исследовано адвективное течение проводящей жидкости в бесконечном горизонтальном канале прямоугольного сечения во внешнем стационарном однородном магнитном поле и исследована линейная устойчивость такого течения при различных направлениях магнитного поля. Изучена устойчивость стационарного адвективного течения бинарной смеси в плоском горизонтальном слое с учетом термодиффузионного эффекта.

Актуальность темы работы определяется тем, что в рамках теории вибрационных воздействий на гидродинамические системы осталось практически неисследованным поведение нелинейно-вязких и вязкопластических жидкостей в вибрационных полях. В технологических процессах встречается большое количество сплошных сред и жидкостей, обладающих нелинейно-вязкими свойствами. Это нефть и нефтепродукты, растворы и расплавы полимеров, суспензии угольного топлива, краски, пастообразные пищевые продукты и вещества для спецприменений. Технологические

процессы практически всегда происходят при наличии внешних неустранимых или управляемых вибраций. Теоретические основы гидродинамики и теплообмена в неньютоновских жидкостях при наличии вибраций все еще находятся в стадии разработки. При исследовании влияния нестационарных силовых полей на нелинейно-вязкие среды актуальны задачи исследования устойчивости стационарных состояний. Важно исследовать параметры течений, формирующихся после потери устойчивости стационарного состояния, поскольку меняются интенсивности процессов тепло- и массообмена. К жидкостям с особыми свойствами относятся так же расплавы и растворы в расплавах, бинарные смеси, хотя реология этих сред определяется ньютоновским законом. Исследование течений расплавов (чистых и содержащих примеси - активаторы) необходимо для создания фундаментальных основ технологий получения монокристаллов методами направленной кристаллизации. Актуальным является получение информации об условиях устойчивости течений и поиск способов управления движением расплавов. Одним из способов является использование магнитных полей. Воздействие внешних неоднородных и нестационарных магнитных полей на проводящие жидкости применяется при индукционной и зонной плавке. Постоянные и вращающиеся магнитные поля используются при выращивании кристаллов для управления гидродинамикой расплавов.

Новизна результатов работы обусловлена в первую очередь тем, что впервые исследованы течения вязкопластичных жидкостей при касательных симметричных и несимметричных вибрациях наклонной твердой поверхности; обнаружен эффект не-монотонной зависимости среднего расхода жидкости от периода и амплитуды вибраций; показана принципиальная возможность движения вязкопластика против поля тяжести. Впервые изучена линейная устойчивость стационарного течения псевдо- и вязкопластичных жидкостей по наклонной твердой поверхности. Впервые решена задача линейной устойчивости жесткого состояния бесконечно длинного наклонного слоя обобщенной ньютоновской жидкости. Решена задача о термовибрационной конвекции жидкости Уильямсона в бесконечном вертикальном слое, на твердых границах которого поддерживаются постоянные разные температуры. Впервые получено решение линейной задачи устойчивости плоскопараллельного конвективного течения псевдо- и вязкопластичной жидкостей в бесконечном вертикальном слое с границами, нагретыми до разных температур; рассчитаны надкритические режимы конвекции. Впервые решена задача о стационарном адвективном течении проводящей жидкости

в бесконечном горизонтальном канале прямоугольного сечения при наличии постоянного однородного магнитного поля; решена задача линейной устойчивости такого течения; обнаружен эффект дестабилизации адвективного течения горизонтальным поперечным к оси канала магнитным полем. Впервые решена задача линейной устойчивости адвективного течения бинарной смеси в плоском горизонтальном слое с твердыми идеально теплопроводными границами, с учетом эффекта термодиффузии.

Достоверность результатов и обоснованность научных положений и выводов представленных в диссертации обеспечивается применением апробированных теоретических подходов и численных методов; исследованием сходимости конечно-разностных схем при уменьшении пространственного шага сетки; согласием результатов в предельных случаях с имеющимися в литературе; тестированием применяемых алгоритмов и программ путем сопоставления с известными результатами. Например, при решении задачи устойчивости для псевдопластической жидкости в главе 4 для верификации алгоритма и начальных приближений при численных расчетах использовались известные результаты для ньютоновской жидкости (Г.З. Гершуни, Е.М. Жуховицкий, А.А. Непомнящий –1989). Математические модели разрабатывались на основе классических методов механики сплошных сред.

Научная и практическая значимость результатов работы заключается в том, что результаты диссертации важны с общетеоретической точки зрения для развития знаний в области гидродинамики и тепломассообмена нелинейно-вязких систем при воздействии на них вибрационных полей. Применение результатов возможно при изучении нестационарных и неизотермических течений неньютоновских жидкостей и исследовании устойчивости стационарных состояний таких сред. Результаты, полученные при изучении обтекания обобщенными ньютоновскими жидкостями твердых тел, могут быть применены при совершенствовании реометрических методик, например, таких как вибрационная вискозиметрия. Эти результаты могут быть полезны при моделировании технологических процессов в пищевой и химической промышленности. Условия добычи, хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов часто связаны с движением около твердой поверхности или стеканием по ней. Неустрашимыми в этих ситуациях являются вибрационные воздействия на жидкости. Практически все технологические процессы, в том числе с использованием неньютоновских сред происходят в условиях неоднородных распределений температуры.

Практическим приложением результатов изучения адвективных течений проводящих жидкостей и бинарных смесей является управление процессами гомогенизации расплавов при выращивание кристаллов методом горизонтальной направленной кристаллизации. Магнитные поля с различными пространственно-временными характеристиками играют определяющую роль в таких технологических процессах, как индукционная и зонная плавка, выращивание кристаллов различными методами направленной кристаллизации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав основной части, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации 374 страницы; работа содержит 92 рисунка и 9 таблиц. Список литературы насчитывает 372 наименования.

Во Введении представлено краткое обоснование выбора темы исследований и краткая характеристика выполненной работы.

В первой главе проведен анализ современного состояния в областях исследований моделей реологических сред и течений неньютоновских жидкостей изотермических и неізотермических в поле тяжести и при наличии вибраций, исследований поведения проводящих жидкостей в магнитных полях и конвекции в бинарных смесях с учетом процессов термодиффузии. Дана классификация неньютоновских сред и проанализированы свойства обобщенных ньютоновских жидкостей. Достоинство содержания этой главы состоит в том, что очень четко и ясно обозначены объекты исследований и дан достаточно полный и содержательный обзор литературы по каждому из них: по течениям нелинейно-вязких жидкостей, по гидродинамике и теплообмену в проводящих расплавах, находящихся в магнитных полях, и по конвекции в бинарных смесях. В результате обоснована постановка задач и актуальность исследований.

Замечание по главе 1: Объяснение причин увеличения сдвиговых напряжений и быстрого нарастания кажущейся вязкости в суспензиях с большим содержанием твердой фазы при больших скоростях сдвига или неверно или плохо сформулировано (с.27-28).

Во второй главе были получены уравнения пульсационного и среднего течений дилатантной жидкости в пограничном слое вблизи твердой поверхности и граничное условие на внешней границе пограничного слоя. Представлены результаты исследований пульсирующих и осредненных течений изотермических дилатантных и псевдопластичных жидкостей вблизи плоских твердых поверхностей. Расчеты показали, что

при увеличении показателя неньютоновости толщина вязкого пограничного слоя уменьшается и происходит заметный рост скорости пульсационного течения. Представлены результаты исследований обтекания цилиндра стационарным и пульсирующим потоками жидкости Уильямсона. В последнем случае нет среднего натекающего на цилиндр потока. Исследовался процесс формирования пульсирующего жидкого пограничного слоя осредненных течений жидкости Уильямсона, возникающих вблизи осциллирующего цилиндра (но в системе координат, связанной с цилиндром). Пульсации жидкости полагались высокочастотными, малоамплитудными и неакустическими.

Течение вязкопластичной жидкости характеризуется наличием в нем квазитвердых и жидких зон. Показано, что при обтекании стационарным потоком вблизи цилиндра образуется жидкая зона, окруженная со всех сторон квазитвердой областью. Эта жидкая зона симметрична относительно оси, соответствующей полярному углу и вытянута вдоль потока. При наличии пульсаций структура и взаимное расположение различных зон течения изменяются в течение периода. Осредненное течение хотя и является вихревым, но качественно отличается от течения ньютоновской жидкости. Внутри него имеются квазитвердыми зоны, среднее течение в которых практически отсутствует.

Замечания по главе 2:

1. Отсутствует ясная физическая постановка задачи исследований; нет рисунков, поясняющих постановку задач, аналогичных, например, рис.3.1 и рис.4.1. Основной акцент сделан на описание методики расчетов.

2. Недостатком является практически полное отсутствие графического представления результатов расчетов и дана слишком поверхностная физическая интерпретация результатов. Профили скорости на рис.2.1 для непонятно как выбранного момента времени не дают представления о гидродинамике в течение периода колебаний.

3. В отличие от главы 4 (с.194) не указан критерий установления стационарного потока вязкопластичной жидкости, натекающего на цилиндр после его внезапного включения (с.111).

В третьей главе рассмотрен наклоненный относительно вертикали слой вязкопластичной жидкости конечной толщины, ограниченный сверху свободной поверхностью, а снизу – твердой плоскостью, которая может совершать касательные вибрации.

Исследовано стационарное течение слоя вязкопластичной жидкости в поле тяжести, описываемой реологическими моделями Шведова-Бингама и Уильямсона. В случае применения модели Уильямсона к вязкопластичным средам определены условия существования квазитвердой области, в которой жидкость практически не течет. Изучено влияние симметричных и несимметричных вибраций на течение слоя вязкопластичной жидкости по наклонной твердой плоскости в поле тяжести. Закон изменения скорости ползучести задается в виде, предложенном Е.Л. Таруниным (2003). Рассмотрены три типа колебательных движений твердой поверхности: симметричные вибрации; несимметричные «положительные» вибрации, когда в направлении поля тяжести твердая поверхность движется медленнее, чем против его направления; несимметричные «отрицательные» вибрации, когда медленное движение совершается против направления поля тяжести. В силу нелинейности реологической модели вибрации генерируют в слое среднее течение. Слой жидкости разделяется на жидкую и квазитвердую (жесткую) зоны. Напряжения сдвига, возникающие в жидкости, наиболее значительны около колеблющейся твердой поверхности, поэтому квазитвердая зона образуется вблизи свободной границы слоя. Показано, что при всех типах вибраций можно выделить области, соответствующие жесткому состоянию слоя на протяжении всего периода вибраций.

Показано, что в отсутствие вибраций при слабом гравитационном воздействии, когда напряжения сдвига малы, весь слой находится в квазитвердом состоянии и покоится на твердой поверхности. Включение вибраций порождает заметное среднее течение жидкости. При несимметричных «отрицательных» вибрациях наблюдаются режимы, когда либо весь слой жидкости, либо его квазитвердая часть в среднем движутся против поля тяжести, что объясняется различным влиянием сил вязкого трения в течение периода вибраций. В случаях симметричных и несимметричных вибраций зависимость расхода жидкости от периода вибраций немонотонна. Показано, что для ускорения процесса стекания вязкопластичной жидкости по наклонной твердой поверхности при слабых и умеренных гравитационных воздействиях наиболее эффективными являются несимметричные «положительные» вибрации.

Получены значения пороговой амплитуды скорости вибраций твердой поверхности, при достижении которой в слое возможна генерация осредненного движения. Вибрации с меньшей амплитудой не приводят к напряжениям сдвига, достаточным для возникновения жидкой зоны, поэтому весь слой, находясь в квазитвердом состоя-

нии, совершает колебания вместе с твердой поверхностью. Несимметричность вибраций существенно понижает пороговое значение амплитуды скорости вибраций. В случаях симметричных и несимметричных «положительных» вибраций среднее движение жидкости в слое всегда направлено по полю тяжести. При несимметричных «отрицательных» вибрациях в области малых амплитуд скорости вибраций в слое может наблюдаться очень слабое осредненное движение, направленное вниз, которое с увеличением амплитуды скорости вибраций меняет направление.

Исследована устойчивость стационарного плоскопараллельного течения слоя жидкости Уильямсона по наклонной твердой поверхности в поле тяжести в отсутствие вибраций. Показано, что для жидкости Уильямсона, как и для ньютоновской жидкости, наибольшую опасность представляют длинноволновые возмущения свободной поверхности жидкости. Определен диапазон углов наклона, при которых движение вязкопластичного слоя оказывается более устойчивым, чем псевдопластичного слоя, в силу существования на свободной поверхности вязкопластика квазитвердой (жесткой) зоны. Из анализа результатов численных расчетов получена формула, которая описывает поведение нейтральных кривых устойчивости для вязкопластичных жидкостей и для псевдопластичных жидкостей в разных диапазонах углов наклона.

Замечания к главе 3:

1. На с.146 явно не хватает развернутой физической трактовки граничных условий на верхней границе слоя, которая может быть и свободной и твердой.

2. Для понимания области практической применимости полученных результатов на с.147 не хватает таблицы физических параметров сред, аналогичной таблице 6.2 на с.287.

В 4-й главе в высокочастотном приближении сформулированы уравнения термо-вибрационной конвекции для обобщенной ньютоновской жидкости (для реологических моделей Уильямсона, Шведова-Бингама, и Освальда де Вилия), описывающие медленное осредненное конвективное движение, возникающее на фоне быстрых пульсаций полей скорости, давления и температуры. Представлены результаты исследований бесконечного наклонного слоя вязкопластичной жидкости, находящейся в поле высокочастотных вибраций, сформулировано условие существования жесткого состояния и исследована его устойчивость. Кроме того, изучено вибрационно-конвективное течение жидкости Уильямсона в вертикальном бесконечном слое.

Условие существования квазиравновесных состояний в поле высокочастотных вибраций распространено на весь класс обобщенных ньютоновских жидкостей. Показано, что квазитвердое (жесткое) состояние, являющееся частным случаем квазиравновесия, возможно для всех жидкостей из рассматриваемого класса, кроме вязкопластичной, только тогда, когда векторы, определяющие направление вибраций, поля тяжести и равновесного градиента температуры направлены вдоль одной прямой. В вязкопластичной жидкости квазитвердое (жесткое) состояние возможно при произвольной ориентации вектора, но вибрации должны быть направлены вдоль градиента температуры.

Рассмотрена задача о конвективном движении вязкопластичной жидкости в плоском вертикальном слое при нагреве сбоку в присутствии высокочастотных продольных вибраций. В этом случае жесткое состояние возможно только в отсутствие вибраций. Включение вибраций приводит к уменьшению толщины квазитвердых зон. Увеличение интенсивности вибраций сначала ослабляет проявление вязкопластичных свойств жидкости, а затем они исчезают. При больших вибрационных числах Грасгофа профиль скорости неньютоновской жидкости в слое совпадает с профилем скорости ньютоновской жидкости, полученным при аналогичных условиях нагрева и вибраций.

В качестве замечания по главе 4 можно сказать только то, что выводы сформулированы в самом общем виде, а исследования выполнены в ограниченных диапазонах и при дискретном наборе параметров, которые и следовало указать в разделе 4.5.

В пятой главе представлены результаты исследований устойчивости плоскопараллельного стационарного конвективного течения жидкости Уильямсона в вертикальном бесконечном слое, ограниченном твердыми идеально-теплопроводными стенками, нагретыми до разных температур. Для расчета основного стационарного течения и анализа его устойчивости использовались уравнения свободной тепловой конвекции в приближении Буссинеска, где вязкое слагаемое определялось реологическим уравнением Уильямсона. Рассмотрены плоские возмущения, являющиеся наиболее опасными в случае ньютоновской жидкости. Основные расчеты проводились при значениях реологического параметра, характеризующего предел текучести $D < 0.25$, при которых в вязкопластичной жидкости не возможна реализация устойчивого жесткого состояния. Показано, что для жидкости Уильямсона, как и для ньютоновской жидкости, имеются две моды неустойчивости: гидродинамическая монотонная и теп-

ловая колебательная. Монотонная мода существует при всех значениях числа Прандтля Pr . Колебательная мода при малых значениях числа Прандтля исчезает.

При анализе результатов обсуждаются зависимости гидродинамических характеристик от параметра ν , показывающего отклонение эффективной вязкости при нулевой скорости деформаций от соответствующего значения для ньютоновской жидкости (единицы), и параметра D . Для малых и умеренных значений параметра ν , соответствующих псевдопластичному поведению жидкости Уильямсона, с усилением псевдопластичных свойств (при увеличении ν) минимальное критическое значение модифицированного числа Грасгофа (числа Грасгофа G_m , определенного по вязкости при малых скоростях деформаций) для обеих мод неустойчивости монотонно уменьшается. Получены карты устойчивости на плоскости параметров $G_m - Pr$ для различных значений реологического параметра D . Увеличение D приводит к повышению порога устойчивости течения относительно обоих типов возмущений.

Построены карты устойчивости течения вязкопластичной жидкости для различных значений динамического предела текучести. Показано, что пороговое значение числа Прандтля, определяющее переход от монотонной неустойчивости к колебательной, уменьшается с ростом предельного напряжения сдвига D . Пороговое число Грасгофа, напротив, увеличивается с ростом D для обоих типов возмущений.

Проведено прямое численное моделирование пространственно-периодических структур, возникающих в вертикальном слое псевдопластичной жидкости после потери устойчивости стационарного плоскопараллельного течения. Показано, что после потери устойчивости основного течения на границе встречных потоков генерируется периодическая система вихрей. В случае монотонной моды неустойчивости это неподвижные вихри, а при колебательном характере неустойчивости интенсивность и положение вихрей периодически изменяется со временем, что обусловлено распространяющейся вдоль слоя тепловой волной.

В шестой главе рассмотрен тепло- и массоперенос в жидких металлах или расплавах, который описывался уравнениями термогравитационной конвекции в приближении Буссинеска с учетом действия на течение электромагнитной силы и наличия джоулева нагрева среды за счет индукционных токов. Исследовано адвективное течение слабопроводящей жидкости в бесконечном горизонтальном канале прямоугольного сечения, которое вызвано продольным градиентом температуры и находится под влиянием внешнего стационарного магнитного поля, ориентированного в плоскости

сечения канала. Изучена зависимость интенсивности течения и распределение скорости в поперечном сечении от числа Гартмана, характеризующего величину индукции внешнего магнитного поля, и направления магнитного поля. Проанализировано влияние магнитного поля на устойчивость течения для малых чисел Прандтля в диапазоне $0 \div 0.15$, в котором наиболее опасными являются монотонные возмущения с конечной длиной волны. Обнаружено, что стабилизирующее действие вертикального магнитного поля более сильное, чем горизонтального.

Во второй части главы разработана математическая модель конвективного теплообмена в металлическом расплаве, получающемся в промышленной индукционной печи. Считается, что выполняется осевая симметрия. Температура расплава никеля выше точки Кюри и металл находится в парамагнитном состоянии. Модель, позволяет определить пространственно-временное распределение электромагнитного поля в области расплава, плотность индукционных токов, мощность источников теплоты, теплоперенос в расплаве. Рассчитаны распределения индукционных магнитных полей и токов для различных значений магнитного числа Рейнольдса, характеризующего интенсивность влияния внешнего поля индуктора на расплав. Получена зависимость интегральной мощности тепловыделения в объеме расплава от магнитного числа Рейнольдса.

Замечания к главе 6:

1. Не понятно, откуда в формуле (6.60) на с.299 появилось число Грасгофа, если на той же странице в размерной формуле для потока тепла со свободной поверхности учтена только радиационная теплоотдача?

2. На рис.6.6 (с.262) показаны сплошные кривые зависимостей амплитуды скорости от числа Гартмана. Как они получены, если очевидно, что были проведены расчеты при дискретном наборе чисел Ha ?

Седьмая глава посвящена исследованию устойчивости стационарного плоскопараллельного адвективного течения двухкомпонентной смеси в плоском горизонтальном слое, ограниченном сверху и снизу идеально-теплопроводными твердыми границами. На границах слоя задается распределение температуры, соответствующее однородному продольному градиенту температуры. Задача решается с учетом эффекта термодиффузии (эффекта Соре). Поток вещества через твердые границы отсутствует. Решались безразмерные уравнения свободной конвекции смеси в приближении Буссинеска с учетом эффекта термодиффузии. Исследована устойчивость стационарного

адвективного течения для трех смесей: жидкометаллического расплава; газовой смеси; раствора соли в воде. Результаты численных расчетов представлены в виде карт устойчивости на плоскости число Рэлея – параметр разделения.

Замечания к главе 7:

1. Исследования адвективных течений в слоях и каналах несомненно являются важными и актуальными с теоретической точки зрения при изучение гидродинамической устойчивости и закономерностей перехода к сложным режимам поведения. Но с точки зрения непосредственных технологических приложений, например, к анализу процессов выращивания кристаллов горизонтальным методом Бриджмена, важными являются процессы массообмена вблизи фронта кристаллизации в слоях миллиметровых масштабов. Именно здесь влияние термодиффузионного эффекта может быть существенным. В природных течениях много метровых масштабов типа атмосферной циркуляции Хэдли, движений в океане, коре и мантии Земли, этот эффект вряд ли имеет практическое значение.

2. Поскольку зависимостью параметра α и остальных кинетических коэффициентов от температуры пренебрегается, то за счет чего может существенно меняться параметр разделения – ϵ ? Для трех бинарных смесей (с.322) не указаны параметры: какие составы, какие концентрации примесей, какие значения термодиффузионных отношений и т.д.?

3. Не поясняется смысл некоторых используемых понятий, например, “точка сборки” (с. 323). При анализе полученных данных, например, на с.326 явно не хватает диаграммы на плоскости число Рэлея – волновое число.

Сделанные выше замечания по главам и отдельные недостатки вовсе не исключают общую положительную оценку работы в целом. В целом диссертация Перминова А.В. - завершённый этап научных исследований, выполненных на высоком методическом уровне. Работа хорошо оформлена (за исключением несущественных - иногда курьезных – опечаток и пропущенных слов во многих предложениях, использования узкопрофессионального сленга) с использованием современных средств, написана на высоком профессиональном уровне. Список публикаций по теме диссертации состоит из 25 различных печатных работ, в их числе, 15 статей, опубликованных в реферируемых журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий установленный Министерством образования и науки Российской Федерации для представления результатов докторских диссертаций, в них достаточно полно отражены основ-

ные результаты диссертации. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, диссертация Перминова А.В. является оригинальной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой наиболее важными являются новые научные результаты исследований влияния вибраций на характеристики течений изотермических и неизотермических обобщенных ньютоновских жидкостей вблизи стенок и в плоских слоях различной ориентации относительно вектора силы тяжести, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области вибрационной гидродинамики.

Считаю, что диссертация Перминова А.В. по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и их научно-практической значимости удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с п.9 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842, а сам Перминов Анатолий Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Заведующий лабораторией свободноконвективного
теплообмена Института теплофизики СО РАН,

доктор физико-математических наук



Бердников Владимир Степанович

22 апреля 2016г

ФАНО РФ, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1.

Рабочий тел. 8(383) 3165332, e-mail: berdnikov@itp.nsc.ru

Я, Бердников Владимир Степанович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

