согласовано «УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИМАШ РАН,

д.т.н., проф. В.А.Глазунов

« » 2017 г.

Автор Публичного доклада: Ганиев Ривнер Фазылович, Научный руководитель ИМАШ РАН, д.т.н., проф., академик РАН, телефон +499 1355593, электронный адрес: rganiev@nwmtc.ac.ru

**Публичный доклад**

**Целесообразность реализации КПНИ по направлению «Разработка управляемых машин и аппаратов на волновых принципах действия и энергосберегающих технологий, решающих актуальные наукоемкие проблемы народного хозяйства России»**

Наименование комплексного плана: «Разработка управляемых машин и аппаратов на волновых принципах действия и энергосберегающих технологий, решающих актуальные наукоемкие проблемы народного хозяйства России»

Комплексный план на междисциплинарной основе интегрирует исследования по темам ФНИ, входящим в следующие направлениям фундаментальных исследований ПФНИ ГАН: 9, 17, 23, 25, 26, 27, 31, 45, 80.

Организации – участники: Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Институт высоких температур РАН, Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, Институт проблем химической физики РАН, Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Институт механики им. Р.Р.Мавлютова Уфимского научного центра РАН; Институт общей патологии и патофизиологии РАН

Срок реализации КПНИ: 2017-2021 гг.

Москва

15 марта 2017 г.

**1. Анализ структуры и проблем развития науки в направлении реализации КПНИ**.

Современные вызовы и угрозы, стоящие перед Россией, требуют перехода на импортозамещение. Развитие машиностроения на базе импортных технологий в настоящих условиях либо затруднено, либо вообще невозможно. Требуется применять принципиально новые подходы к исследованию, разработке и созданию новых, не опирающихся на зарубежные разработки технологий.

Использование вибрации для выполнения ряда технологических задач давно известно в строительстве (виброуплотнение), в обогащении руд полезных ископаемых (измельчение и классификация, разделение), в пищевой промышленности и многих других. Вибрационные машины (сита, классификаторы, грохоты, вибраторы разного назначения и конструкций) занимают видное место в мировом машиностроении. Ультразвук широко используется в медицине (диагностика с помощью УЗИ, физиотерапия с помощью УВЧ, ультразвуковая мойка эффективно использоваться для малоразмерного медицинского оборудования, такого как шприцы, скальпели, небольшие зажимы и т.п.), в машиностроении для мойки небольших деталей и в ряде других отраслей. В настоящее время развитие вибротехники и ультразвуковых технологий в мире происходит в основном в плане создания конструкций разнообразных возбудителей колебаний. Эти направления техники достаточно развиты и продолжают развиваться в инженерном плане. Они имеют хорошо известные недостатки: вибротехническое оборудование весьма энергозатратно, высокошумно и требует специальную систему виброзащиты для защиты зданий, где оно расположено, от воздействия вибрации. Ультразвуковая техника имеет значительные ограничения в использовании, обусловленные тем, что излученные в среды с демпфированием колебания ультразвуковых частот затухают уже на небольших расстояниях, и поэтому их воздействие на окружающую среду распространяется недалеко и может быть приложено только к небольшим объектам, для увеличения размеров области воздействия ультразвуком следует значительно увеличить мощность, ультразвукового излучения, большая часть которой перейдет в тепло из-за демпфирования, что приводит к значительным непроизводительным энергозатратам.

Научные основы традиционных вибротехники и ультразвуковой технологии давно разработаны. Они основаны на теории линейных вынужденных колебаний и давно вошли в учебники. В мировой современной научной литературе, публикаций, посвященных этому вопросу, практически нет в силу их широкой известности.

Вместе с тем при колебаниях возникают эффекты, которые имеют сложную наукоемкую природу. Ряд из них давно известен и хорошо изучен, например, медленные односторонне направленные в среднем движения твердых частиц, взвешенных в плоских акустических волнах, под действием так называемого радиационного давления Ланжевена. Установлению механизмов этого явления посвящены работы зарубежных и отечественных авторов (King L.V. On the acoustic radiation pressure on sphere, Proc.Roy.Soc., London, Ser.A 147, vol. 212, № 861, р. 212-249, 1934; Горьков Л.П. О силах, действующих малую частицу в акустическом поле в идеальной жидкости, ДАН СССР, т. 140, в.1, 1961; Духин С.С. Теория дрейфа аэрозольной частицы в стоячей звуковой волне, Коллоилный журнал, т.XXII, в.1, с.128-130, 1960 и др.) Однако, полный анализ механизмов этого явления и оценка максимально возможных сил, обеспечивающих односторонне направленное перемещение частиц, был дан только в 70-е годы прошлого века коллективом Р.Ф.Ганиева, опираясь на строго обоснованные методы нелинейной механики. На основании анализа было сформулировано предложение об использовании плоских акустических волн для разделения микрочастиц по плотностям и размерам (монография Р.Ф.Ганиев, Л.Е.Украинский, Динамика частиц при воздействии вибрации. Киев, изд. «Наукова думка», 169 с. 1975). Впоследствии эта идея нашла свое развитие в работе шведских исследователей [Thomas Laurell, Filip Petersson and Andreas Nilsson, Chip integrated strategies for acoustic separation and manipulation of cells and particles.Chem.Soc.Rev.,2007, 36, 492–506 This journal is The Royal Society of Chemistry 2007]. Они предложили использовать для перемещения твердых микрочастиц в биологических клетках и в других микроскопических объектах, плоские акустические волны. Однако, значимых результатов эта группа не получила. В настоящее время это направление принимает большое значение для создания уникальных волновых технологий воздействия на микро-гидродинамические, в частности, биологические объекты и существенно дополняет развивающиеся достаточно интенсивно за рубежом работы по микромеханике (например, работы группы профессора Стоуна в Принстонском университете), которые пока не затрагивают колебательные режимы, а ограничиваются стационарными воздействиями на течения в микросистемах. Таким образом, в настоящее время исследования по волновым воздействиям на микро-гидродинамические системы, в частности, биологические развивается исключительно отечественными исследователями ИМАШ РАН. Привлечение к этой работе специалистов Института общей патологии и патофизиологии РАН, существенно расширяет возможности исследования, открывая пути к экспериментальным исследованиям на живых биологических объектах, включая оценку действия лекарственных препаратов на клеточном уровне. Эти исследования будут запланированы в настоящей программе.

В нелинейной механике известны также эффекты динамической неустойчивости механических систем, эффекты возбуждения пространственных форм движения, при одномерном или плоском внешнем воздействии, автоколебательные режимы, разного рода резонансные формы движения (как в условиях линейных резонансов, так и нелинейных). Их установление в многофазных средах, в системах, моделирующих распространенные производственные процессы может привести к открытию новых технологических возможностей. Такая систематическая работа проводится только в коллективе ИМАШ РАН и более нигде в мире.

Опираясь на хорошо разработанные основы нелинейной механики, удалось открыть ряд принципиально новых эффектов благодаря целенаправленным постановкам: например, возникновение мощных односторонне направленных волновых сил, в периодических волновых полях, явление резонансной турбулизации в многофазных средах, явление аномально большого ускорения течения жидкости по капиллярам и пористым средам и др. Эти режимы во многих случаях оказываются весьма полезными для практики. Их реализация и широкое использование может приводить (и приводит) к весьма эффективным энергосберегающим технологиям. Установлению научных основ такого рода технологий и посвящена нелинейная волновая механика.

**Таким образом, волновые технологии, основанные на практическом использовании наукоемких эффектов нелинейной волновой механики, имеют принципиальное отличие от традиционных и широко распространенных в мировой практике вибротехники и ультразвуковой технологии.**

**Нелинейная волновая механика возникла исходя из анализа технологических процессов в самых различных отраслях промышленности**, а также **с целью обеспечения надежности и бесшумности** объектов современной техники (ракетно-космической, трубопроводных систем, плавающих аппаратов). Именно на основе анализа широкого круга технологических и технических проблем были сформулированы механические и математические модели. Нелинейная волновая механика впервые была создана в России на основании отечественных разработок, которые существенно превосходят зарубежный научный уровень. Россия смогла стать родиной этого направления благодаря основам нелинейной механики, заложенным такими корифеями, как А.М.Ляпунов, Н.Н.Боголюбов, Л.И. Мандельштам и созданным ими научными школами по теории колебаний. Аналогичных зарубежных постановок нет.

Публикации по этому вопросу как правило – российские. Их число в последнее время растет. За границей это направление пока не осознано в должной мере. Что касается практической реализации, то в этом направлении в настоящее время идет интенсивная работа. Все более широкое использование эффектов нелинейной волновой механики в промышленности привело к необходимости создания целого класса новых машин и аппаратов, которые в настоящее время формируют новый раздел машиностроения – волновое машиностроение.

**2. Цели, задачи, структура работ и основные результаты реализации КПНИ.**

**Темы ФНИ Комплексного плана** относятся к следующим приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации:

* Индустрия наносистем;
* Науки о жизни;
* Рациональное природопользование;
* Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.

Использование горизонтальных связей при выполнении ПФНИ ГАН научными организациями и открытое обсуждение полученных результатов в профессиональной среде позволят поднять эффективность и результативность исследований. Отношения между организациями-участниками формируются таким образом, что действия одного участника, связанные с проведением исследований, одновременно способствуют решению задач других участников. При этом объединение тем из нескольких направлений ПФНИ ГАН в Комплексный план фундаментальных научных исследований по тематике «Разработка управляемых машин и аппаратов на волновых принципах действия и энергосберегающих технологий, решающих актуальные наукоемкие проблемы народного хозяйства России» открывает дополнительные возможности для:

* формирования связей, позволяющих осуществлять управленческие действия на базе интегрированной структуры, которая может легко перенастраиваться при изменении целей;
* функциональной интеграции (объединения компетенций и ресурсов) для выполнения ПФНИ ГАН при сохранении научными организациями статуса юридических лиц и возможностей развития своих уникальных, в том числе междисциплинарных, компетенций;
* формирования временных альянсов с организациями-партнерами для выполнения проектов, грантов, контрактов, ориентированных на вовлечение результатов исследований по направлениям ПФНИ ГАН в реальный сектор экономики РФ.

Основная цель Комплексного плана:

Обеспечение широкого использования в отечественном народном хозяйстве прорывных не имеющих аналогов в мировой практике существенно опережающих мировой уровень волновых технологий, основанных на нелинейной волновой механике, и их дальнейшее развитие на основе исследований различных математических и механических моделей для разных технологических процессов в разных отраслях промышленности. Обеспечение Российского приоритета науки о волновых явлениях и эффектах (нелинейной волновой механики), волновых технологий и волнового машиностроения на основе концентрации ресурсов, системного планирования и координации исследований организаций-участников и организаций-партнеров в рамках ПФНИ ГАН.

Основные задачи Комплексного плана:

1. Обеспечить эффективность междисциплинарных исследований, проводимых по Комплексному плану в научных организациях, подведомственных ФАНО России, на основе интеграции кадровых, материальных и интеллектуальных ресурсов по профильным направлениям ПФНИ ГАН.

2. Разработка нелинейной микро- и макромеханики пористых сред (резонансной волноводной акустика).

3. Разработка нелинейной волновой микро- и макромеханики в гидромеханических и многофазных системах, различных нелинейных резонансных эффектов и явлений, управляемых кавитационных процессов высокой мощности.

4. Создание волновых принципов разработки перспективных машин и аппаратов, реализующих высокие технологии в различных отраслях промышленности, опережающих мировой уровень науки и техники в нефтегазовой промышленности, в машиностроении, в авиации, в материаловедении, в нефтепереработке и нефтехимии, в химической технологии, в строительстве, в агропромышленном комплексе, в медицине, в фармацевтике, в экологии и в других отраслях народного хозяйства Российской Федерации. Создание управляемых технологий, которые включают в себя генераторы волн и колебаний различных типов.

5. Решение современных проблем повышения эффективности технологий в нефтегазовой промышленности, опережающих мировой уровень развития науки и техники:

5.1 Интенсификация процессов бурения и решение проблем глубокого бурения;

5.2 Волновые технологии повышения нефтеотдачи пластов на истощенных месторождениях в обжитых районах. Повышение газоконденсатоотдачи пластов, в том числе доведение до практического использования технологии волнового перемещения по пластам газоконденсатных пробок.

5.3 Проблемы в химических технологиях, в нефтепереработке и нефтехимии. Проблемы глубокой переработки нефти, получения нефтепродуктов высокого качества при пониженных энергозатратах с учетом результатов анализа динамики и разрушения молекул полимеров.

5.4 Проблемы динамики трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.

6. Волновые технологии получения материалов (композитов, нанокомпозитов, продуктов питания, нефтехимических продуктов). Проблемы волновой техники в строительстве (в городском хозяйстве) и в АПК.

7. Микромеханика биологических объектов и в проблемах медицины. Разработка медицинской техники на современном уровне (импортозамещение). Создание высокопроизводительных аппаратов в фармацевтике производимых с целью получения лекарств высокого уровня.

8. Динамика объектов, взаимодействующих с жидкостью и газом. Повышение производительности трубопроводных систем. Повышение надежности и бесшумности объектов современной техники (в космической технике, в авиации, в судостроении, в гидросооружениях).

9. Сформировать научный задел для опережающего импортозамещения в области разработки перспективных волновых технологий для новых отраслей промышленности.

10. Отработать механизмы вовлечения результатов научных исследований в реальный сектор российской экономики, основанные на программах полного цикла профильных российских технологических платформ.

В результате выполнения Комплексного плана в рамках ПФНИ ГАН будет создан центр мирового уровня в области резонансной волноводной гидродинамики пористых сред и на этой основе волновых технологий в нефтегазовой отрасли, в разработке перспективных композитных материалов, в создании волновой микро-гидродинамики и волновых технологий в медицине и фармакологии и др., организованный по сетевому принципу. Такой принцип организации исследований при реализации ПФНИ ГАН является нелинейной структурой с функциями адаптации. Предметная координация при планировании и выполнении исследований создает заинтересованность организаций-участников в успехе друг друга. Такая форма организации исследований при выполнении ПФНИ ГАН будет не только способствовать закреплению отечественного приоритета на международном уровне отечественной науки о колебаниях и волнах, но и обеспечит возможность создания новых прорывных производственных технологий и надежных конструкций.

**Целевые индикаторы и показатели Комплексного плана**

* число российских патентных заявок, поданных по результатам исследований и разработок – более 60 единиц;
* число международных патентных заявок, поданных по результатам исследований и разработок – более 10 единиц;
* число публикаций на 100 исследователей по результатам, полученным в рамках Комплексного плана, в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science – более 700 единиц;
* удельный объем привлеченных средств для финансирования проектов в рамках Ориентированных направлений Комплексного плана – более 30 % от суммы бюджетного финансирования;
* отношение средней заработной платы научных сотрудников к средней заработной плате в соответствующем регионе – более 220 %.

**3. Участники реализации КПНИ, научные заделы и предполагаемая схема кооперации.**

Предлагается привлечь для реализации КПНИ следующие организации ФАНО:

ФГБУН Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, 101990 Москва, М.Харитоньевский пер., 4, тел. 495 624-98-00, ИНН ;

ФГБУН Институт высоких температур РАН, 125412 Москва, Ижорская ул., д.13, стр.2, тел. 495 485-83-45, ИНН :

ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, 119526 Москва, просп. Вернадского, д.101, корп. 1, тел. 495 434-00-17, ИНН ;

ФГБУН Институт проблем химической физики РАН, 142432 Моск. обл., Ногинский р-н, Черноголовка, просп. академика Сесенова, д.1, тел. 495 993-57-07, ИНН ;

ФГБУН Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, 119991 Москва, ул. Косыгина, 4, тел. 495 939-72-49, ИНН :

ФГУБН Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д.65, тел. 495 334-89-10, ИНН

ФГБУН Институт механики им. Р.Р.Мавлютова Уфимского научного центра РАН, 450054 Уфа, просп. Октября, 71, тел. 347 235-52-55 ИНН ;

ФГБУ «НИИ общей патологии и патофизиологии» РАН, Москва, ул.Балтийская, д.8., тел.

**Обоснование участия в КПНИ организайий-участнков.**

Развивая и продолжая фундаментальные основы, заложенные в работах школы академика Н.Н.Боголюбова, в конце предыдущего века и в начале нынешнего коллективом Научного центра нелинейной волновой механики РАН Института машиноведения им. А.А.Благонравова РАН были открыты новые явления, которые реализуются в волновых полях и могут стать научной основой высокоэффективных волновых технологий, относящихся к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. являющихся в настоящее время актуальными для Российской Федерации. В настоящее время исследуются новые эффекты нелинейной волновой механики, которые нацелены на решение актуальных проблем, входящих в список приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

Для направления **Индустрии наносистем** весьма полезным оказался эффект равномерного перемешивания наночастиц, в том числе нанотрубок, в высоковязкой среде. Машины и аппараты, реализующие это явление в настоящее время разрабатываются в и волновые технологии могут не иметь конкурентов. Они основаны на эффекте равномерного распределения наночастиц в волновых полях, который установлен в ИМАШ РАН.

Экспериментальные работы в этом направлении проводятся также в Институте химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, а также в группе профессора Э.Р.Бадамшиной Института проблем химической физики РАН (г.Черноголовка, МО). В исследованиях композитов с наполнителями в виде нанотрубок и наночастиц было установлено, что прочность полученного композита существенно зависит от способа перемешивания. Сопоставление перемешивания, проведенного с помощью ультразвукового излучателя и с помощью аппарата, основанного на волновом эффекте равномерного распределения наночастиц, разработанного в ИМАШ РАН, показали, что прочность одинаковых по составу образцов различна. Прочность образцов, при получении которых использовалась технология ИМАШ РАН, оказалась выше. Аналогично было установлено увеличение прочности клеевых соединений, полученных с помощью клея с наночастицами, размешанными с помощью технологии ИМАШ РАН.

При выполнении КПНИ Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН и Институт проблем химической физики РАН обеспечат приборное обеспечение экспериментов по измерению результатов перемешивания нанотрубок и наночастиц в различных средах. ИМАШ РАН обеспечит создание аппаратов для волнового перемешивания.

К проведению этих исследований в качестве партнеров можно привлечь также Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е.Жуковского и ЦНИИ специального машиностроения (г. Хотьково, Московской обл.). Они смогут принять участие в реализации КПНИ как партнеры. Кроме того, они могут оказать содействие в изготовлении перемешивающего оборудования и предоставить материалы для сравнительного анализа результатов перемешивания с помощью волновой технологии и с помощью традиционных технологий.

Приоритетным направлениям **Науки о жизни** соответствует блок, относящийся к волновым механизмам движения в микроскопических элементах (биологических клетках, порах пористых сред, разнообразных фильтрах). Эти механизмы, используют волновые воздействия, которые могут представлять собой уникальные ранее невозможные инструменты решения многих проблем биологии клеток, например, они могут осуществлять заданные движения разнообразных компонентов (белков, жиров, лекарственных препаратов) внутри живых клеток для проведения «ремонта» плохо функционирующих клеток. Кроме того, большой интерес представляет собой ответ на вопрос о том, каким образом колебания и волны влияют на функционирование клеток. Эта работа как задача микро-динамики исследуется в ИМАШ РАН, а как биологическая задача - в Институте общей патологии и патофизиологии РАН, где разрабатывается направление **"Получение клеточных моделей заболеваний и исследование их методами системной биологии" ПФИ ГАН. Эти исследования взаимно дополняют друг друга и естественно включены в КПНИ.**

В рамках развития волновых технологий **в медицине разработаны научные основы создания новых методов функциональной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний**. Аппарат, реализующий эти методы, по своим возможностям не уступает западным аналогам, а по стоимости – существенно дешевле. Оснащение поликлиник в отдаленных районах страны этим аппаратом может существенно облегчить диагностику сердечно-сосудистых заболеваний в отдаленных районах и способствовать понижению смертности. Работы проводятся совместно с Российский кардиологический НПК им. А.Л. Мясникова, который может быть привлечен к исследованиям по реализации КПНИ в качестве партнера.

Разработка независимых от западных производителей методов производства **имплантов для сердечно-сосудистой хирургии** позволить существенно снизить зависимость отечественной хирургии от Западных санкций и также будет способствовать понижению смертности населения. Работы также проводятся совместно с Российский кардиологический НПК им. А.Л. Мясникова

Приоритетному направлению **Рациональное природопользование** соответствует **волновая** **микро-гидромеханика** внутри пор, насыщенных жидкостью, пористых сред, которая имеет существенные практические применения в нефтегазодобыче для интенсификации дебитов добывающих скважин и повышения нефтеотдачи пластов, а также в эффективном осуществлении широко распространенных процессов пропитки и фильтрации, в частности, для повышения производительности мембранных аппаратов. Исследованием стационарных течений в тонких каналах занимаются в Институте химической физики им. Н.Н.Семенова РАН. Разработкой волновой микро-гидромеханики занимается единственная в мире группа в ИМАШ РАН. Сопоставление результатов этих исследований может привести к открытию новых подходов к решению рассматриваемой задачи и поэтому естественно проводить их в рамаках единого КПНИ.

Приоритетным направлениям **Рациональное природопользование** и **Энергоэффективность, энергосбережение** соответствуют также волновые технологии повышения нефтеотдачи пластов, научной основой которого является **волноводная резонансная акустика пористых сред, открытая в последнее время в ИМАШ РАН**. Наряду с волновой микрогидромеханикой волноводная резонансная акустика позволяет, используя природные неоднородности пластов, выявить волны, затухание которых в данном пласте минимально и, следовательно, охват обрабатываемой площади и повышение нефтеотдачи - максимальны. Этот фундаментальный результат был получен при проведении актуальных фундаментальных исследований, входящих в перечень Основных фундаментальных исследований Российской Федерации: **Механика природных процессов и сред, механика добычи и трубопроводного транспорта нефти и газа**. Он открывает новые принципиальные возможности создания эффективных методов повышения нефтеотдачи пластов, **не уступающих самым современным методам, в том числе гидроразрыву пластов**. При этом появляются новые перспективы более экологичные и экономичные добычи сланцевых нефтей. Разработанные волновые технологии повышения эффективности добывающих скважин и повышения нефте- и газоотдачи пластов соответствуют критическим технологиям Российской Федерации **Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи.** Разработкой этого направления использования волновых технологий для нефтяных и газовых пластов с трудноизвлекаемыми запасами занимается группа акдемика Р.Ф.Ганиева в ИМАШ РАН.

Исследовании добычи газа и газоконденсата на месторождениях с выпавшим ретроградным конденсатом поводятся в Институте высоких температур РАН. В Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН разрабатываются взаимосвязанные гидрогазодинамические модели неоднородных месторождений углеводородов при совместно-раздельной разработке одной группой скважин с использованием струйных технологий отбора продукции на скважинах, управляемых технологий гидроразрыва и радиального вскрытия пластов.

В Институте проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН проводятся исследования по механико-математическому и физическому моделированию природных процессов в коллекторах нефтяных и газовых месторождений для создания новых методов повышения нефте- и газоотдачи пластов, в частности, метода георыхления.

Все перечисленные исследования могут существенно обогатить друг друга, если организовать их постоянное взаимодействие в рамках КПНИ, включив ИМАШ РАН, ИВТ РАН, ИПУ РАН, ИПМ РАН в КПНИ в качестве организаций-участников.

Также близкими проблемами занимается ГАНУ «Институт нефтегазовых технологий и новых материалов» Республики Башкортостан, а также нефтяные и газовые компании России ПАО Газпром, ПАО Татнефть, ПАО Газпромнефть, Зарубежнефть и институты БашНИПИнефть и Уфимский государственный нефтяной технический университет, которые можно привлечь к выполнению КПНИ в качестве партнеров.

Технология **повышения нефтеотдачи пластов**, построенная на этих научных основах, имеет существенное социальное значение в силу истощения месторождений, расположенных в густонаселенных районах и приобретает в последнее время особую значимость в связи с решением стратегической социально-экономической задачи, связанной с обеспечением занятости населения в районах, для которых истощающееся месторождение было градообразующим. Также начинается разработка волновой технологияи **добычи сверхвысоковязких нефтей,** которая позволит в перспективе существенно снизить стоимость добычи и сделать ее рентабельной, что позволить вместо освоения далеко расположенных новых месторождений сохранить нефтедобычу в обжитых районах.

Приоритетному направления **Энергоэффективность, энергосбережение** предлагаемая КПНИ соответствует также в плане высокоэффективного решения многих производственных задач во многих отраслях промышленности связанных с оптимизацией энергозатрат. Научные исследования в этом направлении входят в перечень Основных направлений фундаментальных исследований Российской Федерации **Динамика машин, волновые и вибрационные процессы в технике.** Например, широко распространенной задачей промышленности является измельчение, перемешивание и активация твердых частиц (сухих смесей), измельчение сырья для производства удобрений для АПК. Эта задача весьма распространена в материаловедении, в нефтехимии, в пищевой промышленности, фармацевтике, производстве удобрений и т.п., а также в нанотехнологиях. В настоящее время в этой области как в научном, так и в практическом плане традиционные методы практически достигли предела или в ряде случаев малоэффективны, не всегда экономичны. В ИМАШ РАН удалось установить и практически реализовать явление управляемой турбулизации «коллектива» твердых частиц (в потоке или в замкнутом объеме), достаточно эффективно решающее эту проблему. Этой тематикой занимаются ИМАШ РАН, а также ФЦДТ «Союз», Федеральный научно-производственный центр «Научно-исследовательский институт прикладной химии», которые будут включены в КПНИ в качестве партнеров.

Отметим еще одну очень важную проблему – проблему перемешивания высоковязких сред. Проблема возникла, прежде всего, в механике высоковязких полимеров, в пищевой промышленности, в получении композитных материалов в современной технике, нанокомпозитов и др. В этой области в ИМАШ РАН удалось разработать малоэнергозатратный метод интенсивного волнового перемешивания высоковязких сред с различными модифицирующими добавками при равномерном их распределении (с использованием сдвиговых волн и циркуляционных движений), что имеет очень важное значение для повышения качества конечных продуктов в названных отраслях. При разработке группа ИМАШ РАН сотрудничала с рядом прикладных институтов, таких как ФЦДТ «Союз», Федеральный научно-производственный центр «Научно-исследовательский институт прикладной химии».

Достаточно перспективными также являются **результаты, полученные в области волновой механохимии**, которые могут привести к созданию **новых технологий в нефтепереработке, нефтехимии, и в фармацевтике**, существенно отличающиеся от традиционных пониженным энергопотреблением. Фундаментальные результаты получены в ИМАШ РАН, а экспериментальные результаты в этих областях без применения волновых воздействий были получены в ВНИИ НП.

Следует также особо отметить одну из современных перспективных проблем механики и техники, направленных на энергосбережение, создание высокопроизводительных трубопроводных систем за счет уменьшения коэффициентов гидравлических сопротивлений. Основные постановки и отдельные результаты исследования этих проблем были также получены в ИМАШ РАН. Продолжение работ в этом направлении может привести к созданию новых высокопроизводительных трубопроводов. Для экспериментальных работ могут быть привлечены ОКБ «ГИДРОПРЕСС» государственной корпорации Росатом, Центральное конструкторское бюро морской техники Рубин, Крыловский государственный научный центр.

В рамках программы будет рассмотрена еще одна крупная и современная проблема, тесно связанная с проектом. Это - **проблема обеспечения надежности, безопасности и бесшумности объектов современной техники – ракетно-космической, вертолетов, плавающих аппаратов, гидросооружений (на примере Саяно-Шушенской ГЭС)**. Она соответствует перечню Основных направлений фундаментальных исследований российской Федерации: **Комплексные проблемы машиноведения; повышение безопасности машин, снижение техногенных и технологических рисков для объектов гражданского и оборонного назначения и опирается на результаты ИМАШ РАН последнего времени**. Решение данной проблемы в основном может быть достигнуто благодаря результатам ИМАШ РАН по защите трубопроводных систем различного назначения от гидроударов и вибрации. Также здесь полезны результаты, полученные в Институте механики им. Р.Р.Мавлютова Уфимского научного центра РАН, посвященные развитию теории прямых и обратных задач устойчивости и колебаний в аэрогидроупругих системах.

Для выполнения этого пункта будут привлечены также институты, занимающиеся подобными проблемами и имеющие богатую экспериментальную практику. Это Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е.Жуковского, Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королева, Научно-производственное объединение «Энергомаш» им. академика В.П.Глушко, Корпорация Московский институт теплотехники.

Проведенный анализ показывает, что для закрепления лидерства Российской Федерации по отношению к экономически развитым странам в стратегически важном направлении – науке о волновых технологиях и волновом машиностроении необходимы консолидация и координация усилий различных научных организаций, подведомственных ФАНО России. В области развития волновых технологий и волнового машиностроения это будет обеспечено при реализации предлагаемого Комплексного плана.

Целесообразность включения в Комплексный план тем из разных направлений ПФНИ ГАН обусловлена междисциплинарностью исследований и комплексностью решаемых задач, а также широтой возможных областей приложения полученных результатов. Это позволит обеспечить эффективность исследований на основе интеграции компетенций, кадровых, материальных и интеллектуальных ресурсов.

**5. Риски реализации КПНИ.**

Основным риском, влияющим на реализацию КПНИ, является изготовление опытных образцов оборудования. Недостаточная производственная база организаций-участников потребует привлечения сторонних промышленных организаций. При этом финансирование, заложенное в ПФНИ ГАН, может оказаться недостаточным. В качестве предупреждающих и корректирующих действий предусматривается предварительное заключение хозяйственных договоровс промышленными предприятиями, заинтересованными в разрабатываемых волновых технология

**6. Оценка социально-экономического эффекта реализации КПНИ.**

Применение волновых технологий позволяет на принципиально новом уровне **решать технологические задачи** измельчения, активации, идеального смешения, дозирования, классификации, разделения жидких и газообразных неоднородных систем, экстракции, сушки, фильтрации, транспортировки, полимеризации и т.д., **для многих отраслей промышленности,** как например: в машиностроении, в материаловедении, пищевой, горнорудной, химической, нефтегазовой промышленности, в строительстве и ЖКХ, в фармацевтике и медицине, в АПК. Все это будет способствовать росту ВВП Российской Федерации и тем самым к расту благосостояния населения.

Необходимость реализации предлагаемой КПНИ обусловлена также тем, что **она существенна для решения ряда стратегических социально-значимых задач страны.** Так, технология **повышения нефтеотдачи пластов**, построенная на этих научных основах, имеет существенное значение в силу истощения месторождений, расположенных в густонаселенных районах и приобретает в последнее время особую значимость в связи с решением стратегической социально-экономической задачи, связанной с обеспечением занятости населения в районах, для которых истощающееся месторождение было градообразующим.

Волновая технология **добычи сверхвысоковязких нефтей** позволяет в перспективе существенно снизить стоимость добычи и сделать ее рентабельной, что позволить вместо освоения далеко расположенных новых месторождений сохранить нефтедобычу в обжитых районах.

В рамках развития волновых технологий **в медицине разработаны научные основы создания новых методов функциональной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний**. Аппарат, реализующий эти методы, по своим возможностям не уступает западным аналогам, а по стоимости – существенно дешевле. Оснащение поликлиник в отдаленных районах страны этим аппаратом может существенно облегчить диагностику сердечно-сосудистых заболеваний в отдаленных районах и способствовать понижению смертности.

Разработка независимых от западных производителей методов производства **имплантов для сердечно-сосудистой хирургии** позволить существенно снизить зависимость отечественной хирургии от Западных санкций и также будет способствовать понижению смертности населения.

**Решению глобальных экологических задач по защите атмосферы** от вредных выбросов энергетических и промышленных объектов способствует входящая в представляемое актуальное направление волновая технология эффективного диспергирования жидкостей и получения водотопливных эмульсий и газожидкостных смесей, которая находит свое применение **для существенного повышения эффективности процессов водоочистки и водоподготовки, а также для получения альтернативных экологически чистых топлив.**

**Повышение глубины переработки нефтепродуктов** благодаря использованию волновых технологий будет способствовать **снижению импортозависимости России** от западных масел и топлив и переходу автотранспорта на экологически безвредное топливо и масла. Это также будет способствовать улучшению экологических стандартов жизни населения РФ.