

Министерство образования и науки РФ  
Академия технологических наук РФ  
Верхне-Волжское отделение АТН РФ  
Ивановский государственный энергетический университет

# МАГНИТНЫЕ ЖИДКОСТИ В ИГЭУ

Труды ИГЭУ

*Под редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.Я. Щелыкалова*



Иваново, 2004

Магнитные жидкости в ИГЭУ: Тр. ИГЭУ / Под ред. Ю.Я. Щелыкалова. — Иван. гос. энерг. ун-т, 2004. — 144 с.

ISBN - 5-89482-311-0

В книге приведены результаты многолетних научных исследований и разработок ученых проблемной научно-исследовательской лаборатории прикладной феррогидродинамики, специального конструкторско-технологического бюро «Полнос» и кафедр Ивановского государственного энергетического университета в области физики магнитных жидкостей и устройств с их использованием.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследованием, разработкой и применением магнитных жидкостей и новых устройств на их основе.

ISBN - 5-89482-311-0

© Ивановский государственный энергетический университет, 2004.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Предисловие</b> .....                                                                                                                                                         | 3  |
| <b>Ю. О. Михалев</b><br>УЗЛЫ ТРЕНИЯ С МАГНИТОЖИДКОСТНЫМИ СМАЗОЧНО-УПЛОТНЯЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ .....                                                                                 | 20 |
| <b>М.И. Трофименко</b><br>К ВОПРОСУ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ КОЛЛОИДОВ .....                                                                        | 31 |
| <b>С.М. Перминов, А.Е. Мельников, А.З. Аврамчук</b><br>ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА В КОНТАКТЕ С ЖИДКИМИ СРЕДАМИ .....                      | 35 |
| <b>Н.И. Дюповкин</b><br>МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЯХ .....                                                                                                  | 43 |
| <b>Ю.Я. Щелыкалов, М.Н. Шурыгин, Н.И. Крылов</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА .....                                      | 50 |
| <b>С.И.Евсин, В.И.Варламов, Д.Н. Белов</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ КАНАЛА ПРИ ПРОБОЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО УПЛОТНИТЕЛЯ .....                                          | 55 |
| <b>М.С.Сайкин</b><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТЕЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ В НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ УПЛОТНИТЕЛЯ .....                                                  | 59 |
| <b>Н.А.Морозов, Ю.И.Страдомский, Ю.Я.Щелыкалов</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА СБОРА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ .....                     | 62 |
| <b>С.И. Евсин, Н.А. Соколов, Ю.И. Страдомский, В.Б. Харьковский</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРАХ ВВОДОВ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ..... | 72 |
| <b>Н.А. Морозов</b><br>МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ УСТРОЙСТВА С НЕМАГНИТНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ .....                                                                                              | 86 |
| <b>В.Н. Подгоркова, В.В. Подгорков</b><br>ИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ПРИ ТРЕНИИ В СРЕДЕ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ .....                                                                      | 92 |

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ю.Б. Казаков</b><br>АДАПТИВНАЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЬ КОНФИГУРАЦИИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ .....                                   | 97  |
| <b>А.П. Сизов, Е.А. Топорова</b><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ .....                                                                     | 104 |
| <b>Ю.Б. Казаков</b><br>ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ МАГНИТОВ В СОСТАВНОМ МАГНИТЕ, РАЗМЕРОВ ЗУБЦОВ И ЗАЗОРА НА УДЕРЖИВАЕМЫЙ ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА ..... | 108 |
| <b>Перминов С.М., Страдомский Ю.И.</b><br>РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ МЖГ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ И МЕТОДА ВЕРОЯТНЫХ ПУТЕЙ МАГНИТНОГО ПОТОКА .....            | 114 |
| <b>Ю.И. Страдомский, С.М. Перминов, С.С. Борисов, Н.Н. Русакова</b><br>КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗОТОРА .....                                   | 125 |

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Магнитные жидкости – это уникальный технологический искусственно синтезированный материал, обладающий жидкотекучими и магнитоуправляемыми свойствами с широкими перспективами их применения в технике, медицине, биологии, экологии.

В магнитных жидкостях необычно сочетаются свойства твердого тела и жидкости, что открывает новые возможности управления магнитным полем её ориентацией в пространстве, вязкостью, намагниченностью, триботехническими, тепловыми, оптическими и акустическими свойствами. Проявляются новые эффекты, связанные с левитацией постоянных магнитов в магнитной жидкости, а также с действием дополнительной к силе Архимеда выталкивающей силы.

В России работы по магнитным жидкостям были начаты в шестидесятых годах прошлого столетия. В дальнейшем интенсивные исследования в области решения фундаментальных проблем теории синтеза, физико-химических свойств, феррогидродинамики магнитных коллоидов и широкого применения магнитных жидкостей в различных отраслях выполнялись в соответствии с постановлениями Совета Министров СССР № 409-147 от 31.05.76, ГКНТ СССР № 678 от 21.12.83 «О развитии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и внедрению в народном хозяйстве конструкций, оборудования, машин и приборов с использованием магнитных жидкостей» и № 485 от 14.11.86 «О создании конструкций, оборудования, машин и приборов различного назначения с использованием магнитных жидкостей», а также в соответствии с координационным планом АН СССР по проблеме «Трение, износ и смазочные материалы» на 1986–1990 гг., межвузовской научно-технической программой «Конверсия и высокие технологии. 1994–1996 гг.», научно-технической программой Госкомвуза «Экспортные технологии и международное научное сотрудничество. 1994–1996 гг.» и отраслевыми НИОКР 1971–2001 гг. Ивановский государственный энергетический университет (ранее энергетический институт) и Институт механики МГУ выступали координаторами усилий 15 вузов России в рамках комплексной программы Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР на период с 1981 до 1990 года «Магнитные жидкости».

За почти тридцатилетний период, прошедший с начала первых работ, направленных на создание магнитожидкостных герметизирующих устройств, магнитных жидкостей, используемых в них в качестве рабочего тела, в Ивановском государственном энергетическом университете накоплен значительный научно-технический потенциал, большой опыт и объем конструкторских разработок, экспериментального материала, сделано достаточное количество оригинальных теоретических разработок по основам синтеза магнитных жидкостей, исследованию их физико-химических и физико-механических свойств, по основам конструирования и расчета магнитожидкостных устройств, используемых в различных отраслях техники (оборонная, биохимическая, машиностроения, текстильная промышленность, медицина и т.д.).

В связи с перспективностью применения новых магнитоуправляемых материалов СМ СССР в 1976 г. выпустил постановление № 409-147 по координации этих работ для космической техники, а в 1980 г. при ИЭИ по решению Министерства общего машиностроения СССР и Минвуза РСФСР были открыты Специальное конструкторско-технологическое бюро «Полюс» и Проблемная научно-исследовательская лаборатория прикладной феррогидродинамики. Директором – главным конструктором и научным руководителем вновь созданных первых в стране специализированных организаций в области наукоемких магнитожидкостных технологий был назначен д-р техн. наук, профессор Д.В.Орлов. На этом поприще он проработал до 1986 г. С 1986 г. по 1992 г. СКТБ «Полюс» возглавлял д-р техн. наук, профессор А.П.Сизов, а последние 12 лет – д-р техн. наук, профессор Ю.О.Михалев. В 2003 г. СКТБ «Полюс» было преобразовано в федеральное государственное унитарное предприятие "Специальное конструкторско-технологическое бюро «Полюс» Министерства образования Российской Федерации", а в 2004 г. указом Правительства внесено в список стратегических предприятий Российской Федерации.

**Основные достижения СКТБ «Полюс».** Комплексные теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в СКТБ «Полюс», позволили создать высокоэффективные магнитные жидкости (МЖ) и новые электромеханические устройства (ЭМУ) на их основе: абсолютно герметичные магнитожидкостные уплотнения (МЖУ) валов и штоков; быстроразъемные уплотнения крышек и

фланцевых соединений для вакуумной, химической и биологической технологий; пылезащитные уплотнения для прецизионного оборудования и приборов; герметичные подшипниковые узлы и зубчатые передачи с магнитоуправляемыми смазочными материалами для работы в условиях неблагоприятного воздействия пара, морского климата и широкого диапазона температур; магнитоуправляемые муфты и тормоза для техники нового поколения; высокоточные магнитожидкостные датчики угла наклона, ускорения и малых перепадов давлений для систем автоматического регулирования и измерения; демпфирующие и виброизолирующие устройства.

В СКТБ «Полюс» подготовлено и освоено мелкосерийное производство 7 наименований МЖ и различных ЭМУ на их основе, а также оказана помощь по подготовке серийного производства МЖУ на предприятиях аэрокосмического комплекса: ФГУП «Научно-производственное объединение им. С.А.Лавочкина», ОАО «Научно-производственное объединение «Геофизика – НВ», Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ – Прогресс», Ракетно-космическая корпорация «Энергия», ФГУП «Научно-производственное объединение «Техномаш» Российского авиационно-космического агентства.

Разработанные ЭМУ опробованы и широко применяются в космической технике, химических и биологических реакторах, в криогенной и атомной энергетике, в установках по вакуумной плавке и электронно-лучевой сварке, в накопителях памяти персональных компьютеров, в технологических лазерах и текстильном отделочном оборудовании, в механизмах передачи движения. Благодаря применению новых ЭМУ удалось создать принципиально новую технику, не имеющую аналогов в отечественной и зарубежной практике, например спецаппарат для дистанционного космического зондирования Земли, установку для электронно-лучевой сварки крупногабаритных конструкций с локальным вакуумированием шва, высокоскоростную систему горизонтирования платформы и др. Гарантийные сроки эксплуатации ЭМУ в космической технике были доведены до 10–15 лет и в реальных условиях подтверждены (например, МЖУ космической орбитальной станции «Мир»).

Сравнительные испытания МЖ и ЭМУ Ferrofluidics Corp. (США) и СКТБ «Полюс», проведенные в 1989–1996 гг. в России и

Южной Кореи, показали, что наши МЖ по основным физико-химическим свойствам соответствуют мировому уровню, а по эксплуатационным характеристикам в составе ЭМУ лучше американских. Например, собственные потери на трение отечественных уплотнений на 10–30% меньше, чем у американских.

Поскольку наиболее широко результаты работы внедрены в аэрокосмической отрасли ее технико-экономический эффект выражается, прежде всего, в создании принципиально новых технических решений, не имеющих аналогов в отечественной и мировой технике. В связи с этим расчет прямого экономического эффекта в этой области затруднен, но условный экономический эффект, полученный в результате внедрения новых конструкторских и технологических разработок, выполненных в СКТБ «Полюс», составил более 30 млн долларов США.

В целях дальнейших исследований МЖ и продвижения этой технологии на внешний рынок ведется научно-техническое сотрудничество с университетами и научно-производственными организациями России, Белоруссии, Германии, Китая, Южной Кореи, Финляндии, Польши, Израиля и Кубы.

**Научные направления ПНИЛ ПФГД.** Особенностью проблематики ПНИЛ является включение в её работу научных достижений, впервые полученных на стыке уникальных научных направлений, получивших интенсивное развитие в последние десятилетия: химии неводных и смешанных растворов, электрохимии и физикохимии дисперсных систем, физико-химии кристаллов, теории конденсированного состояния, коллоидной химии.

Фундаментальные и прикладные направления ПНИЛ ПФГД:

- разработка физико-химических аспектов синтеза магнитных жидкостей (развитие новых магнитожидкостных материалов, ультрадисперсных коллоидов, синтез новых магнитных суспензий и магнитных полимерных систем);
- исследование физических свойств МЖ (магнитных, электрических, реологических, теплофизических свойств, коллоидальной стабильности, процессов агрегации, межфазных и адгезионных явлений);
- исследование гидродинамики и течений магнитных жидкостей в магнитных полях;



- численное моделирование магнитных, электрических, температурных полей в магнитожидкостных устройствах;
- применение магнитных жидкостей в технике (разработка магнитожидкостных герметизаторов и уплотнений, демпфиров, датчиков, узлов трения и др., методик и программ расчета и оптимизации магнитной системы различных магнитожидкостных устройств).

**Результаты и достижения.** За период с 1980 г. ПНИЛ феррогидродинамики получены научные результаты, являющиеся существенным вкладом в развитие фундаментальных и прикладных исследований магнитных жидкостей.

Проведена широкая серия синтеза магнитных коллоидов с изменением условий посадки поверхностно-активного вещества на ультрадисперсную магнитную фазу с варьированием температуры, концентрации, типов растворителей. Проведены комплексные калориметрические измерения процессов смешения компонентов МЖ с органическими растворителями и закономерностей адсорбции ПАВ на поверхности ультрадисперсных частиц.

Выполнены разработка и исследование способов получения магнитных жидкостей и ультрадисперсных магнитных порошков химическим соосаждением в водно-органических средах в тонких слоях. Проведены фундаментальные исследования структурных свойств магнитных жидкостей с целью создания физико-химических основ и закономерностей влияния технологических операций при синтезе на параметры приповерхностного слоя ферромагнитных частиц МЖ, на коллоидальные свойства и гидродинамику магнитного коллоида.

Исследованы методами ИК-спектроскопии, электронной микроскопии, электронографии, дериватографии, Мессбауэровской и ЯГР-спектроскопии устойчивость и физико-химические свойства магнитных жидкостей, определены закономерности состава и активации приповерхностных состояний супердисперсных кристаллитов.

Разработана комплексная функциональная диагностика структурных свойств магнитожидкостных материалов на основе магнитоэологических и магнитных свойств, оценки изменения функциональных свойств в градиентных магнитных и температурных полях.

Проведены исследования электрических свойств МЖ в широком диапазоне электрических и магнитных полей в расширенном

температурном интервале, как для модельных коллоидов на углеводородных основах, так и на сложных органосилоксановых носителях. Установлены закономерности влияния концентрации ультрадисперсной магнитной фазы на электрические характеристики гетерогенных дисперсных систем во внешних полях.

Выполнены комплексные исследования магнитных и реологических свойств магнитных коллоидов в широком диапазоне воздействий однородных и неоднородных магнитных полей, температурных и сдвиговых полей при варьировании концентрации дисперсной фазы, ее поверхности, модифицированной при синтезе из водно-органических сред. Исследованы особенности гидродинамики и внутреннего трения в магнитных коллоидах, как гетерогенных и существенно неравновесных дисперсных системах, в широком диапазоне изменения концентраций магнитной фазы и модификаций поверхности кристаллитов.

Проведены исследования смачивающих свойств и поверхностного натяжения МЖ в электрических и магнитных полях. Разработана методика измерения краевого угла МЖ в неоднородном магнитном поле. Закономерности формирования переходной области смачивания МЖ на твердой подложке в неоднородном магнитном поле позволяют определить характер изменения микрокраевых и макрокраевых углов капли МЖ при изменении магнитного поля. Исследована возможность применения волн Рэлея для изучения свойств поверхностных слоев МЖ.

Проведено моделирование гидродинамических процессов в МЖУ, разработаны программы, алгоритмы, методы расчета и прогнозирования момента трения, реализованные методом конечных разностей и конечных элементов на ЭВМ.

Разработаны, исследованы и внедрены в различные отрасли промышленности МЖУ для герметизации жидких сред, подвергаемых воздействию переменных скоростей вращения вала, температур, исследованы закономерности влияния на удерживающую способность внешних факторов. Разработаны, исследованы и внедрены МЖУ для герметизации химически агрессивных, биологически активных сред, подвергаемых воздействию циклических и длительных непрерывных воздействий высоких температур.

Разработаны, исследованы и внедрены МЖУ вводов возвратно-поступательного движения (ВПД), созданы оригинальные кон-

струкции, методика их проектирования и расчета. Исследованы газодинамические процессы в многозубцовой системе МЖУ ВПД в условиях пробоя, изучены и промоделированы гидродинамические аспекты механизма уноса и увлечения МЖ движущейся подложкой, исследованы закономерности взаимодействия МЖ с твердыми граничными поверхностями и их влияние на адгезию МЖ в МЖУ ВПД. Разработаны конструкции и методы расчета магнитожидкостных опор, исследованы их функциональные характеристики. Разработаны пылегазозащитные магнитожидкостные уплотнения.

По результатам работ СКТБ «Полюс» и ПНИЛ ПФГД опубликовано более 300 научных трудов в ведущих международных и российских изданиях, в т.ч. монография «Магнитные жидкости в машиностроении», выпущенная издательством «Машиностроение», более 220 научных публикаций на международных и национальных конференциях, защищены 5 докторских и 17 кандидатских диссертаций. Научные разработки защищены более 150 авторскими свидетельствами на изобретение СССР и патентами РФ.

Сформирована ивановская научная школа по магнитным жидкостям.

### **Ивановская научная школа по магнитным жидкостям.**

|     |                 |                     |
|-----|-----------------|---------------------|
| 1.  | Орлов Д.В.      | - д.т.н., профессор |
| 2.  | Михалев Ю.О.    | - д.т.н., профессор |
| 3.  | Мышкин Н.К.     | - д.т.н., профессор |
| 4.  | Подгорков В.В.  | - д.т.н., профессор |
| 5.  | Сизов А.П.      | - д.т.н., профессор |
| 6.  | Шелькапов Ю.Я.  | - д.т.н., профессор |
| 7.  | Казаков Ю.Б.    | - д.т.н., профессор |
| 8.  | Белов С.Б.      | - к.т.н.            |
| 9.  | Белоногова А.К. | - к.т.н.            |
| 10. | Дюповкин Н.И.   | - к.т.н., доцент    |
| 11. | Евсин С.И.      | - к.т.н.            |
| 12. | Калинкин А.Г.   | - к.т.н.            |
| 13. | Лапочкин А.И.   | - к.т.н.            |
| 14. | Морозов Н.А.    | - к.т.н., доцент    |
| 15. | Перминов С.М.   | - к.т.н.            |
| 16. | Пономарев А.    | - к.т.н.            |

- |     |                  |                  |
|-----|------------------|------------------|
| 17. | Русакова Н.Н.    | - к.т.н.         |
| 18. | Сабуров И.Е.     | - к.т.н.         |
| 19. | Сайкин М.С.      | - к.т.н., доцент |
| 20. | Страдомский Ю.И. | - к.т.н., доцент |
| 21. | Топоров А.В.     | - к.т.н., доцент |
| 22. | Трофименко М.И.  | - к.т.н.         |
| 23. | Харьковский В.Б. | - к.т.н., доцент |
| 24. | Аврамчук А.З.    |                  |

Разработки ученых ИГЭУ награждены призами и медалями на международных выставках: в 1988 г. Гран-при в Венгрии, в 2000 г. приз, золотая и серебряная медали в Брюсселе «Эврика – 2000», в 2001 г. серебряная медаль в Париже и специальный приз в Лионе, в 2002 г. бронзовая медаль в Лионе, в 2003 г. золотая медаль в Брюсселе «Эврика – 2003».

Учитывая возникшую потребность в подготовке научных, инженерных и конструкторских кадров по проблемам магнитных жидкостей и устройств на их основе в 1988 г. в ИГЭУ на базе специальности «Электромеханика» была открыта специализация «Магнитожидкостные электромеханические устройства».

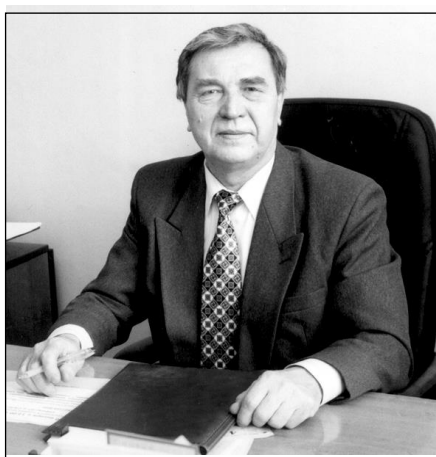
**Организация научных мероприятий.** Ивановский государственный энергетический университет в течение уже более 25 лет является организатором проведения научных конференций по магнитным жидкостям. Конференции по магнитным жидкостям с периодичностью в 2–3 года (1978, 1981, 1983, 1985, 1988, 1991, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 гг.) традиционно проводятся в г. Плес Ивановской области.

Исторически начало проведения Всесоюзных, а ныне Международных Плесских научных конференций по магнитным жидкостям было положено в 1978 году организацией 1-й Всесоюзной школы-семинара по намагничивающимся жидкостям.

Организаторами проведения 1-й Всесоюзной школы-семинара по намагничивающимся жидкостям выступили Научный совет АН СССР по механике жидкостей и газов, Минвуз РСФСР, Институт механики МГУ, Ивановский государственный энергетический университет при поддержке Ивановской областной администрации. В 1985 году под эгидой Научного совета ГКНТ СССР по проблеме

«Магнитные жидкости» было проведено очередное научное мероприятие уже в статусе Всесоюзной конференции по магнитным жидкостям. Во время проведения конференций традиционно проходили заседания Научного совета ГКНТ СССР по проблеме «Магнитные жидкости».

Председатель оргкомитета конференции (школы-семинара) с 1978 г. – академик Г.Г.Черный (Институт механики МГУ). Заместителями председателя конференций по магнитным жидкостям начиная с 1978 года были д.ф.-м.н. В.В.Гогосов (Институт механики МГУ) и д.т.н., проф. Д.В.Орлов (научный руководитель ПНИЛ ПФГД и директор – главный конструктор СКТБ «Полюс» при ИГЭУ с 1980 по 1986 гг.



У организационных истоков традиций проведения Плесских научных конференций по магнитным жидкостям стояли д.ф.-м.н. В.В.Гогосов (ИМ МГУ) (фото справа) и д.т.н., проф. Д.В.Орлов (слева). С 1986 г. в ИГЭУ во главе организации Плесских конференций – проректор по научной работе, научный руководитель ПНИЛ ПФГД, чл.-корр. АТН РФ, Заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., проф. Ю.Я.Щелыкалов (в центре).

С 1986 года традиции проведения Плесских конференций по магнитным жидкостям были продолжены при поддержке научного руководителя направления «Магнитные жидкости» в ИГЭУ, проректора по научной работе, чл.-корр. АТН РФ, д.т.н., проф. Ю.Я. Щелыкалова и директоров – главных конструкторов СКТБ «Полюс», д.т.н., проф. А.П. Сизова и д.т.н., проф. Ю.О. Михалева.

В оргкомитет Плесских конференций по магнитным жидкостям с 1978 г. входили ведущие ученые страны: проф., д.ф.-м.н. В.Г. Баштовой (Белырусь), проф., д.х.н. Е.Е. Бибик (СпбТУ, С.-Петербург, Россия), проф., д.ф.-м.н. Э.Я. Блум (Латвия), проф., д.ф.-м.н. В.В. Гогосов (ИМ МГУ, Россия), проф., д.т.н. Д.В. Орлов (ИГЭУ, Россия), д.ф.-м.н. В.В. Чеканов (СтГУ, Ставрополь, Россия).

Учеными секретарями конференций по магнитным жидкостям в течение полутора десятков лет были: заведующий ПНИЛ ПФГД, к.т.н., доц. Ю.И. Страдомский (ИГЭУ), к.ф.-м.н. В.А. Налетова (ИМ МГУ), к.ф.-м.н. Г.А. Шапошникова (ИМ МГУ). Ученый секретарь оргкомитета Плесских конференций по магнитным жидкостям с 1996 года ст.н.с. ПНИЛ ПФГД, к.т.н. Н.Н. Русакова.

С 1996 года Плесские международные конференции по магнитным жидкостям организуются ИГЭУ и ИМ МГУ под эгидой Академии технологических наук РФ, Верхне-Волжского отделения АТН РФ, Министерства среднего и профессионального образования РФ, а в 1998 году – при финансовой поддержке РФФИ.

Традиции проведения научных конференций по магнитным жидкостям в Плесе были заложены с широким спектром тематики по следующим направлениям:

- физико-химические аспекты синтеза магнитных дисперсных коллоидных систем (развитие новых магнитожидкостных материалов, синтез новых магнитных суспензий, ферросмектиков, ферронематиков, магнитных полимеров и мицелл...);
- физические свойства (магнитные, электрические и оптические свойства, реология, микроволны, процессы агрегации, фазовая сепарация, поверхностные явления, микроскопические межфазные явления, теория и численное моделирование МЖ...);
- гидродинамика и течения магнитных жидкостей (ламинарные и турбулентные течения, волны, магнитогидродинамика, статическая и динамическая неустойчивость...);
- тепло- и массообмен, конвекция и конвективная устойчивость;
- применения в медицине, биологии (сепарация, носители лекарств, кардиология сосудов, обтурация свищей...);
- применения магнитных жидкостей в технике (уплотнения, демпферы, датчики, принтеры, узлы трения...).



7-я Плесская конференция по магнитным жидкостям  
Плес, 10 – 12 сентября 1996 г.

В 1978 году на 1-ю школу-семинар по магнитным жидкостям (3–8 июля 1978 года) было представлено 56 докладов от 94 авторов, активно занимавшихся тематикой магнитных жидкостей, из Москвы, Минска, Риги, Ленинграда, Харькова, Саратова, Саранска, Краснодара, Ставрополя, Новосибирска, Перми, Гомеля, Пущино, Иваново и др.

В 1981 году на II-ю Всесоюзную школу-семинар по магнитным жидкостям (Плес, 21–26 сентября 1981 года) было представлено 72 доклада от 116 авторов из уже зарекомендовавших себя ведущих научных школ по магнитным жидкостям и ряда новых исследовательских центров. Достигнутые успехи в синтезе МЖ и разработке магнитожидкостных устройств привлекли пристальное внимание представителей наиболее активно развивающихся НИОКР и НИР предприятий ведущих отраслей промышленности.

Еще более обширными и значимыми в научном плане оказались представленные на III-ю Всесоюзную Плесскую школу-семинар (Плес, 16–19 мая 1983 г.) 110 докладов от 152 авторов. Произошел качественный скачок в исследованиях магнитных жидкостей, расширилась тематика, экспериментальный и теоретический уровень проводимых исследований. Обозначились новые уникальные направления исследований.

На IV-ю Всесоюзную Плесскую конференцию по магнитным жидкостям в 1985 году было представлено 213 докладов от 347 авторов. Были изданы тезисы докладов в 2-х томах. На конференции присутствовало около 200 участников с обзорными, устными и стендовыми докладами, а также около 70 гостей и приглашенных лиц из различных организаций и предприятий, занимающихся внедрением магнитных жидкостей, из городов: Москвы, Риги, Киева, Ставрополя, Минска, Тбилиси, Сухуми, Ашхабада, Душанбе, Ташкента, Краснодара, Перми, Новосибирска и др.



8-я Плесская конференция по магнитным жидкостям  
Плес, 8 – 10 сентября 1998 г.



На этих конференциях впервые явно определилась актуальнейшая тенденция расширения использования уникальных лечебных эффектов магнитных жидкостей в медицине и биологии, биотехнологические аспекты использования магнитных жидкостей.

В 1988 году проводится столь же представительная V-я Всесоюзная Плесская конференция по магнитным жидкостям. Было представлено более 90 докладов от 167 авторов. Из тематики Плесских конференций в это время произошло выделение направления исследований по магнитным жидкостям в медицине. Конференции по магнитным жидкостям в медицине (исследования и применения МЖ в медицине и биологии) стали проходить в Сухуми.

В работе VI-й Всесоюзной Плесской конференции по магнитным жидкостям в 1991 году приняли участие 150 ученых и исследователей, представителей вузовской и академической науки, специалистов ведущих отраслей промышленности. Были изданы два тома тезисов докладов, включавших 160 докладов в общей сложности от 273 авторов.



9-я Плесская конференция по магнитным жидкостям  
Плес, 11 – 14 сентября 2000 г.

Следует отметить, что исследования по магнитным жидкостям консолидировались и обобщались также в рамках следующих научных мероприятий:

- Международная кооперация и взаимодействие ученых разных стран в области развития магнитных жидкостей осуществлялись в течение двух последних десятилетий в рамках Международных конференций по магнитным жидкостям, которые были основаны в 1977 году (Удине, Италия) Р.Е. Розенцвейгом. Затем традиция проведения этих престижных конференций была продолжена в различных городах мира: Орландо-Флорида (США, 1980), Бангор (Великобритания, 1983), Токио-Сендаи (Япония, 1986), Рига (Латвия, 1989), Париж (Франция, 1992), Бхавнагар (Индия, 1995), Тимошиара (1998, Румыния), (2001, Германия).
- Рижское совещание по магнитной гидродинамике с секцией по магнитным жидкостям. Организовано Институтом физики АН Латвии. В силу сложившихся после 1991 года обстоятельств Рижское совещание по МГД, приобретя статус Международной Рижской конференции по МГД, целиком ориентировано на англоязычную зарубежную научную аудиторию. Практически прежняя консолидирующая роль и высокий научный престиж Рижских совещаний по магнитной гидродинамике для большинства российских ученых утеряны в плане непосредственного научного общения. Несмотря на 58 представленных докладов по МЖ из стран дальнего и ближнего зарубежья, принять участие в возобновившей свою работу в 1995 году 14-й Международной Рижской конференции с учетом сурового визового режима смогли лишь 5 ученых из России, Украины, Беларуси.
- Зимняя школа по механике сплошных сред. Организована ИМСС УрО РАН (г. Пермь) под эгидой Российской Академии наук, УрО РАН, Национального комитета по теоретической и прикладной механике. В 1997 г. возобновлены традиции проведения научных мероприятий и в рамках 11-й и 12-й Зимних школ (1996 и 1998 гг.) организована секция «Гидродинамика жидкостей с особыми свойствами (динамические свойства МЖ; эффекты агрегирования; прикладные вопросы)» и семинар «Неравновесные процессы в МЖ».
- Всесоюзное совещание по физике магнитных жидкостей. Организовано Институтом механики сплошных сред УрО РАН под эгидой Научного совета РАН по проблеме «Физика магнитных явле-

ний», секции «Физика магнитных жидкостей» РАН, Научного совета ГКНТ СССР по проблеме «Магнитные жидкости». Всесоюзное совещание по физике магнитных жидкостей (III-е – Ставрополь, 1986, представлено около 80 докладов; IV-е – Душанбе, 1988, представлено 60 докладов; V-е Ташкент, 1991, представлено около 60 докладов) после 1991 года не возобновлялось.

- Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений. До 1991 г. организовывалась под эгидой Академии наук СССР, Научного совета по проблеме «Физика магнитных явлений», Института физики металлов УрО АН. Включала в свою работу секцию «Магнитные жидкости и их технические применения».
- В 1997 г. Ставропольским государственным университетом при поддержке МВССО РФ проведена Всероссийская научная конференция «Физико-химические проблемы нанотехнологий» с секцией «Физико-химические и прикладные аспекты магнитных жидкостей». Научно-техническая конференция «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (Бенардосовские чтения, Иваново, ИГЭУ) с секцией «Магнитожидкостные электромеханические системы». Организована Академией технологических наук РФ, Верхне-Волжским отделением АТН РФ, МВССО, ИГЭУ. До 1991 г. проходила под эгидой Научного совета по проблеме «Новые процессы сварки», ГКНТ СССР, Академии наук Украины, Института электросварки им. Е.О. Патона. С 1991 г. – Бенардосовские чтения.



Открытие 7-й Международной Плесской конференции по магнитным жидкостям (10 сентября 1996 г.)

В 1996 году после длительного перерыва в сложнейших финансово-экономических условиях Ивановским государственным энергетическим университетом были возобновлены традиции проведения Всесоюзных научных конференций по магнитным жидкостям уже в статусе 7-й Международной Плесской кон-

ференции по магнитным жидкостям. Были изданы сборники тезисов более 100 докладов 226 авторов из 77 организаций в двух книгах – на русском и английском языках с участием ученых из Беларуси, Китая, Кореи, Кубы, Латвии, Польши, России, Туркменистана, Украины, Финляндии, Японии.

Во время проведения этой конференции определилось, что сдерживающим фактором в решении существующих проблем в настоящее время является распад научных школ и групп по данному направлению, сокращение объемов НИОКР из-за общего кризиса в политике, промышленности, экономике, науке, образовании России и стран СНГ. Конференция в значительной степени восполнила информационный голод научного общения, отсутствовавшего практически пять лет, способствовала возобновлению и укреплению научных связей, росту научных кадров в различных сохраняющихся еще научных школах.

В силу сложившихся после 1991 года обстоятельств Плесские конференции по магнитным жидкостям, приобретая статус не только национальной, но и сателлитной Международной конференции, целиком ориентированы не только на русскоязычную научную аудиторию на постсоветском научном пространстве, но и одновременно путем приглашения иностранных ученых и издания сборника докладов на английском языке ориентированы и на



англоязычную зарубежную научную аудиторию. Это позволяет сохранить прежнюю консолидирующую роль и высокий научный престиж Плесских конференций для большинства российских ученых, работающих в области магнитных жидкостей, и одновременно дать реальное представление зарубежным ученым о направлениях и темпах развития науки о магнитных жидкостях в России в сложнейших современных условиях.

Широкий круг заявленной тематики этой конференции обуславливает широкий круг специалистов в области фундаментальной и прикладной науки о жидком магнетике.

Особенностью проведения международных Плесских конференций по магнитным жидкостям является включение в ее программу докладов и научных материалов, впервые полученных на стыке уникальных научных направлений, получивших интенсивное развитие в последние десятилетия 20 века: коллоидной химии и электрохимии, теории конденсированного состояния, физикохимии ультрадисперсных систем, магнитооптики и магнитоакустики, реофизики, гидродинамики, проблем моделирования устойчивости микро- и макросистем и др.



Плесские конференции по магнитным жидкостям предоставляют ученым и исследователям возможность обмена научной информацией и последними достижениями в области магнитных жидкостей в



неформальной обстановке, в доброжелательной атмосфере, содействуя укреплению связей между различными научными школами.

Консолидация научных, академических, вузовских и инженерных сил на сложных направлениях научной и технической политики в области магнитных жидкостей дает свои положительные плоды.

В настоящее время Плесские конференции по магнитным жидкостям являются наиболее крупным и значимым научным мероприятием в стране по данной проблеме, направленным на консолидацию и объединение научных сил по проблеме магнитных жидкостей как в России и странах ближнего зарубежья, так и для сотрудничества с научными организациями и учеными стран дальнего зарубежья. На этих конференциях огромное значение придается преемственности и научным традициям, поддержке и развитию научных связей между исследовательскими центрами вузовской и академической науки.

Цели и задачи научных конференций по магнитным жидкостям:

- 1) привлечь к участию в работе конференции по МЖ ведущих ученых вузовской и академической науки, исследовательских организаций, медицинских и биотехнологических учреждений, а также молодых ученых, аспирантов, студентов;
- 2) осуществить обобщение фундаментальных научных исследований и полученных принципиально новых актуальных результатов в области физикохимии, реофизики, структурных свойств, гидродинамики и т.д.;
- 3) выделить наиболее актуальные пути дальнейшего развития научных исследований и содействовать привлечению внимания РФФИ к наиболее уникальным достижениям в исследовании явлений в МЖ, требующих целевого финансирования дальнейших исследований



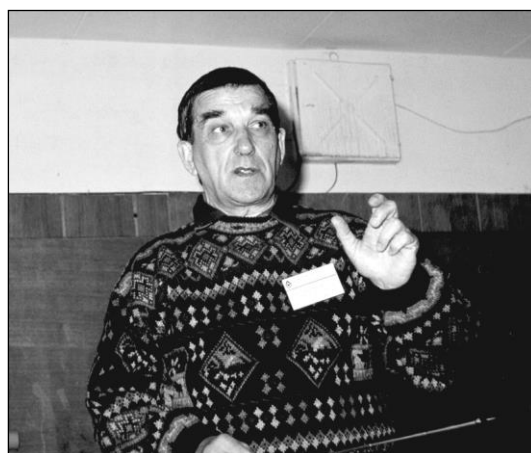
10-я Международная Плесская конференция по магнитным жидкостям  
Плес, 9 – 12 сентября 2002 г.

Организация и проведение международной Плесской конференции по магнитным жидкостям традиционно осуществляется



таким образом, чтобы в соответствии с веяниями времени в вузовской науке России в максимальной степени обеспечить участие в работе конференции студентов и аспирантов, проходящих подготовку в соответствии с учебными программами специализации «Магнитожидкостные

электромеханические устройства», по которым проводится подготовка по научному направлению «Магнитные жидкости» на кафедре «Электромеханика» (ЭМ) Ивановского государственного энергетического университета ведущими высококвалифицированными специалистами и в комплексе с базовыми исследованиями СКТБ «Полюс» и ПНИЛ ПФГД при ИГЭУ.



Начало двадцать первого века дает право говорить теперь об успехах и поражениях на этой дистанции, разделяющей *«начало»* феррожидкостей и *«сегодняшний день»* магнитных жидкостей.



В истории развития научного направления «Магнитные жидкости» было и есть много научных школ, бывали времена жесткой полемики о сущности физических и химических явлений в искусственно синтезированном жидком магнетике. Но принадлежность ученых разным

научным школам, иногда прямо противоположные теоретические установки отступали на второй план, не мешали единому процессу биения высокой научной мысли – поиску истины.



Огромную роль в этом играли регулярно проводимые Ивановский государственным энергетическим университетом совместно с Институтом механики МГУ научные конференции по магнитным жидкостям. Они помогают сохранить связь времен и научную преемственность во времена тяжелых социальных и экономических потрясений последнего десятилетия 20 века, способствуют подготовке, росту и обновлению научных кадров в вузовской и академической науке.



8-я Плесская конференция по магнитным жидкостям  
Плес, 8 – 10 сентября 1998 г.

В 2005 году исполняется 25 лет со времени создания Проблемной научно-исследовательской лаборатории прикладной феррогидродинамики и СКТБ «Полюс». К своему 25-летию, несмотря на трудные времена в науке, они пришли в значительной мере, сохранив первоначальный порыв, уровень научных достижений, научный потенциал и престиж среди научной общественности. Большое значение для этого процесса имеют преемственность и научные традиции, тщательно поддерживаемые и сохраняемые в ИГЭУ.

---

Исторический очерк развития научного направления «Магнитные жидкости» в ИГЭУ составлен кандидатом технических наук Н.Н.Русаковой и доктором технических наук Ю.Я. Щелыкаловым.



