

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Давыдова Вадима Владимировича «Методы управления движением вектора ядерной намагниченности в текущей жидкости в спектрометрах и магнитометрах», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

1. Актуальность

В настоящее время методы измерения различных физических величин с использованием явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР) находят все больше практических применений. Использование современных ЯМР спектрометров, релаксометров, расходомеров и магнитометров позволяет решать сложные научно-исследовательские и практические задачи в физике, биологии, химии, медицине, атомной энергетике и т.д. В большинстве случаев без использования ЯМР приборов многие задачи решить крайне сложно, а иногда и невозможно.

Постоянное расширение круга практических применений различных сред, а также изменение условий эксплуатации измерительной аппаратуры требуют совершенствование используемых и поиск новых методов исследования жидких сред, находящихся как в текущем, так и в стационарном состоянии. Диссертационная работа В.В. Давыдова отражает важный этап его научной работы по изучению явления ЯМР в текущей жидкости и практическому применению результатов исследований. Полученные им результаты позволили разработать новые методы измерения физических величин и найти оптимальные конструкторские решения для ЯМР спектрометров и магнитометров.

Стоит отметить, что исследование механизмов ядерной магнитной релаксации в потоке жидких сред является одной из актуальных задач фундаментальной физики, решение которой откроет дополнительные возможности по созданию новых сред, разработке новых методов измерений параметров текущих сред и совершенствованию конструкций измерительных приборов.

С другой стороны, актуальность темы диссертационной работы связана с тем, что среди квантовых магнетометров ЯМР магнитометры на текущей жидкости занимают особое место. Эти устройства совмещают простоту и относительную доступность реализации с измерением характеристик с высокой точностью, а кроме того, их использование позволяет решать задачи, недоступные другим моделям квантовых магнитометров, особенно в сильных неоднородных магнитных полях. Некоторые противоречия, которые присутствовали в теории нутационной кинетики, в частности в разделе, связанном с движением вектора ядерной намагниченности в сильном неоднородном поле, существенно ограничивали возможности использования ЯМР магнитометров с текущей жидкостью для исследования сильных неоднородных магнитных полей. Проведенные В.В. Давыдовым в диссертационной работе исследования позволили расширить этот раздел нутационной кинетики и убрать эти противоречия, а также разработать новые методы измерения параметров магнитного поля и новую методику для определения чувствительности ЯМР магнитометра с текущей жидкостью.

Еще одним актуальным направлением, рассмотренным в диссертации, является использование метода ЯМР для экспресс-контроля жидких сред. В условиях ухудшающейся экологической обстановки и падения качества производства выпускаемой продукции, в том числе из жидких сред, разработка быстрых и надежных методов экспресс – контроля состояния среды очень актуальна. Метод ЯМР в отличие от

других методов не вносит необратимых изменений в химический состав и физическую структуру пробы исследуемой среды. Проведенные В.В. Давыдовым исследования движения вектора ядерной намагниченности в слабом магнитном поле, оказались крайне востребованы для разработки малогабаритных ЯМР спектрометров.

Полученные результаты в ходе исследований движения вектора ядерной намагниченности позволили разработать новый метод измерения параметров магнитной жидкости в феррофлюидной ячейке без её разгерметизации. Эта ячейка применяется в оптических модуляторах, затворах и датчиках.

Все это показывает необходимость, как проведенных исследований и полученных результатов, так и представленной на их основе диссертационной работы, актуальность которой не вызывает сомнений.

2. Обоснованность и новизна научных результатов диссертационной работы.

Из основных результатов диссертационной работы следует в первую очередь отметить, что поставленные задачи по разработке новых методов измерения параметров: магнитного поля, ферромагнитной жидкости и потока жидкой среды Давыдовым Вадимом Владимировичем решались комплексно: проводились экспериментальные исследования и рассматривались их теоретические аспекты. Это позволило при проведении исследований для решения различных задач, стоящих перед автором, получить ряд новых результатов, как практических (новые методы измерения), так и теоретических (новая методика, новые коэффициенты в уравнениях Блоха и т.д.). Среди которых я хотел бы отметить следующие:

1. Разработку нового метода на основе использования явления ЯМР для измерения быстроменяющихся расходов текущей жидкости и теоретическое обоснование полученных результатов;
2. Определение нового соотношения между параметрами постоянного и переменного магнитного поля для получения максимального значения инверсии намагниченности в текущей жидкости;
3. Установление новых коэффициентов в уравнениях Блоха, позволяющих проводить теоретические исследования движения вектора ядерной намагниченности текущей жидкости в сильном неоднородном магнитном поле, и экспериментальное подтверждение полученных результатов;
4. Разработку новой методики для определения чувствительности ЯМР магнитометра с текущей жидкостью;
5. Новый метод измерения времени продольной релаксации T_1 в слабом магнитном поле;
6. Новый метод измерения параметров ферромагнитной жидкости с использованием явления ЯМР;
7. Установление новых коэффициентов в уравнениях Блоха, позволяющих воспроизводить форму линии регистрируемого сигнала ЯМР с использованием модуляционной методики в слабом поле.

Достоверность и обоснованность полученных результатов диссертационной работы подтверждается научными публикациями в изданиях (SCOPUS, Web of Science, ВАК), конкретными применениями, результатами обсуждения работы на конференциях различного уровня (в том числе и международных), а также наградами, полученными лично Давыдовым В.В. и его учениками за участия в различных конкурсах и выставках.

3. Научная ценность и практическая значимость результатов диссертационной работы.

Научная ценность результатов работы заключается в том, что предложенные автором новые методы измерения параметров текущих потоков, магнитных полей, ферромагнитных жидкостей, а также методики обработки результатов экспериментальных исследований с теоретическим их обоснованием позволяют существенно расширить возможности проведения исследований в некоторых разделах экспериментальной и ядерной физики, физики магнитных явлений, а также гидродинамики. Кроме того, полученные новые результаты при исследовании релаксационных процессов в текущей жидкости открывают возможности по созданию новых оптических сред. Разделы теории нутационной кинетики и метрологии дополнены новыми знаниями и методиками.

Практическая значимость работы заключается в том, что её результаты применимы:

1. Для проведения фундаментальных экспериментальных научных исследований в различных разделах физики и гидродинамики;
2. Для разработки новых и модернизации действующих конструкций различных измерительных приборов, работающих на основе явления ЯМР, таких как спектрометры, расходомеры, магнитометры и релаксометры;
3. Для создания новых сред;
4. Для экспресс-анализа состояния различных сред, как во время экологического мониторинга территорий, так при их производстве или перед непосредственным использованием и т.д.;
5. Для подготовки нового учебного курса расширенного изучения явления ЯМР в текущей жидкости магистрантами и аспирантами.

4. По рецензируемой диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В диссертации получена зависимость времени продольной релаксации движущейся жидкости от напряженности внешнего электростатического поля, однако, механизм этой зависимости не объяснён;

2. Не рассмотрена поправка Блоха-Зигерта при измерении магнитных полей методом нутации;

3. В диссертации сказано, что сохраняется угол поворота намагниченности в меридиональной плоскости, но не уточняется, относительно какого направления этот угол отсчитывается;

4. В диссертации не рассматривается релаксационная погрешность ЯМР расходомеров.

Указанные замечания не снижают высокой оценки, которую заслуживают проведенные В.В. Давыдовым эксперименты и расчеты и представленная на их основе диссертационная работа, являющаяся законченным научным исследованием.

Полученные в работе результаты и использованные методы решения поставленных задач соответствуют специальности: 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Автореферат и публикации В.В. Давыдова отражают содержание диссертационной работы.

Диссертация В.В. Давыдова полностью удовлетворяет требованиям и критериям п. 9 Положения ВАК РФ «О порядке присуждения ученых степеней» (Утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (редакция от 28.08.2017)), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Давыдов Вадим Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Общей физики»
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
технологический институт
(технический университет)»,
доктор технических наук, профессор

 / Жерновой Александр Иванович /

Адрес организации: Санкт-Петербург,
Московский проспект д.26, СПбГТИ(ТУ),
кафедра общей физики,
телефон: (812) 316-10-92
E-mail: azhspb@rambler.ru

Подпись руки А.И. Жернового заверяю.

 
 
