

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Агейкина Никиты Алексеевича  
«Влияние анизотропии пьезоэлектрических пластин на взаимодействие акустических волн  
различных типов с нагрузкой, расположенной на поверхности пластины»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

В представленной работе Агейкина Н.А. обоснована высокая **актуальность** работы, связанная с развитием акустических методов анализа жидких сред, включая слабовязкие растворы, биологические и вязкие суспензии, а также контроль фазового перехода вода–лёд на поверхности пьезоэлектрических пластин. Автор корректно увязывает задачу с современными требованиями к бесконтактной диагностике жидкостей и контроля обледенения, что имеет как фундаментальное, так и прикладное значение в акустоэлектронике и физике конденсированного состояния.

Для достижения поставленной цели автором проведен целый спектр экспериментальных работ, подтвержденных литературными данными научного сообщества. **Научный и практический интерес** представляют: вклад в понимание механизмов радиационных потерь акустических волн Лэмба, а также предложенный оригинальный многомодовый многопараметрический подход к регистрации биологических и вязких суспензий на основе одной анизотропной пластины.

Наиболее значимыми на мой взгляд **результатами** диссертационной работы Агейкина Н.А. являются:

1. Трактовка «вкуса» как влияния совокупности различных физических параметров жидкости ( $\rho$ ,  $\eta$ ,  $\sigma$ ,  $\epsilon$ ,  $C_{11}$ ) на распространения акустических волн, что переводит область сенсорики в физически четко формализованную задачу.
2. Показано, что анизотропия и различная поляризация волн обеспечивают качественно различный отклик на одну и ту же жидкость в разных направлениях распространения, что открывает путь к использованию методов машинного обучения на больших наборах акустических признаков.
3. Существенный вклад внесён в область акустической диагностики фазовых переходов. Теоретически и экспериментально продемонстрировано, что при фазовом переходе вода–лёд в структуре «пластина – вода/лёд» вносимые потери акустического образца  $\Delta S_{12}$  могут как возрастать, так и уменьшаться или практически не изменяться в зависимости от типа волны, частоты и ориентации пластины.
4. Особо выделяется результат для пластины  $Y, X+30^\circ \text{LiNbO}_3$ , где переход вода–лёд приводит к полному поглощению всех волн в диапазоне 10–60 МГц, за исключением одиночной моды, а также наблюдение редкого случая уменьшения потерь ( $\Delta S_{12} < 0$ ) при оледенении для одной из волн в  $Y, X+60^\circ \text{LiNbO}_3$ . Эти данные представляют интерес для разработки высокочувствительных датчиков обледенения.

К недостаткам автореферата следует отнести следующие:

- Основной акцент сделан на водных растворах (в т.ч., моделирующих «вкусы»), дистиллированной воде, отдельных биосредах и масляных суспензиях, тогда как реальные промышленные жидкости часто имеют более сложный состав, широкий диапазон электропроводности, рН и температур;
- Для биологических сред рассмотрены лишь две бактериальные культуры и одна питательная среда; этого недостаточно, чтобы уверенно говорить об универсальности предложенного подхода к микробиологической идентификации;
- Исследование фазового перехода вода–лёд проводится в сравнительно узком диапазоне температур (от около  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $-15\dots-20^{\circ}\text{C}$ ) и при атмосферном давлении; не рассматриваются условия быстрых термоциклов, неоднородного обледенения, присутствия примесей (солей, органики), характерных для реальных эксплуатационных условий;
- Не обсуждается воспроизводимость характеристик сенсорных структур при многократных циклах замораживание–оттаивание и возможная деградация клеевых соединений, электродов и поверхности пластины.

Сделанные замечания не умаляют научной ценности и не снижают в целом положительной оценки работы.

Диссертация Н.А. Агейкина является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком уровне. По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Н.А. Агейкин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния.

Начальник лаборатории фундаментальных научных исследований технологий микро- и нанoeлектроники АО «НИИМЭ», кандидат физико-математических наук

 А.А. Шарапов  
asharapov@niime.ru

Подпись А.А. Шарапова заверяю

Начальник отдела управления персоналом АО «НИИМЭ»

 М.В. Лизавенко



03 марта 2026г.