

Отзыв научного руководителя
на диссертационную работу
Макарына Родиона Алексеевича
«Магнитокалорические материалы для мультистимульных циклов
твёрдотельного охлаждения»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений

Диссертационное исследование Р.А. Макарына выполнено в рамках одного из наиболее востребованных направлений современной физики конденсированного состояния – разработки высокоэффективных твёрдотельных охлаждающих систем на основе магнитокалорического эффекта. Актуальность работы обусловлена как экологическими ограничениями парокомпрессионных технологий, так и необходимостью повышения энергоэффективности охлаждения и кондиционирования. Особую значимость придаёт переход к мультистимульным циклам, где управление фазовым переходом осуществляется одновременно несколькими обобщёнными силами. Это требует как адаптации материала к производству на его основе теплообменников, так и глубокого пересмотра свойств классических магнитокалорических материалов La(Fe,Si)_{13} и RCo_2 .

Новизна результатов работы обусловлена следующим: впервые на основе прямых измерений с варьированием скорости развёртки поля разделены тепловая и кинетическая составляющие гистерезиса в $\text{LaFe}_{11.6}\text{Si}_{1.4}$; построена и верифицирована обобщённая феноменологическая модель, учитывающая нелинейную барическую зависимость температуры Кюри; экспериментально и теоретически доказано, что быстрая закалка ErCo_2 и HoCo_2 индуцирует вакансии в подрешётке РЗМ, что перестраивает электронную структуру и переводит переход первого рода во второй. Эти результаты являются оригинальными и не имеют аналогов в опубликованной литературе.

Теоретическое значение диссертации состоит в развитии феноменологического описания метамагнитных переходов первого рода под действием нескольких обобщённых сил. Предложенная модель, учитывающая нелинейную зависимость T_C от давления и ангармонизм фононов, расширяет классический подход Бина–Родбелла на область высоких давлений и позволяет прогнозировать поведение материалов в мультистимульных циклах. Кроме того, установленная связь между вакансиями, электронной структурой и родом фазового перехода в RCo_2 открывает новый способ управления свойствами интерметаллидов через дефектную инженерию.

Вместе с тем, разработанные режимы неразрушающего гидрирования La(Fe,Si)_{13} с формированием армирующего каркаса из ОЦК Fe–Si позволяют получать композиты с пределом текучести >400 МПа и магнитокалорическим эффектом $\Delta T_{\text{ад}} \approx 2.75$ К в поле 1.85 Тл. Это делает возможным использование

данных материалов в качестве рабочих тел активных магнитных рефрижераторов с мультистимульным управлением. Предложенные оптимальные геометрии теплообменников могут быть непосредственно использованы при конструировании прототипов.

Работа выполнялась в течение четырех лет в тесном сотрудничестве с лабораториями ТвГУ и НИТУ МИСИС. Родион Алексеевич проявил себя как сложившийся исследователь, способный самостоятельно ставить эксперимент, обрабатывать большие массивы данных и интерпретировать результаты в рамках современных теоретических моделей. Среди личных качеств соискателя хочется отметить трудолюбие, настойчивость, аккуратность и способность эффективно работать в научном коллективе.

Все ключевые экспериментальные и теоретические результаты, представленные в диссертации, получены либо лично автором, либо при его непосредственном участии. Изготовление и последующая обработка серии сплавов $\text{La}(\text{Fe}, \text{Si})_{13}$, разработка модели, описывающая поведение сплава ErCo_2 на основе данных о плотности электронных состояний, а также расчет оптимальной геометрии теплообменника выполнены диссертантом самостоятельно. За время работы над диссертацией Родион Алексеевич являлся ответственным исполнителем в ряде проектов, поддержанных научными фондами и программами развития МГУ. Основные результаты работы неоднократно докладывались им на престижных международных и всероссийских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 5 научных статей индексируемых по базам данных Web of Science и Scopus.

Считаю, что диссертационная работа Макарына Родиона Алексеевича «Магнитокалорические материалы для мультистимульных циклов твердотельного охлаждения» удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, изложенным в разделе 2 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете» от 19 января 2023 года, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений.

Научный руководитель:

Карпенков Дмитрий Юрьевич

кандидат физико-математических наук, доцент,

старший научный сотрудник кафедры магнетизма

физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: KarpenkovDY@my.msu.ru

тел.: +79154372212

«01» июня 2026 г.

Подпись Д.Ю. Карпенкова удостоверяю: