

модействия свидетельствует о важности учета динамических кулоновских корреляций для исследования стабильности ферромагнитного основного состояния  $\text{CrO}_2$ . А высокая детализация полученных результатов послужит надежной теоретической базой для верной интерпретации новейших экспериментальных данных.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №14-12-00306.*

1. Georges A., Kotliar G. et al., Rev. Mod. Phys., 68, No. 1 (1996).
2. Кашин И.В., Решение квантовых моделей методом точной диагонализации (2011).
3. Katsnelson M. I., Lichtenstein A. I., Phys. Rev. B, 61, 8906 (2000).
4. Solovyev I. V., Terakura K., Phys. Rev. Lett., 82, 2959 (1999).

### **МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК ПЕРЕХОДНЫХ СТРУКТУР В ВИХРЕВЫХ ДОМЕННЫХ СТЕНКАХ (ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В СРЕДЕ MUMAX 3)**

Байкенов Е.Ж.<sup>1</sup>, Изможеров И.М.<sup>1\*</sup>, Зверев В.В.<sup>1</sup>, Филиппов Б.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) ФГБУН «Институт физики металлов УрО РАН», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ivan\\_izm@inbox.ru](mailto:ivan_izm@inbox.ru)

### **MICROMAGNETIC SIMULATIONS OF PERIODIC CHAINS OF TRANSITION STRUCTURES IN VORTEX-LIKE DOMAIN WALLS (PARALLEL PROCESSING IN MUMAX 3)**

Baykenov E.G.<sup>1</sup>, Izmozherov I.M.<sup>1\*</sup>, Zverev V.V.<sup>1</sup>, Phillipov B.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

Many properties of magnetically ordered materials depend on existence and dynamical behavior of locally inhomogeneous transition structures (TS's) in domain walls (DW's). This work deals with TS's, which emerge in asymmetric Bloch domain walls and their chains' interaction. We achieve energies of domain walls as functions of the distance between two TS's in presence and absence of external field in order to determine the kind of interaction: repulsion, attraction or fixing on definite distance. We have adapted the OOMMF programs for the parallel processing package MuMAX 3.

Многие свойства материалов с магнитным упорядочением, важные с практической точки зрения (магнитные потери, гистерезис и др.) определяются наличием локально неоднородных структур и их динамическим поведением. Обычное перемагничивание магнетика представляет собой процесс видоизменения формы доменов, сопровождающегося движением доменных стенок (ДС).

Динамические характеристики стенок определяются, в свою очередь, наличием в них локализованных переходных структур (ПС), разделяющих сегменты стенок с различным типом пространственной ориентации.

Детальное изучение внутренней структуры и динамики ДС экспериментальными методами требует использования сложной уникальной аппаратуры [1], в основном же доступные экспериментальные методики, такие как метод магнитно-силовой микроскопии или методы, основанные на магнитооптических эффектах, позволяют судить лишь о намагниченности на поверхностях образцов. В связи с этим большое значение приобретает микромагнитное моделирование ДС и ПС различных типов (в последние годы стало возможным трехмерное моделирование структуры и динамики переходных областей).

ПС разделяющие сегменты доменных стенок, являются разновидностями топологических солитонов, для которых характерны частицеподобное поведение, стабильность внутренней структуры, слабость взаимодействия с другими подобными объектами. Значительный интерес представляет изучение взаимодействия ПС. Вполне очевидно, что такие «частицы» могут отталкиваться и уходить на бесконечность, сталкиваться и аннигилировать, или же фиксироваться на определенном расстоянии друг от друга, определяемом условием минимума полной энергии ДС (включающей в том числе энергию взаимодействия ПС). В докладе представлены результаты изучения взаимодействия ПС в асимметричных вихревых ДС, возникающих в тонких пленках из пермаллоя. Для каждого из типов ПС А, В и С найденных в [2], производилась минимизация энергии структуры, содержащей пару одинаковых ПС, с наложением на образец кольцевых граничных условий. Найденны значения энергий стенки как функции от расстояний между ПС. Полученные результаты позволили установить характер и энергию взаимодействия ПС помещенных на различных расстояниях друг от друга. Построены профили намагниченностей на поверхностях пленки, соответствующие экспериментальным результатам, которые могут быть получены, например, методом МСМ. Также изучено взаимодействие ПС, помещенных во внешнее магнитное поле направленное вдоль оси асимметричной вихревой стенки.

При расчетах использовался пакет микромагнитного моделирования OOMMF [3]. Также ранее использовавшиеся программы были адаптированы для пакета MuMAX3, позволяющего выполнять параллельные вычисления с применением графического процессора [4].

1. Schäfer R., Ho W.K. et al, IEEE Trans. Magn., 27, 3678 (1991)
2. Zverev V.V., Filippov B.N., JETP, 117, 108 (2013).
3. Donahue M.J., Porter D.G.. OOMMF User's Guide, Version 1.0 (NISTR, Gaithersburg, 1999).
4. Vansteenkiste A., Leliaert J., Dvornik M., Helsen M., Garcia-Sanchez F., Van Waeyenberge B., AIP Advances 4, 107133 (2014).