



**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ УрО РАН**



**УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИЖЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**



**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**VIII Всероссийская школа-конференция  
молодых ученых  
“КоМУ-2010”**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ**

---

11-16 мая 2010 года

ИЖЕВСК

**VIII Всероссийская школа-конференция молодых ученых  
“КоМУ-2010”**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ**

---

11-16 мая 2010 года

Ижевск

### **Сборник тезисов докладов:**

VIII Всероссийская школа-конференция молодых ученых “КоМУ-2010” – Ижевск: ФТИ УрО РАН, УдГУ, ИжГТУ, 2010 – 120 с.

ISBN 978-5-7526-0448-5

Сборник содержит тезисы устных докладов молодых ученых и аспирантов, представленных на VIII Всероссийской школе-конференции молодых ученых “КоМУ-2010” (г. Ижевск, 11-16 мая 2010 г).

Опубликованные работы отражают результаты научных исследований по направлениям: нанотехнология; физика и химия поверхности материалов; электронная и атомная структура поверхностных слоев и наноразмерных систем; природа и свойства неравновесных метастабильных состояний; процессы разрушения и деформации материалов; магнитные явления; сканирующая зондовая микроскопия и т.д. Тезисы докладов посвящены теоретическим и экспериментальным исследованиям, конструкторским разработкам, разработкам методик изучения свойств материалов, а также методам физико-технических измерений.

Все работы публикуются в авторском издании. Редакторами была проведена только техническая корректура без изменения содержания и смысла тезисов докладов.

Ответственный редактор – к.т.н. А.В. Жихарев

ISBN 978-5-7526-0448-5

© Физико-технический институт УрО РАН

© Удмуртский государственный университет

© Ижевский государственный технический университет

## VIII Всероссийская школа-конференция молодых ученых “КоМУ-2010”

### ОРГАНИЗАТОРЫ

Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск  
Удмуртский государственный университет, г. Ижевск  
Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск

### ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

Уральское отделение Российской академии наук  
Российский фонд фундаментальных исследований

### ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ОРГКОМИТЕТА

Ладьянов Владимир Иванович	д.ф.-м.н., директор	ФТИ УрО РАН
----------------------------	------------------------	-------------

### ОРГКОМИТЕТ

Аржников Анатолий Константинович	д.ф.-м.н.	ФТИ УрО РАН
Бунтов Семен Демьянович	к.ю.н., ректор	УдГУ
Трубицин Виктор Юрьевич	к.ф.-м.н.	ФТИ УрО РАН
Якимович Борис Анатольевич	д.т.н., ректор	ИжГТУ

### ЛОКАЛЬНЫЙ ОРГКОМИТЕТ

Быков Павел Владимирович	к.т.н.	ФТИ УрО РАН
Валеев Ришат Галеевич	к.ф.-м.н.	ФТИ УрО РАН
Жихарев Александр Владимирович	к.т.н.	ФТИ УрО РАН
Ломаев Илья Леонидович	к.ф.-м.н.	ФТИ УрО РАН
Мерзлякова Мария Александровна		УдГУ
Печина Елена Анатольевна	к.т.н.	ФТИ УрО РАН
Порсев Виталий Евгеньевич	к.ф.-м.н.	ФТИ УрО РАН
Стерхова Ирина Валентиновна		ФТИ УрО РАН

### СЕКРЕТАРЬ КОНФЕРЕНЦИИ

Протасов Андрей Владимирович	аспирант.	ФТИ УрО РАН
------------------------------	-----------	-------------

**Адрес:** Россия, 426000, г. Ижевск, ул. Кирова, 132, Физико-технический институт УрО РАН

**Тел.:** +7 (3412) 430-302

**E-mail:** [fti@fti.udm.ru](mailto:fti@fti.udm.ru)

**http:** <http://fti.udm.ru/>

**Адрес:** Россия, 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, Удмуртский государственный университет

**Тел.:** +7 (3412) 751-610

**E-mail:** [rector@uni.udm.ru](mailto:rector@uni.udm.ru)

**http:** [http://v4.udsu.ru/start/\\*\\*\\*\\*](http://v4.udsu.ru/start/****)

**Адрес:** Россия, 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, Ижевский государственный технический университет

**Тел.:** +7 (3412) 588-852,  
585-358, 582-860

**E-mail:** [info@istu.ru](mailto:info@istu.ru)

**http:** <http://www.istu.ru/>

## СОДЕРЖАНИЕ

• <b>Елисеев А.А., Напольский К.С., Лукашин А.В., Третьяков Ю.Д.</b> .....	9
<i>“Использование подходов самоорганизации для формирования функциональных наноматериалов”</i>	
• <b>Петрунин В.Ф.</b> .....	11
<i>“Ультрадисперсные (нано-) порошки”</i>	
• <b>Абрамова Е.В., Галенко П.К., Данилов Д.А., Лебедев В.Г.</b> .....	15
<i>“Анализ фазово-полевых моделей неравновесного захвата примеси в процессе быстрого затвердевания”</i>	
• <b>Анкудинов В.Е.</b> .....	17
<i>“Влияния геометрии пористой среды на эволюцию тепловых полей”</i>	
• <b>Ануфриев Н.П., Майсурадзе М.В., Юдин Ю.В.</b> .....	19
<i>“Моделирование кинетики ферритного превращения в чтали 40X на примере торцевой закалки образца на прокаливаемость”</i>	
• <b>Афлятунова Д.Д., Кривилев М.Д.</b> .....	21
<i>“Эффект конвекции при спинодальном распаде системы Cu-Co”</i>	
• <b>Бельтюков А.Н., Валеев Р.Г.</b> .....	23
<i>“Синтез пористых пленок оксида алюминия”</i>	
• <b>Боднарчук Д.А.</b> .....	24
<i>“Моделирование характеристик движения компактной порошковой лигатуры в расплаве”</i>	
• <b>Булатов Д.Л., Михеев Г.М., Могилева Т.Н.</b> .....	26
<i>“Оптическое ограничение в суспензиях наночастиц углерода”</i>	
• <b>Вакилова Г.Н., Лебедев В.Г.</b> .....	27
<i>“Сравнительный анализ неравновесных моделей затвердевания в многокомпонентных системах”</i>	
• <b>Валеев Р.Г.</b> .....	29
<i>“Структура и свойства нанокompозитов типа германий в матрице пористого оксида алюминия”</i>	
• <b>Ванюков В.В., Могилева Т.Н., Михеев Г.М., Окотруб А.В.</b> .....	30
<i>“Получение лазерных импульсов различной длительности с помощью суспензий углеродных нанотрубок”</i>	
• <b>Воробьев В.Л., Быков П.В., Баянкин В.Я.</b> .....	32
<i>“Влияние скорости набора дозы ионов марганца на изменение механических свойств углеродистой стали”</i>	
• <b>Гольцова М.В.</b> .....	33
<i>“Водородная обработка материалов: теоретические аспекты и практическое применение”</i>	
• <b>Григорьев Д.В., Порываев Д.А., Бурнышев И.Н.</b> .....	35
<i>“Азотонауглероживание конструкционных сталей в динамических средах”</i>	
• <b>Жиров Г.И., Гольцова М.В.</b> .....	37
<i>“Особенности структурно-фазовых превращений в системе палладий-водород”</i>	
• <b>Жихарев А.В., Климова И.Н., Баянкин В.Я.</b> .....	39
<i>“Исследование влияния лазерного воздействия на фольги Ni<sub>50</sub>Cu<sub>50</sub>”</i>	
• <b>Зонов Р.Г., Калюжный Д.Г., Михеев Г.М.</b> .....	40
<i>“Установка для напыления углеродных нанопленок методом лазерного распыления”</i>	
• <b>Зубарева О.Т.</b> .....	42
<i>“Применение ГИС для моделирования исторического развития территории”</i>	

• <b>Иващук Л.И., Кирьян И.М., Бакларь В.Ю., Цолин П.Л.</b> .....	43
<i>“Влияние характеристик рабочей среды на тип ближнего порядка в алмазоподобном аморфном углероде”</i>	
• <b>Исупов Н.Ю.</b> .....	45
<i>“Система параллельной регистрации электронных спектров”</i>	
• <b>Камаева Л.В., Стерхова И.В., Бельтюков А.Л.</b> .....	46
<i>“О наследовании структурных особенностей расплава твердой фазы при кристаллизации”</i>	
• <b>Суетин М.В., Вахрушев А.В., Горохов М.М., Кутова Н.А.</b> .....	48
<i>“Исследование самоорганизации нанотрубок методом молекулярной динамики”</i>	
• <b>Литвинов А.В., Козлов К.А.</b> .....	49
<i>“Анализ процессов механоактивации при сильном деформационном воздействии на неравновесные системы «железо-кислород-иттрий»”</i>	
• <b>Васильев Л.С., Ломаев С.Л.</b> .....	51
<i>“Модулированные k-структуры в за критической области существования расслаивающихся твердых растворов”</i>	
• <b>Лубнин А.Н., Дорофеев Г.А., Кузьминых Е.В., Иванов С.М.</b> .....	53
<i>“Кинетика и механизм механосинтеза нанокристаллического карбида титана”</i>	
• <b>Любименко Е.Н., Гольцов В.А.</b> .....	54
<i>“Методика оценки равновесного содержания водорода в <math>\alpha - PdH_x</math>”</i>	
• <b>Лялина Н.В., Сюгаев А.В., Галичанина А.В., Кузнецова М.П.</b> .....	56
<i>“Точечная коррозия композиционных материалов на основе железа и карбидов переходных металлов”</i>	
• <b>Майсурадзе М.В., Ануфриев Н.П.</b> .....	57
<i>“Экспериментальное исследование охлаждения стали в магнитной жидкости”</i>	
• <b>Марьин М.В., Канунникова О.М., Маратканова А.Н., Шаков А.А., Решетников С.М.</b> .....	58
<i>“Концентрационная и температурная зависимость структурно-зависимых свойств водных растворов формамида и диметилформамид”</i>	
• <b>Медведева Е.В., Александрова С.С.</b> .....	59
<i>“Исследование дефектов кристаллической структуры с использованием компьютерного программного комплекса для интерпретации полевых ионных изображений”</i>	
• <b>Меньшикова С.Г., Бельтюков А.Л., Маслов В.В.</b> .....	60
<i>“Релаксационные процессы в расплавах AL-Y в области богатой алюминием”</i>	
• <b>Мерзлякова М.А., Никонова Р.М.</b> .....	61
<i>“О термической устойчивости фуллеренов <math>C_{60}</math> и <math>C_{60/70}</math> при взаимодействии с Fe и Ni”</i>	
• <b>Мерзлякова Н.М., Дроздов А.Ю.</b> .....	62
<i>“Влияние импульсного лазерного излучения на поверхность металла”</i>	
• <b>Мерсон Е.Д., Полуянов В.А.</b> .....	64
<i>“Исследование водородной повреждаемости стали 70 с гальваноцинковым покрытием”</i>	
• <b>Мокрова С.М., Петров Р.П.</b> .....	66
<i>“Алгоритмы и программа анализа прямых полюсных фигур (кубическая решетка, основные компоненты)”</i>	
• <b>Суетин М.В., Вахрушев А.В., Горохов М.М., Морозова Е.В.</b> .....	68
<i>“Моделирование методом молекулярной динамики селективной адсорбции углеводородов нанотрубками”</i>	
• <b>Мухгалин В.В., Еремина М.А., Сапегина И.В., Дорофеев Г.А.</b> .....	69
<i>“Нанокристаллизация аморфных сплавов системы Co-B-Si при нагреве и интенсивной деформации”</i>	

• <b>Николаев С.П., Рыбалка С.Б., Додонова Е.В., Кильман Г.В.</b> .....	71
<i>“Расчет диффузии атомов водорода в магнитотвердом сплаве <math>Sm_2Fe_{17}</math>”</i>	
• <b>Олянина Н.В., Бельтюков А.Л., Камаева Л.В.</b> .....	73
<i>“О вязкости и процессах затвердевания расплава <math>Co_{83}V_{17}</math>”</i>	
• <b>Панов Д.О., Чернова Т.Ю., Балахнин А.Н., Заяц Л.Ц., Симонов Ю.Н.</b> .....	75
<i>“Аустенитизация низкоуглеродистых сталей в межкритическом интервале температур”</i>	
• <b>Перцев А. С., Иванов А.С.</b> .....	77
<i>“Особенности формирования структуры и свойств науглероженного слоя стали 12Х2Г2НМФТ”</i>	
• <b>Петухов Д.И., Булдаков Д.А.</b> .....	79
<i>“Газоселективные мембраны и проточные мембранные катализаторы на основе пленок анодного оксида алюминия”</i>	
• <b>Писарева Т.А.</b> .....	81
<i>“Дисперсионный и фазовый состав нанокompозитов AL-C, полученных механохимической активацией в планетарной мельнице”</i>	
• <b>Порсев В.Е.</b> .....	83
<i>“Исследование механоактивированных солей глюконовой кислоты с применением методов ИК, мессбауэровской, ЭПР, ЯМР-спектроскопии”</i>	
• <b>Тепин Н.В., Храбров В.А., Постнов А.С.</b> .....	84
<i>“Анализ дефектов при профилировании стального профнастила”</i>	
• <b>Протасов А.В., Елсуков Е.П., Повстугар И.В.</b> .....	86
<i>“Твердофазные реакции в системе Mo/O – Fe при механическом сплавлении”</i>	
• <b>Прохоров Д.В., Пушкарев Б.Е., Печина Е.А., Дорофеев Г.А., Мокрушина М.И.</b> .....	87
<i>“Исследование структуры компактов системы Fe-Cr-N после интенсивной пластической деформации”</i>	
• <b>Никонова Р.М., Аксенова В.В., Поздеева Н.С.</b> .....	89
<i>“Поведение фуллерен/фуллеритов <math>C_{60/70}</math> при механическом воздействии”</i>	
• <b>Северюхина О.Ю.</b> .....	90
<i>“Моделирование процесса формирования гетерогенных наноструктур на поверхности кремния”</i>	
• <b>Северюхин А.В.</b> .....	92
<i>“Моделирование процесса формирования нановискеров Si-Au на кремневой подложке, активированной золотом”</i>	
• <b>Стерхова И.В., Камаева Л.В.</b> .....	94
<i>“О влиянии температуры и состава на вязкость расплавов Fe-Cr”</i>	
• <b>Стяжкина И.В., Камаева Л.В.</b> .....	96
<i>“О переохлаждении расплава Fe-Si”</i>	
• <b>Стяпшин В.М., Михеев Г.М., Образцов П.А., Хестанова Е.А., Гарнов С.В.</b> .....	97
<i>“Поляризационная зависимость оптоэлектрического сигнала в нанографитных пленках”</i>	
• <b>Суетин М.В., Вахрушев А.В.</b> .....	99
<i>“Нанокapsула с закачивающей камерой для хранения метана”</i>	
• <b>Глезер А.М, Шалимова А.В., Сундеев Р.В.</b> .....	100
<i>“Изучение структурно-фазовых превращений при мегалластической деформации аморфного сплава <math>Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}</math>”</i>	
• <b>Сысоева А.А., Лебедев В.Г.</b> .....	102
<i>“Численное исследование роста двумерного зародыша твердой фазы в модели фазового поля”</i>	
• <b>Сюгаев А.В., Лялина Н.В., Агафонов А.Н.</b> .....	104
<i>“Формирование пассивных пленок на композиционных материалах на основе железа и карбидов переходных металлов”</i>	

• <b>Тимиргазин М.А., Аржников А.К.</b> .....	105
<i>“Спиральное магнитное упорядочение и фазовое расслоение в модели Хаббарда”</i>	
• <b>Федотов А.Ю., Вахрушев А.В.</b> .....	106
<i>“Проверка статистических гипотез о виде закона распределения структурных и количественных свойств наночастиц, полученных молекулярно-динамическим моделированием”</i>	
• <b>Хаджиева О.Г., Гриб С.В., Малевич Ю.А., Илларионов А.Г.</b> .....	108
<i>“Влияние водорода на превращения в сплаве на основе интерметаллида <math>Ti_2AlNb</math>”</i>	
• <b>Хлопов Д.В., Журбин И.В., Карбань О.В.</b> .....	110
<i>“Метод восстановления данных в поврежденных строках на изображениях наноструктурных материалов и нанопорошков, полученных методом сканирующей зондовой микроскопии”</i>	
• <b>Чуков Д.И., Печина Е.А., Леньков С.В., Дорофеев Г.А., Титоров Д.Б.</b> .....	112
<i>“Эволюция структуры и физических свойств меди в процессе интенсивной пластической деформации”</i>	
• <b>Шайсултанов Д.Г., Быков П.В., Баянкин В.Я.</b> .....	114
<i>“Изменение состава и структуры поверхностных слоев нержавеющей стали 08X18H10T при облучении ионами алюминия”</i>	
• <b>Шишмарин А.И., Бельтюков А.Л.</b> .....	116
<i>“Об особенности концентрационной зависимости вязкости расплавов Fe-Si”</i>	
• <b>Суетин М.В., Вахрушев А.В., Горохов М.М., Юдина Е.А.</b> .....	118
<i>“Исследование самоорганизации фуллеренов в кластеры методом молекулярной динамики”</i>	
• <b>Ломаева С.Ф., Язовских К.А.</b> .....	119
<i>“Механосинтез нанокомпозитов <math>Fe_{70}(VC/TiC/NbC)_{30}</math> с использованием жидких органических сред”</i>	



## РАСЧЕТ ДИФФУЗИИ АТОМОВ ВОДОРОДА В МАГНИТОТВЕРДОМ СПЛАВЕ $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$

С.П. Николаев, С.Б. Рыбалка, Е.В. Додонова, Г.В. Кильман

E-mail: rybalka@rambler.ru

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Россия

### Введение

Для повышения коэрцитивной силы постоянных магнитов из магнитотвердых сплавов  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  и  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  используют HDDR-процесс [1], основанный на индуцированных водородом прямых и обратных фазовых и структурных превращениях в этих сплавах [2]. Взаимодействие сплава  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  с водородом ( $\sim 300\text{-}850^\circ\text{C}$ ) приводит к развитию прямого фазового превращения (распад исходного сплава  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  на фазы  $\alpha\text{-Fe}$  и  $\text{SmH}_2$ ):  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17} + \text{H}_2 \rightarrow \alpha\text{-Fe} + \text{SmH}_2$ . Ранее, например, было показано [2], что кинетика подобного превращения в сплаве  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  контролируется диффузией больших атомов замещения (атомов Fe и Nd). Для выяснения контролирующей стадии вышеозначенного превращения в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  было проведено исследование процесса диффузии атомов водорода как атомов внедрения в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ .

### Результаты и их обсуждение

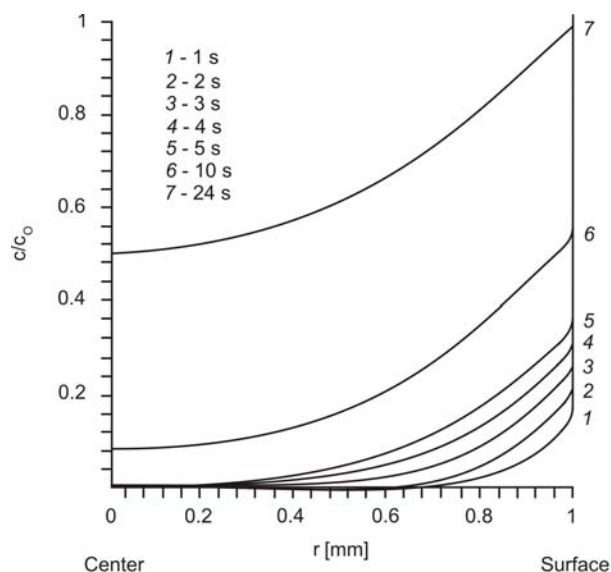
Как правило, HDDR-процесс используется для обработки порошков из сплава  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  имеющих форму сферы с последующим изготовлением из обработанных порошков прессованных или связанных на полимерной основе постоянных магнитов [1]. Учитывая это, нестационарное уравнение диффузии для атомов водорода в сплав  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  было записано в сферических координатах:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_{\text{H}} \left( \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где  $c$  – концентрация атомов водорода в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ ,  $r$  – радиус,  $D_{\text{H}}$  – коэффициент диффузии атомов водорода в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ .

Расчет диффузии атомов водорода производили для частиц сплава  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ , имеющих форму сферы радиусом  $R=1$  мм. Начальные и граничные условия для уравнения (1): концентрация водорода внутри частицы  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  в начальный момент времени  $c(r,0)=0$ ; на поверхности частицы в любой момент времени поддерживается концентрация водорода  $c(1,t)=1$ . Коэффициент диффузии атомов водорода в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  при расчетах принимался  $D_{\text{H}}=11 \times 10^{-3}$  мм/с<sup>2</sup> при  $T=750^\circ\text{C}$  согласно данным [3.]. Уравнение диффузии атомов водорода (1) в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  при заданных выше

начальных и граничных условиях решалось численными методами в среде MAPLE 8.0. На рис.1 показаны концентрационные профили  $c/c_0$  в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ , полученные для моментов времени  $t=1,2,3,4,5,10,24$  с. Как следует из рис.1, при  $750^\circ\text{C}$  атомы водорода достигают центра частицы  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  через 5 с, а через 24 с относительная концентрация достигает  $\sim 0.5$ . Однако, согласно данным работы [4] для завершения индуцированного водородом прямого фазового превращения в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  при температуре  $750^\circ\text{C}$  требуется  $7.2 \times 10^3$  с, т.е. приблизительно на три порядка величин больше, чем необходимо для диффузии атомов водорода в сплав  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  в соответствии с проведенными расчетами.



## Выводы

Таким образом, проведенные расчеты показали, что диффузия атомов водорода в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  является наиболее быстрой стадией, и процесс дальнейшего развития индуцированного водородом прямого фазового превращения в сплаве  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  контролируется наиболее медленной стадией превращения, т.е. диффузией больших атомов замещения (Fe, Sm) аналогично тому, как и в сплаве  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ .

- [1] Okada M., Saito K., Nakamura H. et al. Microstructural evolutions during HDDR phenomena in  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  compounds. J. Alloys Comp. V. 231. 1995. pp. 60-65.
- [2] Rybalka S.B., Goltsov V.A., Didus V.A., Fruchart D. Fundamentals of the HDDR treatment of  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  type alloys. J. Alloys Comp. V. 356-357. 2003. pp. 390-394.
- [3] Coey J.M.D., Skomski, Wirth S. Gas phase interstitial modification of rare-earth intermetallics. IEEE Trans. Magn. V. 28. No. 5. 1992. pp. 2332-2337.
- [4] Hol'tsov V.O., Dodonova O.V., Rybalka S.B., Volkov O.F. Hydrogen-induced diffusion phase transformations in  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  and  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  magnetically hard alloys. Materials Science. V. 44. No. 5. 2008. pp. 708-715.