

*Проведені експериментальні дослідження параметрів, визначаючих стійкість магнітних властивостей тонкоплівкових матеріалів сучасних жорстких магнітних дисків при дії на них зовнішніх постійних, періодичних і імпульсних магнітних полів. Розроблені методики визначення значень магнітних полів, що забезпечують стирання інформації з носіїв на жорстких магнітних дисках (НЖМД). Методика контролю повноти стирання інформації на основі магнітної силової мікроскопії (МСМ)*

*Ключові слова: магнітне поле, скануюча зондська мікроскопія, магнітний рельєф, стирання інформації, напруженість магнітного поля*

*Проведены экспериментальные исследования параметров, определяющих устойчивость магнитных свойств тонкопленочных материалов современных жестких магнитных дисков при воздействии на них внешних постоянных, периодических и импульсных магнитных полей. Разработаны методики определения значения магнитных полей, обеспечивающих стирание информации с носителей на жестких магнитных дисках (НЖМД). Методика контроля полноты стирания информации на основе магнитной силовой микроскопии (МСМ)*

*Ключевые слова: магнитное поле, сканирующая зондовая микроскопия, магнитный рельеф, стирание информации, напряженность магнитного поля*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НЖМД

**Б. В. Хлопов**

Кандидат технических наук, доцент, начальник  
отдела\*

Контактный тел.: (499) 263-96-25

E-mail: hlopovu@yandex.ru

**Б. С. Лобанов**

Доктор технических наук, генеральный директор\*

Контактный тел.: (499) 267-43-93

E-mail: post@cniрти.ru

**Я. Д. Ковалюк**

Начальник отдела\*

Контактный тел.: (499) 263-96-57

E-mail: yroslav.kovalyuk@yandex.ru

\*ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

ул. Новая Басманная, 20, г. Москва, Россия, 105066

### 1. Введение

Учитывая, что современное развитие вычислительной техники характеризуется использованием новых технологий, значительным увеличением объема и скорости обработки информации, что обуславливает использование новых тонкопленочных материалов с целью увеличения объемов хранимой информации. Исследования магнитных свойств тонкопленочных материалов современных НЖМД необходимы для определения устойчивости записанной информации на современных магнитных носителях, а также актуальны при разработке универсальных устройств стирання информации. Ответить на этот вопрос, можно только проведя исследования магнитных свойств тонкопленочных материалов современных жестких магнитных дисков с помощью метода атомной силовой микроскопии (АСМ), определив значение намагниченности насыщения магнитного материала [3]. Стирание информации с магнитных носителей является сложной технической задачей связанной с детальным учетом физических свойств материалов, применяемых для записи информации, методов создания магнитных полей с требуемыми пространственно временными параметрами и методов контроля полноты перемагничивания носителя. При создании оборудования для

исследования необходимо учесть, чтобы оно обеспечивало возможность рассмотрения, устойчивости состояний тонкопленочных слоев образцов магнитных носителей, при воздействии внешним постоянным магнитным полем, превышающим коэрцитивную силу материала [3,4].

### 2. Оборудование для исследования воздействия на НЖМД магнитным полем

Использовано оборудование, обеспечивающее проверку устойчивости состояний тонкопленочных слоев образцов магнитных носителей, структурных изменений в материалах информационного слоя носителей, проведения оценки качества модификации магнитной записи и проведение визуального контроля на уровне нано структур [4]. Разработан стенд в, котором, для надежного стирання информации с магнитных носителей, применен способ намагничивания постоянным магнитным полем номинального значения напряженности с учетом коэффициента ослабления магнитного поля за счет экранирования материалом подложки магнитного диска. На рис. 1 приведена блок схема стенда для исследования магнитных свойств материалов НЖМД.

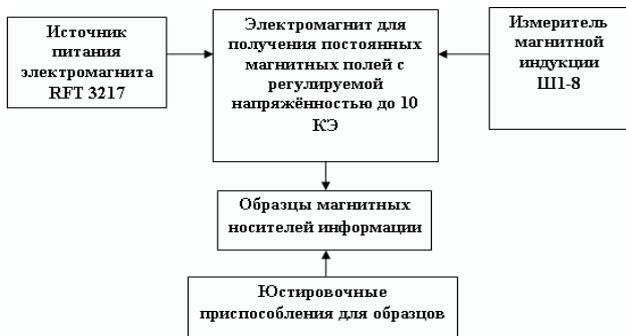


Рис. 1. Блок схема станда для исследования магнитных свойств материалов НЖМД

Станд обеспечивает получение магнитных полей с фиксированными значениями ряда в пределах от 2 – 10 КЭ и воздействие ими на образцы магнитных материалов. Контроль полноты стирания информации производится с помощью использования метода АСМ [5]. На рис. 2 приведена фотография станда для исследования магнитных свойств материалов НЖМД.

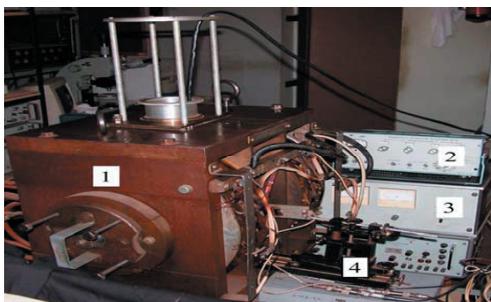


Рис. 2. Станд для исследования магнитных свойств материалов НЖМД: 1 – электромагнит; 2 – измеритель магнитной индукции; 3 источник питания электромагнита; 4 – юстировочное приспособление

Для контроля при исследовании магнитных наноструктур современных носителей информации использовалось оборудование АСМ. В состав оборудования АСМ входят персональный компьютер для записи информации на исследуемые носители и набор специального инструмента для разборки жестких дисков. Оборудование [6] включается в соответствии с блок схемой, приведенной на рис. 3.

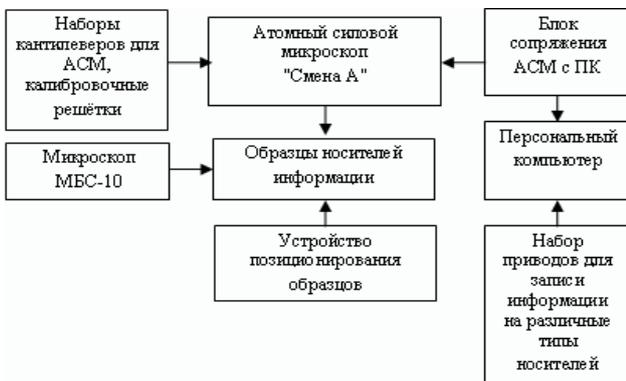


Рис. 3. Блок схема включения оборудования для исследования магнитных наноструктур образцов НЖМД

На рис. 4 приведена фотография оборудования АСМ для исследования магнитных наноструктур образцов НЖМД, которое реализует метод исследования поверхности, основанный на взаимодействии микрозонда с поверхностью образца.

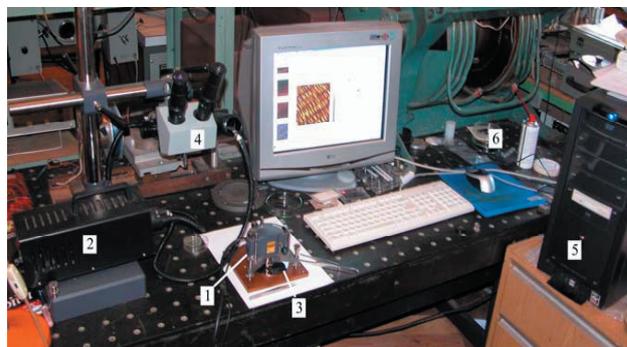
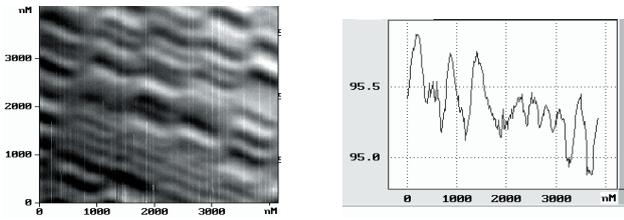


Рис. 4. Фотография станда для исследования магнитных наноструктур: 1 - атомный силовой микроскоп (АСМ), 2 - блок сопряжения АСМ с ПК, 3 - образец диска НЖМД, 4 - микроскоп МБС-10, ПК с набором приводов для записи информации, 6 - наборы кантилеверов и калибровочные решётки

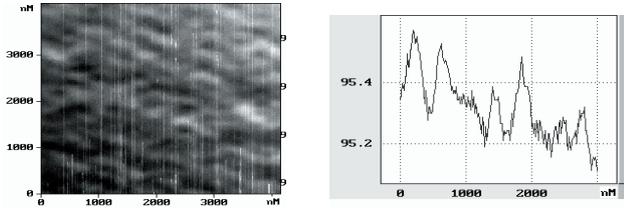
Для исследования поверхности использовалась так называемая «полуконтактная» колебательная АСМ методика (tapping mode), основанная на регистрации параметров взаимодействия колеблющегося кантилевера с поверхностью. При работе в этом режиме возбуждались вынужденные колебания кантилевера вблизи резонанса с амплитудой порядка 10 – 100 нм. При сканировании регистрировалось изменение амплитуды и фазы колебаний кантилевера. Использовалась двухпроходная методика. На первом проходе снималось изображение рельефа в «полуконтактном» режиме. Затем зондовый датчик отводился от поверхности на выбранное нами расстояние  $z_0$  и осуществлялось повторное сканирование. Расстояние  $z_0$  выбиралось таким образом, чтобы сила Ван-дер-Ваальса была меньше силы магнитного взаимодействия. На втором проходе датчик перемещался над поверхностью по траектории, повторяющей рельеф образца. Поскольку в этом случае локальное расстояние между зондовым датчиком и поверхностью в каждой точке постоянно, изменения изгиба кантилевера в процессе сканирования связаны с неоднородностью магнитных сил, действующих на зонд со стороны образца [7].

### 3. Воздействие постоянным магнитным полем на образцы дисков НЖМД

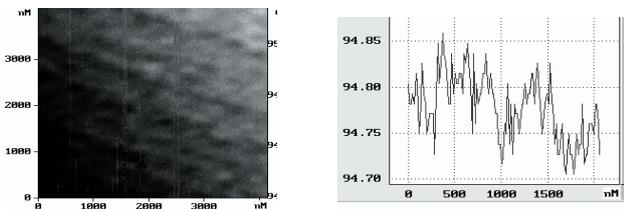
Экспериментальные результаты измерений магнитной сигналограммы (изображений магнитного рельефа) и амплитудные характеристики сигнала (изображений структурного рельефа) образцов получены с использованием оборудования АСМ при различных видах записи перпендикулярной (нормальной) и параллельной (касательной). Записи ориентаций магнитного образца НЖМД фирмы Fujitsu относительно стирающего поля, показаны на рис. 5 и 6.



а) 4 КГс (320 кА/м)

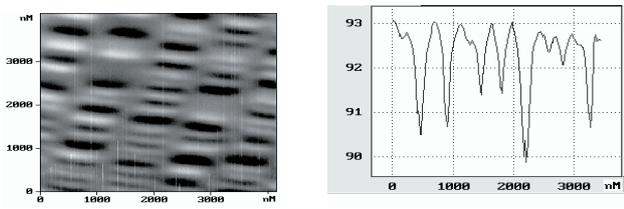


б) 6 КГс (480 кА/м)

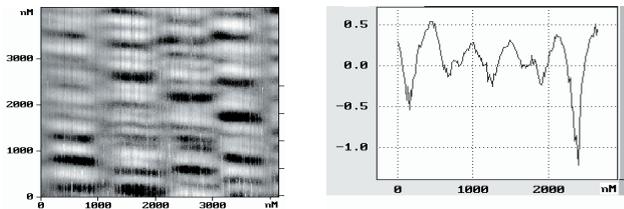


в) 8 КГс (640 кА/м)

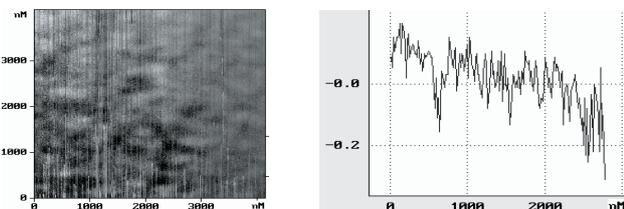
Рис. 5. Воздействие нормального магнитного поля на магнитный материал образцов диска НЖМД



а) 2 КГс (120 кА/м)



б) 3 КГс (240 кА/м)



в) 5 КГс (400 кА/м)

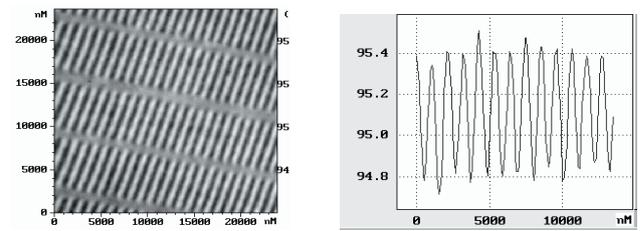
Рис. 6. Воздействие касательного магнитного поля на магнитный материал образцов диска НЖМД

Из приведенных фрагментов электромагнитного рельефа испытуемых образцов НЖМД видно, что разработанное оборудование обеспечивает методом намагничивания тонкопленочного магнитного материала диска изменить структуру магнитного материала (рис.5в и 6в) приведя его в состояние насыщения [8].

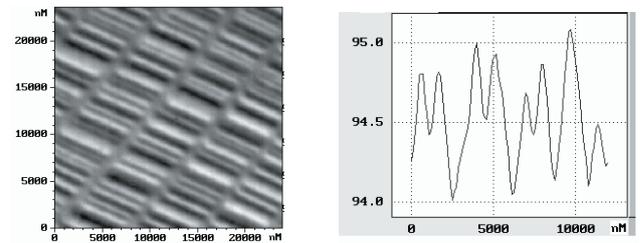
Исследовались образцы магнитных дисков производителей (Quantum, Fujitsu). На рис. 7, 8 и 9, 10 приведены результаты измерений магнитного рельефа на испытуемых образцах магнитных дисках НЖМД.

Фрагменты записи на различных рисунках различаются, поскольку не предпринималось специальных мер для точной установки образца на его первоначальное место.

Наряду с двумерным изображением рельефа магнитной сигналограммы исследуемых образцов приводятся и амплитудные характеристики сигнала вдоль дорожки записи.

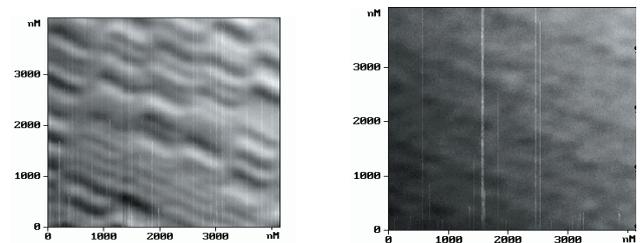


а)



б)

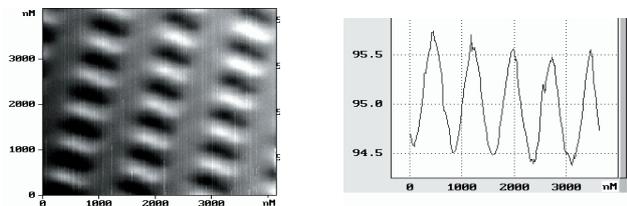
Рис. 7. Фрагменты магнитного рельефа разметки (а) и сигналограмма исходной записи (б) на образце диска НЖМД фирмы Quantum



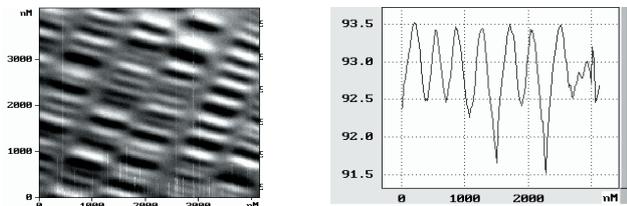
а)

б)

Рис. 8. Фрагменты магнитной записи на диске НЖМД фирмы Quantum ёмкостью 30 Гб, после воздействия в течении 15 минут постоянным нормальным полем напряженностью 320 кА/м (а) и 640 кА/м (б)

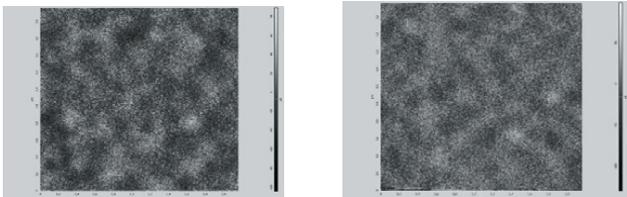


а)



б)

Рис. 9. Фрагменты магнитного рельефа разметки (а) и сигналограмма исходной записи (б) на образце диска НЖМД фирмы Fujitsu



а)

б)

Рис. 10. Фрагменты магнитной записи на диске НЖМД фирмы Fujitsu ёмкостью 30 Гб, после воздействия в течении 15 минут постоянным касательным к плоскости образца носителя информации магнитным полем напряженностью 560 кА/м (а) и 640 кА/м (б)

Анализ результатов экспериментальных исследований магнитных свойств тонкопленочных материалов образцов современных НЖМД при воздействии постоянного магнитного поля позволяет сделать заключение, что используемые постоянные магнитные поля превышают коэрцитивную силу магнитных материалов, применяемых в современных винчестерах [9]. Этим полям достаточно, чтобы эффективно стирать информацию с магнитных носителей, в которых рабочий магнитный слой нанесен на стеклянные подложки. Однако применение перспективного материала с суперрешеткой вместо пермаллоя для магнитных головок делает возможным увеличение плотности записи приблизительно в 5 раз. Как нетрудно убедиться, в итоге при тысячекратном увеличении информационной плотности записи вклад увеличения величины коэрцитивной силы составляет всего 2,5 раза. Стирание информации с многодисковых винчестеров с дисками из алюминиевого сплава сложнее вследствие экранирования магнитного поля подложкой и металлическими частями НЖМД. Используя результаты проведенных экспериментальных исследований, можно установить, что для надежного стирания информации с современных НЖМД необходимо воздействовать внешним постоянным магнитным полем в течение периода времени более 15 минут со значением напряжен-

ности превышающей величину коэрцитивной силы тонкопленочного магнитного материала в 2,5-3,0 раза, что соответствует значению напряженности стирающего поля в пределах от 800 до 900 кА/м.

#### 4. Оборудование создания периодического импульсного магнитного поля

Для исследования воздействия импульсными электромагнитными полями на структуры НЖМД создан стенд по блок схеме приведенной на рис. 11. Стенд позволяет проводить исследования магнитных свойств тонкопленочных материалов современных НЖМД.



Рис. 11. Блок схема стенда для исследования воздействия импульсными электромагнитными полями

Стенд включает в себя электромагнит на основе безсердечниковых соленоидов, источник регулируемого по длительности и амплитуде импульсного тока и схему регистрации магнитного поля на основе индуктивного датчика [10]. На рис. 12 приведена фотография стенда для исследования воздействия импульсными электромагнитными полями на структуру магнитных дисков носителей информации.



Рис. 12. Фотография стенда для исследования воздействия импульсными электромагнитными полями на структуру магнитных носителей информации: 1 - соленоид (катушки Гельмгольца), 2 - исследуемый образец, 3 - устройство позиционирования образца, 4 - электронный ключ, 5 - импульсный генератор с рабочей частотой в диапазоне от 0,1 до 20 кГц, 6 - источник питания, 7 - осциллограф, 8 - персональный компьютер, 9 - измеритель комплексного импеданса, 10 - измеритель магнитной индукции

На рис. 13 приведена осциллограмма, в виде последовательности импульсов изображающая форму тока протекающего через соленоид стэнда и форму проинтегрированного сигнала с индуктивного датчика показаны на рис. 13.

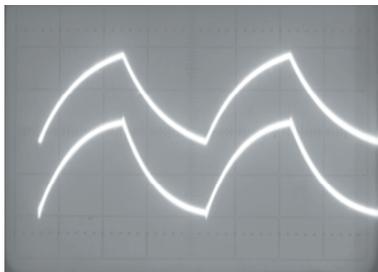


Рис. 13. Осциллограмма импульса тока протекающего через электромагнит (верхняя кривая) и индуктивного датчика напряжённости магнитного поля (нижняя кривая). Развёртка по горизонтали 0,2 мс/клетку

### 5. Исследования магнитных свойств тонкопленочных материалов современных жестких магнитных дисков при воздействии внешнего периодического импульсного магнитного поля

На исследуемый НЖМД фирмы Fujitsu осуществлялась запись информации до полного заполнения объема [11]. Затем из НЖМД извлекли магнитные диски с записанной информацией и из одного диска вырезали образцы для исследований на оборудовании АСМ о наличии записи и определения оптимальных режимов регистрации сигнала. На рис. 14 приведены магнитные рельефы поверхности а) - контрольного образца исследуемого диска, со служебной информацией, б) - образца диска, с записанной информацией после воздействия импульсным магнитным полем значением напряженности 240 кА/м.

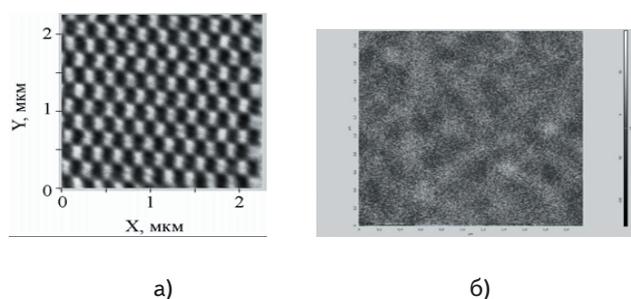


Рис. 14. Магнитные рельефы исследуемых поверхностей образцов диска

Оставшиеся образцы диска устанавливались для исследования магнитных свойств материалов НЖМД так, чтобы их плоскость была ортогональна плоскостям полюсных наконечников электромагнита и экспонировались в течение 2 секунд периодическим импульсным магнитным полем с длительностью импульса  $t=0,4$  мс. Значение напряженности магнитного поля для каждого образца фиксировано с возможностью изменения значения магнитной индукции в виде четного ряда. Начальное значение напряженности воздействующего магнитного поля устанавливалось равной 3,0 КЭ (240 кА/м).

После экспозиции образец исследовался на оборудовании АСМ с целью контроля наличия записи [2,11]. Если запись (или ее следы) осталась, следующий образец экспонировали в течении 150 мс периодическим магнитным полем с напряженностью на 1,0 КЭ выше и повторяли до тех пор, пока следы записанной информации (магнитный рельеф поверхности тонкопленочного слоя, полученный на МСМ, будет иметь вид "туманного пейзажа"). Затем вышеприведенные измерения повторяли для других образцов при ортогональной ориентации относительно магнитного поля (так, чтобы плоскость образца была параллельна плоскостям полюсных наконечников электромагнита) и определяли значение напряженности магнитного поля ортогональной ориентации, при котором происходит стирание информации. Аналогичный магнитный рельеф поверхности образца диска получен при воздействии в течении 150 мс значениями напряженности магнитного поля 240 кА/м с ортогональной ориентацией вектора напряженности магнитного поля. Экспериментально установлено, что информация, записанная на магнитном диске стирается периодическим магнитным полем с амплитудным значением напряженности периодического магнитного поля в любой точке внутреннего пространства рабочей камеры устройства стирания информации не менее 600 кА/м в частотном диапазоне от 0,1 до 20000 Гц, при продольной и перпендикулярной ориентациях векторов магнитной индукции относительно плоскости рабочего тонкопленочного магнитного слоя.

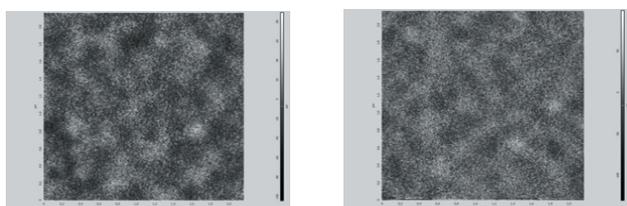
### 6. Результаты исследования методом АСМ структуры записываемой информации на НЖМД до и после внешнего воздействия магнитного импульсного поля

Воздействие на НЖМД осуществлялось магнитным полем создаваемым прибором стирания информации [12]. Прибор обеспечивает создание магнитного импульса со значением напряженности магнитного поля в пределах от 200 кА/м до 1200 кА/м ориентированными продольно (касательно плоскости диска) и поперечно (ортогонально плоскости диска) с возможностью фиксированного изменения длительности воздействующего импульса в пределах от 1,0 мс до 7,0 мс.

Исследовалось стирание информации с современных многодисковых НЖМД, отличающихся высокой плотностью записи: Hitachi Travelstar 5K500 (2.5", 3 магнитных диска, 0.5 ТБ); Hitachi Ultrastar A7K1000 (5 магнитных дисков, 1ТБ); Seagate Barracuda <ST3100-0333AS> (4 магнитных диска, 1ТБ); Seagate Barracuda ES2 <ST31000340NS>(4 магнитных диска, 1ТБ).

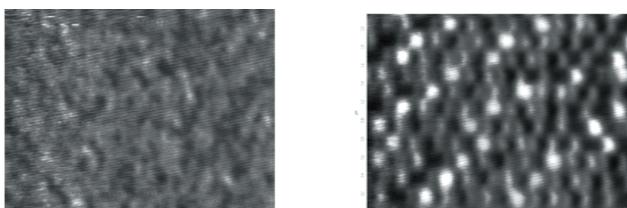
Качество стирания информации контролировалось методами АСМ путём регистрации магнитного рельефа поверхности каждого диска в нескольких точках до и после воздействия магнитных полей. АСМ «Смена А», обеспечивает пространственное разрешение в магнитном изображении не хуже 20 нм с высоким контрастом между физическими нулём и единицей. На рис. 15 приведены характерные магнитные картины с разных участков поверхности одного из дисков трёхдискового винчестера Hitachi Travelstar 5K500, после воздействия магнитными полями значением напряженности 750 кА/м с длительностью импульса 2,5 мс.

На картинке (рис. 15) полученной с помощью АСМ визуально запись не наблюдается, откуда можно сделать заключение, что информация полностью стёрта. На рис. 16 приведены характерные магнитные изображения с дисков НЖМД Hitachi Ultrastar A7K1000 после воздействия импульсного магнитного поля с такими же характеристиками. Характерной особенностью является то, что на всех поверхностях 5 дисков имеются участки как с полностью стёртой информацией, так и с её остатками.



а) б)

Рис. 15. Примеры картин магнитного рельефа поверхностей дисков винчестера Hitachi Travelstar 5K500, после воздействия импульсными магнитными полями ориентированными: а) поперечно (ортогонально плоскости диска); б) продольно (касательно плоскости диска)



а) б)

Рис. 16. Картинки магнитного рельефа в разных участках поверхностей дисков винчестера Hitachi Ultrastar A7K1000, 1 TB после воздействия импульсным магнитным полем, а) первый диск, б) пятый диск

Естественно, чтение этой информации штатными магнитными головками НЖМД практически неосуществимо [9,10]. Следует отметить, что картины приведенные на рис. 16 характерны для всех 5 дисков указанного типа НЖМД. Неполное стирание информации связано с экранировкой импульсного магнитного поля металлическими элементами НЖМД. Заметную роль, при этом играют конструкция корпуса и алюминиевые подложки (толщиной ~1 мм) магнитных дисков.

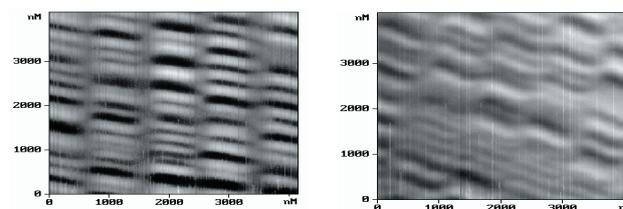
Для проверки этого предположения один из НЖМД перед стиранием информации был разобран и воздействие магнитным полем осуществлялось непосредственно на каждый диск в отдельности. При этом стирание информации было полным, что подтверждает достаточную величину амплитуды применяемого магнитного импульса для надёжного перемагничивания магнитных материалов, используемых в исследованных НЖМД. Аналогичные результаты были получены и для НЖМД Seagate Barracuda <ST31000-333AS> (4 магнитных диска, 1ТБ); Seagate Barracuda ES2 <ST31000340NS>(4 магнитных диска, 1ТБ). Этих полей достаточно, чтобы эффективно и надёжно стирать информацию с винчестеров, в которых рабочий магнитный слой нанесен на стеклянные подложки.

Стирание информации с наиболее распространённых многодисковых винчестеров с дисками из алюминиевого сплава намного сложнее вследствие экранирования импульсного магнитного поля (МП) металлическими частями НЖМД

### 7. Влияние экранирования при воздействии импульсных магнитных полей на НЖМД

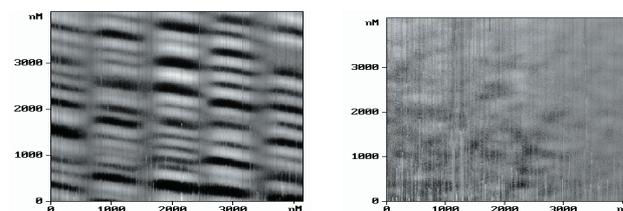
Эффективность магнитного экранирования зависит от частоты и электрических свойств материала экрана. Чем ниже частота, тем слабее действует экран, тем большей толщины приходится его делать для достижения одного и того же экранирующего эффекта [10].

На рис. 17 и 18 представлены экспериментально полученные с помощью АСМ фрагменты визуально иллюстрирующие изменение исходного информационного магнитного рельефа исследуемого образца НЖМД, Seagate 1,5 ТБ с записанной информацией до воздействия импульсным магнитным полем и после воздействия со значением напряженности 550 кА/м с длительностью магнитного импульса 1,5 мс и с длительностью магнитного импульса 5,5 мс по уровню половинной интенсивности [12].



а) б)

Рис. 17. Фрагменты информационного магнитного рельефа исследуемого магнитного диска НЖМД, Seagate 1,5 ТБ: а) до воздействия импульсным магнитным полем; б) после воздействия импульсным магнитным полем со значением напряженности 550 кА/м с длительностью магнитного импульса 1,5 мс



а) б)

Рис. 18. Фрагменты информационного магнитного рельефа исследуемого магнитного диска НЖМД, Seagate 1,5 ТБ: а) до воздействия импульсным магнитным полем; б) после воздействия импульсным магнитным полем со значением напряженности 550 кА/м с длительностью магнитного импульса 5,5 мс

По результатам проведенных экспериментальных работ установлено, что корпуса и конструктивные элементы при суммарной толщине металлических элементов до 10 мм ослабляют касательное импульсное МП с длительностью импульса 1,5 мс в 1,4 - 1,5 раза, а нормальное импульсное МП с длительностью импульса 5,5 мс в 1,6 - 1,7 раза [13].

Учитывая выше рассмотренные определения и полученные экспериментальные результаты экранирования импульсных МП металлическими элементами НЖМД можно с высокой степенью допустить, что импульсным МП со значением напряженности превышающим коэрцитивную силу тонкопленочного магнитного материала диска в 2,5 – 3 раза и с оптимальной определенной длительностью импульса, информация будет стерта. При разработке конструкции устройства стирания информации с современных НЖМД, можно рекомендовать для надежного стирания информации, достаточно устанавливать значение напряженности магнитного поля 1200 кА/м. При этом оптимальная длительность импульса должна быть не менее 2,5 мс, при продольной и перпендикулярной ориентациях векторов магнитной индукции относительно плоскости рабочего тонкопленочного магнитного слоя НЖМД с произвольным типом записи.

## 8. Выводы

1. Предложенное оборудование обеспечивает изменение магнитного состояния тонкопленочного слоя магнитного носителя информации, воздействуя постоянными, периодическими и импульсными магнитными полями на образец магнитного диска, с одновре-

менной визуальной проверкой магнитной структуры тонкопленочного материала.

2. По результатам проведенных исследований и полученных фрагментов электромагнитного рельефа испытуемых образцов НЖМД для надежного стирания информации с современных носителей необходимо в течении периода времени более 15 минут воздействовать внешним постоянным магнитным полем со значением напряженности превышающей величину коэрцитивной силы тонкопленочного магнитного материала со значением напряженности стирающего магнитного поля не менее 900 кА/м.

3. На основании экспериментальных исследований и проведенного анализа установлено, что при амплитудном значении напряженности периодического магнитного поля равным не менее 600 кА/м в частотном диапазоне от 0,1 до 20000 Гц, при длительности воздействия периодическим магнитным полем не менее 150 мс информация с произвольным типом записи стирается с тонкопленочного магнитного слоя НЖМД.

4. По результатам экспериментальных исследований для надежного стирания информации рекомендуется, устанавливать пиковое значение напряженности импульсного магнитного поля воздействующего на НЖМД, с учетом потерь за счет экранирования 1200 кА/м, при длительности импульса не менее 2,5 мс.

## Литература

1. Митягин, А.Ю. Аппаратура для уничтожения информации с современных носителей [Текст] / А.Ю. Митягин, Б.В. Хлопов // Palmarium Academic Publishing (LAP LAMBERT Academic Publishing CmbH Co. KG), С.168.
2. Гуляев, Ю.В. Уничтожение информации с накопителей на жестких магнитных дисках [Текст] / Ю.В. Гуляев, Б.В. Хлопов, В.Д. Житковский, Г.В. Казанцев, А. Ю. Митягин, Э.Н. Муравьев, А.С. Романьков, А.А. Соколовский // Инженерная физика, №2.-М., 2004, С.- 2-12.
3. Хлопов, Б.В. Магнитные системы для аппаратуры уничтожения информации на магнитных носителях [Текст] / Б.В. Хлопов // Труды XI Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии», (Одесса), 2010, т.1, С – 99.
4. Хлопов, Б.В. Способ стирания записи с магнитного носителя и устройство для его осуществления [Текст] / Б.В. Хлопов, А.А. Соколовский, А. Ю. Митягин // на изобретение № 2217816 (приоритет от 12.02.2002 г). Опубликовано 27.11.2003. Бюл. № 33.
5. Хлопов, Б.В. Экспериментальное исследование качества и полноты уничтожения информации с жестких магнитных дисков [Текст] / Б.В. Хлопов, С.В. Герус, А.Ю. Митягин, А.А. Соколовский // Труды Международной научно-технической конференция «Информационные технологии и моделирование приборов и техпроцессов в целях обеспечения качества и надежности», (Сусс, Тунис), 2006, т. 1, С- 38-43.
6. Гуляев, Ю.В. Влияние внешних магнитных полей на информационную магнитную структуру современных жестких дисков [Текст] / Ю.В. Гуляев, Б.В. Хлопов, Б.С. Лобанов, А.Ю. Митягин, А.А. Соколовский, М.П. Тимирязева, М. В. Фесенко // Нано - микросистемная техника, № 11.– М., 2010, С.-10-14.
7. Хлопов, Б.В. Особенности измерения импульсных магнитных полей в полеобразующих системах [Текст] / Б.В. Хлопов, А.С. Кузьминых, М.М. Крутов, М.В. Фесенко // Труды Международной конференции «Магниты и магнитные материалы», Информационно-аналитический бюллетень, изд. МГГУ, М., 2007, отдельный выпуск 1, С-309 – 313.
8. Хлопов, Б.В. Влияние внешних магнитных полей на тонкопленочные слои магнитных носителей информации [Текст] / Б.В. Хлопов, А.С. Кузьминых, М.М. Крутов, М.В. Фесенко // Труды Международной конференции «Магниты и магнитные материалы», Информационно-аналитический бюллетень, изд. МГГУ, М., 2007, отдельный выпуск 1, С-314 – 316.
9. Гуляев, Ю.В. Способ стирания записей на магнитном носителе и устройство для его осуществления [Текст] / Ю.В. Гуляев, Б.В. Хлопов, А.Ю. Митягин, А.А. Соколовский // Патент на изобретение № 2267170 (приоритет от 05.05.2003 г). Опубликовано 27.12.2005. Бюл. №36.
10. Хлопов, Б.В. повышения эффективности защиты информации, хранящейся на жестких магнитных дисках [Текст] / Б.В. Хлопов, Б.С. Лобанов, А.И. Пиккуль // Т.Гомп Телекоммуникации и транспорт, № 4.-М., 2009, С.- 8-13.
11. Кравченко, И.С. Внешнее магнитное поле для оперативного уничтожения информации на магнитных носителях [Текст] / И.С. Кравченко, Б.В. Хлопов, М.В. Фесенко, А.С. Кузьминых // Журнал «Перспективные материалы», ISSN 1028-978X, -М., 2008, Спец. Вып. С.- 299- 302.

12. Хлопов, Б.В. Устройство стирания записи на магнитном носителе [Текст] / Б.В. Хлопов, М.В. Фесенко // Патент на изобретение №2368020 от 20.09.2009г. (приоритет от 30.01.2008г). Бюл. № 26.
13. Хлопов, Б.В. Влияние экранирования при воздействии импульсных магнитных полей на жесткие магнитные носители информации [Текст] / Б.В. Хлопов, М.В. Фесенко, С.В. Герус, А.Ю. Митягин, А.А. Соколовский, М.П. Темиряева // Труды XV Международная научно-техническая конференция «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ», М., 2009, - С. - 223-227.

### Abstract

*On hard magnetic disks (HDD) and technological processes of their development of the enterprise, manufacturers refer magnetic properties of thin-film materials of modern carriers to a commercial property and keep a secret. Having carried out researches of magnetic properties of thin-film materials of modern hard magnetic disks it is possible by means of a visual method of nuclear power microscopy (ASM), to define value of magnetization of saturation of a magnetic material. Depending on structure of a material it is magnetized a most of saturation of thin-film samples changes largely - from 300 to 786 kA/m [1]. Coercive force of a material, the prima as a working layer, depends on its structure, from properties of a substrate, existence a pro-boundary path of exact layers and technology of its manufacturing [2]. Necessary conditions, for development of devices of reliable deleting of information from modern HDD, are based on criteria, impossibility of recovery of information known methods in time at which it doesn't lose the urgency. It means that criteria of a choice of parameter of value of intensity of the erasing magnetic field, presented in this article for impacts on HDD constant, variation and pulse fields, guarantee reliable deleting of information when using in development of devices of emergency deleting of information.*

**Keywords:** pulse magnetic field, magnetic disk, coercive force of material, nuclear power microscopy, magnetization of saturation, magnetic relief, guaranteed deleting of information

*Виділено та проаналізовано основні складові похибки вимірювання вологості газу, здійснено оцінку помилок першого і другого роду та визначено вірогідність автоматизованого контролю вологості природного газу*

*Ключові слова: відносна вологість, контроль, похибка вимірювання*

*Выделены и проанализированы основные составляющие погрешности измерения влажности газа, проведена оценка ошибок первого и второго рода и определена вероятность автоматизированного контроля влажности природного газа*

*Ключевые слова: относительная влажность, контроль, погрешность измерения*

УДК 621.311.25

## АНАЛІЗ ПОХИБОК АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

**Й.Й. Білінський**

Доктор технічних наук, професор  
Кафедра електроніки\*

Контактний тел.: (0432) 59-83-14

E-mail: Yosyp.bilynsky@yandex.ua

**О.С. Городецька**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра телекомунікаційних систем і телебачення\*

Контактний тел.: 066-724-31-54, (0432) 59-83-58

E-mail: horodecka.os@gmail.com

**С.С. Білошкурський\***

Контактний тел.: 093-575-22-21

E-mail: sseerrgg99@gmail.com

Кафедра автоматички та інформаційно-вимірювальної техніки\*

\*Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

### 1. Вступ

Вологість повітря є одним з параметрів, які визначають самопочуття людини і умови комфорту чи дис-

комфорту. Разом з тим, вологість технологічних газів (повітря, азот, аргон, кисень, водень і т. д.), що використовуються в різних галузях промисловості і сільськогосподарства вирішальним чином впливає на якість